

საქართველოს
საინჟინრო
სიანჯენი

GEORGIAN
ENGINEERING
NEWS

სსს

3'23

GEN

ISSN 1512-0287

საქართველოს
საინჟინერო
სიანხლენი

GEORGIAN
ENGINEERING
NEWS

N3, vol. 99, 2023

საქართველოს საინჟინრო სიახლენი GEORGIAN ENGINEERING NEWS, vol. 99, 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. ვასილევ (უკრაინა), ლ. ივანოვი (რუსეთი), ა. კაბულოვი (უზბეკეთი),
ბ. კატალინიჩი (ავსტრია), ვ. კეკელიძე (რუსეთი), პ. კერვალიშვილი (საქართველო),
კ. კოჟოგოლოვი (კირგიზეთი), ს. მინასიანი (სომხეთი), ო. ნამიჩეიშვილი (საქართველო),
პ. ნიკიტენკო (ბელარუსია), დ. ნოვიკოვი (რუსეთი), ა. პაშაევი (აზერბაიჯანი),
რ. ჯინევიჩიუსი (ლიტვა), ბ. ჟუმაგულოვი (ყაზახეთი), ლ. საიდმუროდოვი (ტაჯიკეთი),
რ. შრაფტი (გერმანია), 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), 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

სარჩევანი

PROBLEM OF STATICS OF TWO-COMPONENT ELASTIC MIXTURES FOR A HALF-PLANE <i>Kharashvili M.G. and Metreveli D.Z.</i>	5
სიბრტყისა და წრფის განტოლებების შედგენა, რომლებიც წრფისა და სიბრტყის მიერ შემნილი რომელიმე ვერტიკალურ კუთხეებს ყოფენ რაიმე ფართობით <i>მასპინძელია შვილი ბ.ი., ტაკაშვილი ვ.რ., ბუზიაშვილი თ.გ.</i>	15
შეფასებათა სტატისტიკური საკითხები <i>ბუაძე ტ.გ., გიორგაძე ვ.ა., მორაღიშვილი ნ.ა.</i>	19
ბუნებრივ აირზე მომუშავე ელემენტარული პირველი პირველი მოწყობილობა <i>ლობჯანიძე გ.მ., შალამბერიძე მ.შ., ცქიფურიშვილი თ.ზ., პაპიძე ზ.ა.</i>	23
МЕШАЛКА ПОВЫШЕННОЙ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ <i>Кахиани М.Р., Размазишвили Г.Г.</i>	27
НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЗУБЧАТЫХ ВАРИАТОРОВ <i>Кахиани М.Р., Беридзе Т.Р., Нозадзе Н.И.</i>	31
მუნიციპალური მყარი ნარჩენების გადამუშავება <i>ნებიერიძე ნ.გ., ცინაძე ზ.ო., ბაგრატიონ-დავითაშვილი ა.ნ.</i>	39
სამშენებლო ნარჩენების გადამუშავება <i>ნებიერიძე ნ.გ., ცინაძე ზ.ო., ბაგრატიონ-დავითაშვილი ა.ნ.</i>	46
ახალი კლასის ფორიანი მასალების გამოყენება ავტომობილების ნაწილის აირების ფილტრაციისთვის <i>ხვადაგანი ა.ი., ირემაძე მ.ე., ზივზივაძე ბ.დ., თოფურია რ.მ., ირემაძე დ.მ., ქონიაშვილი მ.გ., ზივზივაძე ვ.გ.</i>	56
წყლის მართვის მოდული წყლის აღრიცხვის მეთოდის გამოყენებით <i>გორდეზიანი ქ.გ., ცინაძე ზ.ო., ყაველაშვილი ლ.ბ.</i>	61
ნანოფილტრაციული პროცესის კვლევა ბუნებრივ, მტკნარ წყალში ბახსნილი 0.2%-იანი MgSO ₄ -ისა და 15%-იანი NaCl-ის გამოყოფისათვის <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., მამულაშვილი მ.ა., კაკაბაძე ე.გ., კეჭერაშვილი მ.გ., ჯაგაშვილი ზ.დ.</i>	66
მიკროფილტრაციული ბაქოვის პროცესის ოპტიმალური რეჟიმული პარამეტრების და მემბრანის ზედაპირზე დანალექის წარმოქმნის მქანის მის შესწავლა ჰიბრიდული ნაკადის პირობებში <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., კეჭერაშვილი მ.გ., ყუფარაძე ლ.პ., მამულაშვილი მ.ა., ებანოძე ლ.ო.</i>	69
პოლიმერის კონფორმაციის ცვლილების შესწავლის სტანდარტული მეთოდოლოგია <i>ბიბილეიშვილი გ.გ., გოგესაშვილი ნ.ნ., იაკობაშვილი გ.თ., ჯაგაშვილი ზ.დ.</i>	73

არაბამსნელის როლის გავლენა ფაზური ინვერსიის მიმდინარეობაზე და მიღებული მემბრანების მახასიათებლებზე <i>ბიბილეიშვილი გ.გ. გოგესაშვილი ნ.ნ., ებანოიძე ლ.ო.</i>	76
PRODUCTION OF CRYSTALLINE SILICON BY CARBOTHERMAL METHOD <i>Kurdadze G.U.</i>	79
კარბონატული წონასწორობის უმსაზღვრეს ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს მარაგის შესახებ <i>შაველიძე ნ.ა., ალტაევი ვ.რ.</i>	83
სეზონური გავლენა საირმის საბადოს ქიმიურ სტაბილურობაზე <i>წყნაძე ვ.ა. მარაგის შესახებ</i> <i>ნიკოლაიშვილი ი.ზ.</i>	87
ფენოლური ნივთიერებებით კონცენტრირებული წითელი ნახევრადტუბილი <i>ღვინო: ქიმიური და სენსორული პროფილი დაგეგმვა-დაგეგმვის პროცესში</i> <i>ეხელაშვილი ნ.გ., კეკელიძე ი.ა., უთურაშვილი ე.ა.</i>	92
აღდგენილი რძის სეციფიკაცია, სამამულო რძის პროდუქტიულობა <i>დინამიკური და მიღებული შედეგების განსახილველად</i> <i>მაჭავარიანი ი.ზ.</i>	96
საკვები ბოჭკოებით გაზდილობის ხორცპროდუქტების ტექნოლოგიის შემუშავება <i>ბერუღაშვილი ი.ო., აფხაძე ქ.რ., კახია გ.მ.</i>	100
სოსის წარმოების ახალი ტექნოლოგია კონკრეტულად დამატებით <i>ბოკერია ა.შ., ბერიაშვილი ქ.ი., თეთრაული თ.პ.</i>	103
საქართველოში გავრცელებული პამიდორის (<i>Solanum lycopersicum</i>) ნაღველისგან ინოვაციური ტექნოლოგიური გზით მიღებული ტომატ-პასტის ბიოლოგიური სრულფასოვნება და ეკოლოგიური სისუფთავე <i>ანდრიაძე ვ.თ.</i>	109
ფიტოდასამატ „vitlöksflörte“ გამოყენებისას ბროილის კეთილდღეობის გაუმჯობესებელი პარამეტრები უმსაზღვრეს შედეგებზე <i>ჩოხელი ნ.თ., კაჭარავა თ.ო., ლლიღვაშვილი ე.ა.</i>	114
თიხის გამოყენება დამხმარე ნივთიერებად ფარმაცევტულ წარმოებაში <i>ცინცაძე თ.გ., ცივაძე მ.ა., მიშელაშვილი ხ.თ., გაბელაია მ.ა., მეტრეველი ი.ზ.</i>	120
ტყავის ჰურჯელი კველ წერილობით წყაროებში <i>დარჩიაშვილი ა.რ., წიქარიშვილი ხ.გ., ბოლქვაძე ნ.თ.</i>	125

OUR AUTHORS (2023)

**PROBLEM OF STATICS OF TWO-COMPONENT ELASTIC MIXTURES
FOR A HALF-PLANE**

Kharashvili M.G. and Metreveli D.Z.

Georgian Technical University

Abstract. In this paper, we consider the boundary value problem of statics of two-component elastic mixtures for a half-plane, when limiting values of the normal components of partial displacement vectors and tangent components of partial stress vectors are given on the boundary. We develop a new approach which is based on explicit forms of solutions of the Dirichlet and Neumann boundary value problems for the Laplace equation for a half-plane. The uniqueness theorem is proved. The solution is represented in quadratures.

Keywords: elastic mixture theory, uniqueness theorems, tangential components, normal components.

1. Introduction

In the early 60s of the last century, C.Truesdell and R.Toupin formulated in [1] the fundamental mechanical principles of a new model of a deformable elastic medium with a complex inner structure and thereby laid the foundation for the continual theory of elastic mixtures. In subsequent years this theory was generalized and developed in different directions. Based on kinematic and thermodynamic principles, theories were created for two-and many-component mixtures such as fluid-fluid (Crochet and Naghdi [2] Atkin [3], Green and Naghdi [4], Green and Steel [5], and solid body-solid body (Crochet and Naghdi [2] Atkin [3], Green and Steel [5], Khoroshun and Soltanov [6], Hill [7]).

The questions on the existence and uniqueness of weak solutions of mixed static linear problems for mixtures of two moon homogeneous anisotropic components were considered by Aron [8] and Borrelli and Patria [9], in the former work, the problem was studied by the method of functional analysis, while in the latter, by the variational method. In Khoroshun and Soltanovs monograph [6], along with theoretical questions, quite interesting concrete problems of thermoelasticity were considered for two-component mixtures. For a wider overview of the subject (half-space, half-plane) area applications we refer to the references due to J. Barber [10], M. Basheleishvili, L. Bitsadze [11], E. Contantini, N. Pavel [12], L. Giorgashvili, K. Skhvitaridze, M. Kharashvili [13], L. Bitsadze, G. Jaiani [14], M. Basheleishvili, L. Bitsadze, G. Jaiani [15], H. Sherief, H. Saleh [16], K. Skhvitaridze, M. Kharashvili [17].

2. Basic Equations. The Third Boundary Value Problems. Uniqueness Theorem

In the two-dimensional linear theory of elastic two-component mixtures, a system of homogeneous differential equations of statics is written in the form [6].

$$a_1 \Delta u' + b_1 \operatorname{grad} \operatorname{div} u' + c \Delta u'' + d \operatorname{grad} \operatorname{div} u'' = 0, \quad (2.1)$$

$$c \Delta u' + d \operatorname{grad} \operatorname{div} u' + a_2 \Delta u'' + b_2 \operatorname{grad} \operatorname{div} u'' = 0, \quad (2.2)$$

Where $u' = (u'_1, u'_2)^T$, $u'' = (u''_1, u''_2)^T$ are partial displacement vectors, T is the transposition symbol, Δ is two-dimensional Laplace operator,

$$a_1 = \mu_1 - \lambda_5, \quad b_1 = \mu_1 + \lambda_5 + \lambda_1 - \frac{\rho_2}{\rho} \alpha', \quad a_2 = \mu_2 - \lambda_5,$$

$$b_2 = \mu_2 + \lambda_5 + \lambda_2 + \frac{\rho_1}{\rho} \alpha', \quad c = \mu_3 + \lambda_5, \quad a' = \lambda_3 - \lambda_4,$$

$$d = \mu_3 + \lambda_3 - \lambda_5 - \frac{\rho_1}{\rho} \alpha', \quad \rho = \rho_1 + \rho_2$$

ρ_1, ρ_2 are partial densities of the mixture, $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_5$ are the elastic moduli characterizing the mechanical properties of the mixture, which satisfy the conditions [18].

$$\begin{aligned} \mu_1 > 0, \mu_1\mu_2 - \mu_3^2 > 0, \lambda_5 < 0, \lambda_1 + \frac{2}{3}\mu_1 - \frac{\rho_2}{\rho}\alpha' > 0, \\ \left(\lambda_1 + \frac{2}{3}\mu_1 - \frac{\rho_2}{\rho}\alpha'\right)\left(\lambda_2 + \frac{2}{3}\mu_2 - \frac{\rho_1}{\rho}\alpha'\right) > \left(\lambda_3 + \frac{2}{3}\mu_3 - \frac{\rho_1}{\rho}\alpha'\right)^2 \end{aligned} \quad (2.3)$$

From these inequalities it follows that [18]

$$\begin{aligned} d_1 := a_1a_2 - c^2 > 0, d := (a_1 + b_1)(a_2 + b_2) - (c + d)^2 > 0, \\ a_1 > 0, a_1 + b_1 > 0, \end{aligned} \quad (2.4)$$

The stress vector is written in the form [18]

$$\begin{aligned} T(\partial, n)U &= \left[P^{(1)}(\partial, n)U, P^{(2)}(\partial, n)U \right]^T, \\ P^{(1)}(\partial, n)U &= T^{(1)}(\partial, n)u' + T^{(2)}(\partial, n)u'' \\ P^{(2)}(\partial, n)U &= T^{(3)}(\partial, n)u' + T^{(4)}(\partial, n)u'' \end{aligned}$$

where

$$\begin{aligned} T^{(1)}(\partial, n)u' &= 2\mu_1 \frac{\partial u'}{\partial n} + \left(\lambda_1 - \frac{\rho_2}{\rho}\alpha' \right) n \operatorname{div} u' - (\mu_1 + \lambda_5) SR(\partial)u' \\ T^{(2)}(\partial, n)u'' &= 2\mu_3 \frac{\partial u''}{\partial n} + \left(\lambda_3 - \frac{\rho_1}{\rho}\alpha' \right) n \operatorname{div} u'' - (\mu_3 - \lambda_5) SR(\partial)u'' \\ T^{(3)}(\partial, n)u' &= 2\mu_3 \frac{\partial u'}{\partial n} + \left(\lambda_3 - \frac{\rho_1}{\rho}\alpha' \right) n \operatorname{div} u' - (\mu_3 - \lambda_5) SR(\partial)u' \\ T^{(4)}(\partial, n)u'' &= 2\mu_3 \frac{\partial u''}{\partial n} + \left(\lambda_2 + \frac{\rho_1}{\rho}\alpha' \right) n \operatorname{div} u'' - (\mu_2 + \lambda_5) SR(\partial)u'' \\ U &= (u', u'')^T, n = (n_1, n_2)^T, s = (-n_2, n_1)^T, R(\partial) = \left(\frac{\partial}{\partial x_2}, \frac{\partial}{\partial x_1} \right) \end{aligned}$$

$\frac{\partial}{\partial n} = \sum_{j=1}^2 n_j \frac{\partial}{\partial x_j}$ is a derivative with respect to the vector n .

Denote by Ω^- a half-plane $x_2 > 0$ let $\partial\Omega$ by the line $x_2 = 0$.

- **Problem (III)**⁻. Find in the domain Ω^- , a regular solution $U \in C^2(\Omega^-) \cap C^1(\overline{\Omega^-})$ of system (2.1)-(2.2) such that on the boundary $\partial\Omega$ satisfies the boundary conditions

$$\begin{aligned} \{n(y) \cdot u'(y)\}^- &= f_2'(y), \\ \{P^{(1)}(\partial, n)U(y) - (n(y) \cdot P^{(1)}(\partial, n)U(y))\}^- &= F'(y), \\ \{n(y) \cdot u''(y)\}^- &= f_2''(y), \\ \{P^{(2)}(\partial, n)U(y) - n(y)(n(y) \cdot P^{(2)}(\partial, n)U(y))\}^- &= F''(y), \\ y = (y, 0) &\in \partial\Omega, \end{aligned} \quad (2.5)$$

In the neighborhood of a point at infinity the vector $U(x)$ satisfies the following conditions:

$$\begin{aligned} a) U_j(x) &= O(1), \partial_k U_j(x) = O(|x|^{-2}), \\ k &= 1, 2, j = 1, 2, 3, 4, x_2 > 0, |x| \rightarrow \infty, \\ b) U_j(x_1) &= \theta(1), \partial_1 U_j(x_1) = o(|x|^{-1}), \\ j &= 1, 2, 3, 4, |x_1| \rightarrow \infty, \end{aligned} \tag{2.7}$$

Where $F' = (f'_1, F'_2)^T$, $F'' = (f''_1, F''_2)^T$, $f'_j, f''_j, j = 1, 2, F'_2, F''_2$ are the function given on the boundary, $n(y)$ is the internal normal unit vector passing at a point $y \in \partial\Omega$ in the domain Ω^- , $x = (x_1, x_2)$, $y = (y, 0)$.

Theorem 2.1. *If problems (III⁻) have solutions, then these solutions are unique.*

Proof. The theorem will be proved if we show that the homogeneous problems $(f'_j = 0, f''_j = 0, j = 1, 2, F'_2 = 0, F''_2 = 0)$ have only a trivial solution.

Denote by $\Omega_R := \Omega^- \cap C(O, R)$, where $C(O, R)$ is the circle with center at the origin and radius R . Denote $\partial\Omega_R$ that part of the boundary of the circle (O, R) which lies of the domain $x_2 > 0$, by interval $(-R, R)$ which on the line $x_2 = 0$.

We introduce the differential operator $N(\partial)$.

$$\begin{aligned} N(\partial) &:= \begin{bmatrix} N^{(1)}(\partial) & N^{(2)}(\partial) \\ N^{(3)}(\partial) & N^{(4)}(\partial) \end{bmatrix}_{4 \times 4} \\ N^{(l)}(\partial) &:= [N^{(l)}_{kj}(\partial)]_{2 \times 2} \quad l = 1, 2, 3, 4 \end{aligned} \tag{2.8}$$

$$\begin{aligned} N^{(1)}_{kj}(\partial) &:= a_1 \delta_{kj} \Delta + b_1 \partial_k \partial_j, \\ N^{(l)}_{kj}(\partial) &:= c_l \delta_{kj} \Delta + d_l \partial_k \partial_j, \quad l = 2, 3 \\ N^{(4)}_{kj}(\partial) &:= a_2 \delta_{kj} + b_2 \partial_k \partial_j, \end{aligned}$$

where δ_{kj} is the Kronecker's symbol, $\partial_j = \frac{\partial}{\partial x_j}$, $j = 1, 2$, $\partial = (\partial_1, \partial_2)$.

Due to (2.8), system (2.1) -(2.2) can be reduced to $N(\partial)U(x) = 0$.

For the domain Ω_R , we write the Green's formula [19]

$$\begin{aligned} \int_{\Omega_R} U(x) \cdot N(\partial)U(x) dx &= - \int_{\partial\Omega_R} U(x) \cdot T(\partial, n)U(x) dC(O, R) - \\ &- \int_R^R \{U(y)\}^- \cdot \{T(\partial, n)U(y)\}^- dy - \int_{\Omega_R} E(U, U) dx, \end{aligned} \tag{2.9}$$

where

$$\begin{aligned}
 E(U, U) &= (a_1 + b_1 - \mu_1)(\operatorname{div} u')^2 + (a_2 + b_2 - \mu_2)(\operatorname{div} u'')^2 + 2(c + d - \mu_3)\operatorname{div} u' \operatorname{div} u'' \\
 &- \lambda_5 (R(\partial)u' - R(\partial)u'')^2 + \mu_1 \left(\frac{\partial u'_2}{\partial x_2} - \frac{\partial u'_1}{\partial x_1} \right)^2 + \mu_2 \left(\frac{\partial u''_2}{\partial x_2} - \frac{\partial u''_1}{\partial x_1} \right)^2 \\
 &+ 2\mu_3 \left(\frac{\partial u'_2}{\partial x_2} - \frac{\partial u'_1}{\partial x_1} \right) \left(\frac{\partial u''_2}{\partial x_2} - \frac{\partial u''_1}{\partial x_1} \right) + \mu_1 \left(\frac{\partial u'_2}{\partial x_1} + \frac{\partial u'_1}{\partial x_2} \right)^2 + \mu_2 \left(\frac{\partial u''_2}{\partial x_1} + \frac{\partial u''_1}{\partial x_2} \right)^2 \\
 &+ 2\mu_3 \left(\frac{\partial u'_2}{\partial x_1} + \frac{\partial u'_1}{\partial x_2} \right) \left(\frac{\partial u''_2}{\partial x_1} + \frac{\partial u''_1}{\partial x_2} \right).
 \end{aligned} \tag{2.10}$$

$$R(\partial) = \left(-\frac{\partial}{\partial x_2}, \frac{\partial}{\partial x_1} \right), \quad R(\partial)u = \frac{\partial u_2}{\partial x_1} - \frac{\partial u_1}{\partial x_2},$$

According to inequalities (2.3) and (2.4), we have $E(U, U) \geq 0, x \in \Omega$.

Applying the boundary conditions of problems $(III)_0^-$, we obtain

$$\begin{aligned}
 &\{U(y) \cdot T(\partial, n)U(y)\}^- \\
 &= \{n(y) \cdot u'(y)\}^- \{n(y) \cdot P^{(1)}(\partial, n)U(y)\}^- \\
 &+ \{n(y) \cdot u''(y)\}^- \{n(y) \cdot P^{(2)}(\partial, n)U(y)\}^- + \{u'(y) - n(y)(n(y) \cdot u'(y))\}^- \\
 &\cdot \{P^{(1)}(\partial, n)U(y) - n(y)(n(y) \cdot P^{(1)}(\partial, n)U(y))\} \\
 &+ \{u''(y) - n(y)n(y) \cdot u''(y)\} \\
 &\cdot \{P^{(2)}(\partial, n)U(y) - n(y)(n(y) \cdot P^{(2)}(\partial, n)U(y))\}^- = 0
 \end{aligned}$$

Using this equality in (2.9), we have

$$\int_{\Omega_R} E(U, U) dx + \int_{\partial\Omega_R} U(x) \cdot T(\partial, n)U(x) dC(o, R) = 0.$$

Passing to the limit both sides of equality (2.10) as $R \rightarrow +\infty$ and taking into consideration the asymptotic representations (2.7), we obtain

$$\int_{\Omega^-} E(U, U) dx = 0,$$

According to inequalities (2.3) and (2.4), from (2.10) it follows that $E(U, U) \geq 0$. By virtue of this fact, (2.11) implies

$$E(U, U) = 0, \quad x \in \Omega^-.$$

Hence, taking into account (2.10), we obtain

$$\begin{aligned}
 &\operatorname{div} u' = 0, \quad \operatorname{div} u'' = 0, \\
 &\frac{\partial u'_2}{\partial x_2} - \frac{\partial u'_1}{\partial x_1} = 0, \quad \frac{\partial u''_2}{\partial x_2} - \frac{\partial u''_1}{\partial x_1} = 0, \quad \frac{\partial u'_2}{\partial x_1} - \frac{\partial u'_1}{\partial x_2} = \frac{\partial u''_2}{\partial x_1} - \frac{\partial u''_1}{\partial x_2}, \\
 &\frac{\partial u'_2}{\partial x_1} + \frac{\partial u'_1}{\partial x_2} = 0, \quad \frac{\partial u''_2}{\partial x_1} + \frac{\partial u''_1}{\partial x_2} = 0, \quad x \in \Omega^-.
 \end{aligned}$$

A solution of this system has the form

$$u'(x) = a'(-x_2, x_1)^T + b', \quad u''(x) = a'(-x_2, x_1)^T + b'', \quad x \in \Omega^-.$$

where $b' = (b'_1, b'_2)^T$, $b'' = (b''_1, b''_2)^T$ are two-component constant vectors, a' is arbitrary constants.

By asymptotic (2.7), we have $a' = 0$, $b' = 0$, $b'' = 0$, i.e. $U(x) = 0$, $x \in \Omega^-$.

3. Solution of the Problem (III)⁻

If the boundary conditions (2.5) we assume that $n(y) = (0, 1)^T$, $s(y) = (-1; 0)^T$, then these boundary conditions can be rewritten as follows:

$$\begin{aligned} \{u'_2(y)\}^- &= f'_2(y), \quad \{u''_2(y)\}^- = f''_2(y), \\ \left\{ \frac{\partial u'_1(y)}{\partial x_2} \right\}^- &= f'_1(y), \quad \left\{ \frac{\partial u''_1(y)}{\partial x_2} \right\}^- = f''_1(y), \quad y \in \partial\Omega, \end{aligned}$$

Where

$$\begin{aligned} f'_1(y) &= \frac{1}{d_1} \left[a_2 f'_1(y) - c f''_1(y) - \alpha_1 \frac{\partial f'_2(y)}{\partial x_2} - \alpha_2 \frac{\partial f''_2(y)}{\partial x_2} \right], \\ f''_1(y) &= \frac{1}{d_1} \left[-c f'_1(y) + a_1 f''_1(y) - \alpha_3 \frac{\partial f'_2(y)}{\partial x_2} - \alpha_4 \frac{\partial f''_2(y)}{\partial x_2} \right], \\ \alpha_1 &= a_2 (\mu_1 + \lambda_5) - c (\mu_3 - \lambda_5), \quad \alpha_2 = a_1 (\mu_3 - \lambda_5) - c (\mu_2 + \lambda_5), \\ \alpha_3 &= a_1 (\mu_3 - \lambda_5) - c (\mu_1 + \lambda_5), \quad \alpha_4 = a_1 (\mu_2 + \lambda_5) - c (\mu_3 - \lambda_5), \end{aligned}$$

here

$$\{u(y)\}^- = \lim_{x \rightarrow y} u(x), \quad \left\{ \frac{\partial u(y)}{\partial x_2} \right\}^- = \lim_{x \rightarrow y} \frac{\partial u(x)}{\partial x_2}.$$

From equations (2.1) and (2.2), we have

$$\Delta R(\partial)u'(x) = 0, \quad \Delta R(\partial)u''(x) = 0, \quad x \in \Omega^-. \tag{3.2}$$

From the boundary condition (3.1), we obtained

$$\{R(\partial)u'(y)\}^- = f'_3(y), \quad \{R(\partial)u''(y)\}^- = f''_3(y),$$

where

$$f'_3(y) = \frac{\partial f'_2(y)}{\partial y_1} - f'_1(y), \quad f''_3(y) = \frac{\partial f''_2(y)}{\partial y_1} - f''_1(y), \quad y \in \partial\Omega. \tag{3.4}$$

The Dirichlet problems (3.2), (3.4) have the following solution

$$\begin{aligned} R(\partial)u'(x) &= \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\partial}{\partial x_2} \ln r f'_3(y) dy \\ R(\partial)u''(x) &= \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\partial}{\partial x_2} \ln r f''_3(y) dy, \quad r = |x - y|. \end{aligned} \tag{3.5}$$

If in equation (2.1) and (2.2) we take into account the equality $\text{grad div } u = \Delta u - R^T(\partial)R(\partial)u$, we get

$$\begin{aligned} (a_1 + b_1)\Delta u' - b_1 R^T(\partial)R(\partial)u' + (c + d)\Delta u'' - d R^T(\partial)R(\partial)u'' &= 0, \\ (c + d)\Delta u' - d R^T(\partial)R(\partial)u' + (a_2 + b_2)\Delta u'' - b_2 R^T(\partial)R(\partial)u'' &= 0, \quad x \in \Omega^-. \end{aligned} \tag{3.6}$$

On the other hand,

$$\Delta \tilde{x}R(\partial)u' = 2R^T(\partial)R(\partial)u', \quad \Delta \tilde{x}R(\partial)u'' = 2R^T(\partial)R(\partial)u'', \quad \tilde{x} = (-x_2, x_1)^T.$$

Therefore equations (3.6) will be as rewritten

$$\Delta v'(x) = 0, \quad \Delta v''(x) = 0, \quad x \in \Omega^-. \tag{3.7}$$

where

$$\begin{aligned} v'(x) &= 2(a_1 + b_1)u'(x) + 2(c + d)u''(x) - b_1\tilde{x}R(\partial)u'(x) - d\tilde{x}R(\partial)u''(x), \\ v''(x) &= 2(c + d)u'(x) + 2(a_2 + b_2)u''(x) - d\tilde{x}R(\partial)u'(x) - b_2\tilde{x}R(\partial)u''(x). \end{aligned} \tag{3.8}$$

If consider the boundary conditions (3.1), (3.3), we will get

$$\{v'_2(y)\}^- = f'_4(y), \quad \{v''_2(y)\}^- = f''_4(y) \tag{3.9}$$

$$\left\{ \frac{\partial}{\partial x_2} v'_1(y) \right\}^- = f'_5(y), \quad \left\{ \frac{\partial}{\partial x_2} v''_1(y) \right\}^- = f''_5(y), \quad y \in \partial\Omega, \tag{3.10}$$

where

$$\begin{aligned} f'_4(y) &= 2(a_1 + b_1)f'_2(y) + 2(c + d)f''_2(y) - b_1y_1f'_3(y) - dy_1f''_3(y), \\ f''_4(y) &= 2(c + d)f'_2(y) + 2(a_2 + b_2)f''_2(y) - dy_1f'_3(y) - b_2y_1f''_3(y), \\ f'_5(y) &= 2(a_1 + b_1)f'_1(y) + 2(c + d)f''_1(y) + b_1f'_3(y) + df''_3(y), \\ f''_5(y) &= 2(c + d)f'_1(y) + 2(a_2 + b_2)f''_1(y) - df'_3(y) + b_2f''_3(y). \end{aligned}$$

The Dirichlet problems (3.7), (3.9) and the Neumann problems (3.7), (3.10) have the following solution

$$v'_1(x) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \ln rf'_5(y) dy, \quad v''_1(x) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \ln rf''_5(y) dy, \tag{3.11}$$

$$v'_2(x) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\partial}{\partial x_2} \ln rf'_4(y) dy, \quad v''_2(x) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\partial}{\partial x_2} \ln rf''_4(y) dy, \tag{3.12}$$

From (3.8), we have

$$\begin{aligned} u'(x) &= \xi_5 v'(x) + \xi_6 v''(x) + \xi_1 \tilde{x}R(\partial)u'(x) + \xi_2 \tilde{x}R(\partial)u''(x), \\ u''(x) &= \xi_6 v'(x) + \xi_7 v''(x) + \xi_3 \tilde{x}R(\partial)u'(x) + \xi_4 \tilde{x}R(\partial)u''(x), \end{aligned} \tag{3.13}$$

where

$$\begin{aligned} \xi_5 &= \frac{a_2 + b_2}{2d_2}, \quad \xi_6 = -\frac{c + d}{2d_2}, \quad \xi_1 = \frac{b_1(a_2 + b_2) - d(c + d)}{2d_2}, \\ \xi_2 &= \frac{d(a_2 + b_2) - b_2(c + d)}{2d_2}, \quad \xi_7 = \frac{a_1 + b_1}{2d_2}, \\ \xi_3 &= \frac{d(a_1 + b_1) - b_1(c + d)}{2d_2}, \quad \xi_4 = \frac{b_2(a_1 + b_1) - d(c + d)}{2d_2} \end{aligned}$$

If we take in to account equalities (3.5), (3.11)-(3.12) in (3.13), we get

$$U(x) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} M(x, y)f(y) dy \tag{3.14}$$

where

$$M(x, y) = \begin{bmatrix} M^{(1)}(x, y) & M^{(2)}(x, y) \\ M^{(3)}(x, y) & M^{(4)}(x, y) \end{bmatrix}_{4 \times 4}, \quad M^{(p)}(x, y) = \left[M_{kj}^{(p)}(x, y) \right]_{2 \times 2}$$

$$M_{11}^{(p)}(x, y) = \xi_p \left(-\ln r + x_2 \frac{\partial \ln r}{\partial x_2} \right) + (\delta_{p1} + \delta_{p4}) \ln r,$$

$$M_{12}^{(p)}(x, y) = \xi_p \left(\frac{\partial \ln r}{\partial x_1} - x_2 \frac{\partial^2 \ln r}{\partial x_1 \partial x_2} \right), \tag{3.15}$$

$$M_{21}^{(p)}(x, y) = -\xi_p x_2 \frac{\partial \ln r}{\partial x_1},$$

$$M_{22}^{(p)}(x, y) = \xi_p x_2 \frac{\partial^2 \ln r}{\partial x_1^2} + (\delta_{p1} + \delta_{p4}) \frac{\partial \ln r}{\partial x_2}, \quad p = 1, 2, 3, 4,$$

$$f = (f', f'')^T, \quad f' = (f'_1, f'_2)^T, \quad f'' = (f''_1, f''_2)^T$$

Here we have used the identities

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \ln r \frac{\partial f_j(y)}{\partial y} dy = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\partial \ln r}{\partial x_1} f_j(y) dy,$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\partial \ln r}{\partial x_2} \frac{\partial f_j(y)}{\partial y} dy = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\partial^2 \ln r}{\partial x_1 \partial x_2} f_j(y) dy, \quad j = 1, 2, \tag{3.16}$$

$$(x_1 - y) \frac{\partial \ln r}{\partial x_2} = x_2 \frac{\partial \ln r}{\partial x_1}, \quad \frac{\partial^2 \ln r}{\partial x_1^2} = -\frac{\partial^2 \ln r}{\partial x_2^2}.$$

Calculating the stress vector $T(\partial, n)U(x)$ by (3.14), we get

$$T(\partial n)U(x) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} L(x, y) f(y) dy, \tag{3.17}$$

Where

$$L(x, y) = \begin{bmatrix} L^{(1)}(x, y) & L^{(2)}(x, y) \\ L^{(3)}(x, y) & L^{(4)}(x, y) \end{bmatrix}_{4 \times 4} \tag{3.18}$$

$$L^{(p)}(x, y) = \left[L_{kj}^{(p)}(x, y) \right]_{2 \times 2}, \quad p = 1, 2, 3, 4,$$

$$L^{(1)}(x, y) = T^{(1)}(\partial, n)M^{(1)}(x, y) + T^{(2)}(\partial, n)M^{(3)}(x, y),$$

$$L^{(2)}(x, y) = T^{(1)}(\partial, n)M^{(2)}(x, y) + T^{(2)}(\partial, n)M^{(4)}(x, y),$$

$$L^{(3)}(x, y) = T^{(3)}(\partial, n)M^{(1)}(x, y) + T^{(4)}(\partial, n)M^{(3)}(x, y),$$

$$L^{(4)}(x, y) = T^{(3)}(\partial, n)M^{(2)}(x, y) + T^{(4)}(\partial, n)M^{(4)}(x, y),$$

Here

$$T^{(p)}(\partial, n) = \left[T_{kl}^{(p)}(\partial, n) \right]_{2 \times 2}, \quad p = 1, 2, 3, 4,$$

$$T_{kl}^{(p)}(\partial, n) = a_1 \delta_{kl} \frac{\partial}{\partial x_2} (a_1 + b_1 - 2\mu_1) \delta_{k2} \frac{\partial}{\partial x_1} + (\mu_1 + \lambda_5) \delta_{2l} \frac{\partial}{\partial x_k},$$

$$T_{kl}^{(2)}(\partial, n) = T_{kl}^{(3)}(\partial, n) = c \delta_{kl} \frac{\partial}{\partial x_2} + (c + d - 2\mu_3) \delta_{k2} \frac{\partial}{\partial x_1} + (\mu_3 - \lambda_5) \delta_{2l} \frac{\partial}{\partial x_k},$$

$$T_{kl}^{(4)}(\partial, n) = a_2 \delta_{kl} \frac{\partial}{\partial x_2} + (a_2 + b_2 - 2\mu_2) \delta_{k2} \frac{\partial}{\partial x_1} + (\mu_2 + \lambda_5) \delta_{2l} \frac{\partial}{\partial x_k},$$

is the Kronecker symbol.

$$L_{11}^{(p)}(x, y) = (a_1 \delta_{1p} + c(\delta_{2p} + \delta_{3p}) + a_2 \delta_{4p}) \frac{\partial \ln r}{\partial x_2} - \sigma_p x_2 \frac{\partial^2 \ln r}{\partial x_1^2},$$

$$L_{12}^{(p)}(x, y) = \left[(\mu_1 + \lambda_5) \delta_{1p} + (\mu_3 - \lambda_5)(\delta_{2p} + \delta_{3p}) + (\mu_2 + \lambda_5) \delta_{4p} \right] \frac{\partial^2 \ln r}{\partial x_1 \partial x_2} - \sigma_p x_2 \frac{\partial^3 \ln r}{\partial x_1 \partial x_2^2},$$

$$L_{21}^{(p)}(x, y) = \gamma_{21}^{(p)} \frac{\partial \ln r}{\partial x_1} - \sigma_p x_2 \frac{\partial^2 \ln r}{\partial x_1 \partial x_2^2},$$

$$L_{22}^{(p)}(x, y) = \gamma_{22}^{(p)} \frac{\partial^2 \ln r}{\partial x_1^2} + \sigma_p x_2 \frac{\partial^3 \ln r}{\partial x_1^2 \partial x_2},$$

$$\gamma_{21}^{(1)} = a_1 + b_1 - 2\mu_1 - 2(a_1 + b_1 - \mu_1) \xi_1 - 2(c + d - \mu_3) \xi_3,$$

$$\gamma_{22}^{(1)} = -(a_1 + b_1) + 2(a_1 + b_1 - \mu_1) \xi_1 + 2(c + d - \mu_3) \xi_3,$$

$$\gamma_{21}^{(2)} = c + d - 2\mu_3 - 2(a_1 + b_1 - \mu_1) \xi_2 - 2(c + d - \mu_3) \xi_4,$$

$$\gamma_{22}^{(2)} = -(c + d) + 2(a_1 + b_1 - \mu_1) \xi_2 + 2(c + d - \mu_3) \xi_4,$$

$$\gamma_{21}^{(3)} = c + d - 2\mu_3 - 2(a_2 + b_2 - \mu_2) \xi_3 - 2(c + d - \mu_3) \xi_1,$$

$$\gamma_{22}^{(3)} = -(c + d) + 2(a_2 + b_2 - \mu_2) \xi_3 + 2(c + d - \mu_3) \xi_1,$$

$$\gamma_{21}^{(4)} = a_2 + b_2 - 2\mu_2 - 2(a_2 + b_2 - \mu_2) \xi_4 - 2(c + d - \mu_3) \xi_2,$$

$$\gamma_{22}^{(4)} = -(a_2 + b_2) + 2(a_2 + b_2 - \mu_2) \xi_4 + 2(c + d - \mu_3) \xi_2,$$

$$\sigma_1 = 2\mu_1 \xi_1 + 2\mu_3 \xi_3, \quad \sigma_2 = 2\mu_1 \xi_2 + 2\mu_3 \xi_4,$$

$$\sigma_3 = 2\mu_3 \xi_1 + 2\mu_2 \xi_3, \quad \sigma_4 = 2\mu_3 \xi_2 + 2\mu_2 \xi_4.$$

Assume that the functions $f_1', f_1'' \in C^{0,\alpha}(\partial\Omega)$, $f_2', f_2'' \in C^{1,\alpha}(\partial\Omega)$, $0 < \alpha < 1$, then by straight forward verification we establish that the vector $U(x)$ represented from the (3.14) is a solution of system (2.1)-(2.2) in the domain Ω^- . If in the functions $\{P^{(l)}(\partial, n)U(x)\}_1$, $l = 1, 2$ from (3.17) and in the functions $u_2'(x), u_2''(x)$ from (3.14) we pass to the limit as $x \rightarrow z \in \partial\Omega$ ($x_2 \rightarrow 0$) and take into account [20]

$$\lim_{x \rightarrow z} \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\partial}{\partial x_2} \ln r f(y) dy = -f(z), \quad z \in \partial\Omega,$$

we obtain that the vector $U(x)$ represented in the form (3.14) satisfies the boundary conditions (2.5). If the boundary vector-function satisfies the conditions

$$\begin{aligned} |f_1'(z)| &< \frac{A}{1+|z|^2}, |f_1''(z)| < \frac{A}{1+|z|^2}, \\ |f_2'(z)| &< \frac{A}{1+|z|}, |f_2''(z)| < \frac{A}{1+|z|}, z \in \partial\Omega, A = \text{const} > 0, \end{aligned}$$

then the vector $U(x)$ represented by formula (3.14) is a regular solution of problem (III⁻) which satisfies the following decay conditions at infinity

$$\begin{aligned} u_1'(x), u_1''(x) &= O(|x|^{-1} \ln|x|), \\ u_2'(x), u_2''(x) &= O(|x|^{-1}), \\ \partial_k u_1'(x), \partial_k u_1''(x) &= O(|x|^{-2}), \\ \partial_k u_2'(x), \partial_k u_2''(x) &= O(|x|^{-1} \ln|x|), k = 1, 2. \end{aligned}$$

REFERENCES

1. C. Truesdell and R. Toupin, The classical field theories. With an appendix on tensor fields by J. L. Ericksen. *Handbuch der Physik, Bd. III/1*, 226-793; appendix, 794-858; Springer, Berlin, 1960.
2. M. J. Crochet and P. M. Naghdi, On constitutive equations for flow of fluid through an elastic solid. *Internat. //J. Engrg. Sci.* **4**, 1966, pp.383-401.
3. R. J. Atkin, Constitutive theory for a mixture of an isotropic elastic solid and a non Newtonian fluid. *//Z. Angew. Math. Phys.*, **18**, 1967, pp.803-825.
4. A. E. Green and P. M. Naghdi, On basic equations for mixtures. *Quart. J. Mech. Appl. Math.*, **22**, 1969, pp. 427-438.
5. A. E. Green and T. R. Steel, Constitutive equations for interacting continua. *Int. J. Engrg. Sci.* **4**, 1966, pp. 483-500.
6. L.P. Khoroshun and N.S. Soltanov. Thermoelasticity of two-component mixtures. (Russian) *Naukova Dumka, Kiev*, 1984, 111p..
7. R. Hill, Continuum micro-mechanics of elastoplastic polycrystals. *J. Mech. Phys. Solids.* **13** (1966), 89-101.
8. M. Aron, On the existence and uniqueness of solutions in the linear theory of mixtures of two elastic solids. *Arch. Mech. (Arch. Mech. Stos.)* 1974, 26, pp.717-728.
9. A. Borrelli and M. C. Patria. Uniqueness in the boundary value problems for the static equilibrium equations of a mixture of two elastic solids occupying an unbounded domain. *Internat. // J. engrg. Sci.*, 1984, 22, No 1, pp.23-38.
10. J. Barber. The solution of elasticity problems for the half-space by method of Green and Collins. */ Appl. sci. Rese.* 1983, **40**, No.2, pp.135-157.
11. M. Bacheleishvili and L. Bitsadze. Explicit solutions of the BVP_s of the theory of consolidation with double porosity for half-space. */ Bull TICMI*, 2010, 14, pp. 9-15.
12. E. Constantin and N. Pavel. Green function of the Laplacian for the Neuman Problem in R_+^n *Libertas Math.* 2010, 30, pp. 57-69.
13. L. Giorgashvili, K. Skhvitaridze, M. Kharashvili. Effective solution of the Neumann boundary value problem for a half-space with double porosity. *//Georgian int. Journal of science and technology*, 2012, **4**, No. 1-2, pp.161-172.
14. L. Bitsadze, G. Jaiani. Theorems for the third and fourth BVP_s of 2D theory of thermoelasticity with microtemperatures. */Nova Science Publishers, Inc.* 2012, pp. 99-118.
15. M. Bacheleishvili, L. Bitsadze, G. Jaiani. On fundamental and singular solutions of the system of the plane thermoelasticity with microtemperatures. */Bull. TICMI*, (2013, vol. 15, pp. 1-20.
16. H. Sherief and H. Saleh, A half-space problem in the theory of generalized thermoelastic diffusion. *//Int. J. of Solids and Structures* 2005, **42**, pp.4484-4493.

17. K. Skhvitardze and M. Kharashvili. Investigation of the Dirichlet and Neumann Boundary value problems for a half-space filled a viscous incompressible fluid. Mechanics of the continuous environment issues. *Published by Nova Science Publishers, Inc New York* (2012), 85-98.4
18. D. G. Natroshvili, A. Jaghmaidze and M.G. Svanadze, Some problems in the linear theory of elastic mixtures. (Russian) *Tbilis. Gos. Univ., Tbilisi*, (1986).
19. L. Giorgashvili and D. Metreveli, Problems of statics of two-component elastic mixtures for a half-space. *Proceedings of A. Razmadze Mathematical Institute*, 2015, vol. 167, pp. 43-61.
20. A. N. Tikhonov and A. A. Samarski. Equations of mathematical physics (Russian). - Moscow, Nauka, 1966.

რეზიუმე

ორკომპონენტის დრეკად ნარევთა სტატიკის ამოცანა ნახევარ-სიბრტყისათვის

ხარაშივილი მ.გ., მეტრეველი დ.ზ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მოცემულ ნაშრომში განხილულია ორკომპონენტის დრეკად ნარევთა თეორიის სტატიკის სასაზღვრო ამოცანა ნახევარ-სიბრტყისათვის, როდესაც არის საზღვარზე მოცემულია კერძო გადაადგილებების ნორმალური მდგენელების და ძაბვების მხები მდგენელების ზღვრული მნიშვნელობები. ჩვენ ვსარგებლობთ ლაბლასის განტოლებისათვის ნახევარ-სიბრტყის შემთხვევაში დირიხლესა და ნეიმანის სასაზღვრო ამოცანების ამონახსნებით. დამტკიცებულია ერთადერთობის თეორემა. ამონახსნები წარმოდგენილია კვადრატურებში.

საკვანძო სიტყვები: დრეკად ნარევთა თეორია, ერთადერთობის თეორემა, ნორმალური მდგენელები, მხები მდგენელები.

სიბრტყისა და წრფის განტოლებების შედგენა, რომლებიც წრფისა და სიბრტყის მიერ შემზღნილი რომელიმე ვერტიკალურ კუთხეებს ყოფენ რაიმე ფართობით

მასპინძელაშვილი ბ.ი., ტაკაშვილი ვ.რ., ბუზიაშვილი თ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ზოგადი ამოცანა. $\frac{x-x_1}{a_1} = \frac{y-y_1}{b_1} = \frac{z-z_1}{c_1} (L_1)$, წრფე კვეთს

$A_1x + B_1y + C_1z + D_1 = 0 (P_1)$ სიბრტყეს და არ არის მისი მართობული.

შევადგინოთ სიბრტყისა და წრფის განტოლებები, რომლებიც გადიან მახვილ ან ბლაგვ ვერტიკალურ კუთხეებში და ამ კუთხეებს (L_1) წრფის ან (P_1) სიბრტყის მხრიდან ყოფენ შეფარდებით $m:n$, თუ საძებნი სიბრტყე იმ სიბრტყის მართობულია, რომელიც გადის (L_1) წრფეზე (P_1) სიბრტყის მართობულად

ამოხსნა. ნორმალური ვექტორი იმ სიბრტყისა, რომელიც გადის (L_1) წრფეზე (P_1) სიბრტყის მართობულად, არის

$$\vec{n}_2 = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ a_1 & b_1 & c_1 \\ A_1 & B_1 & C_1 \end{vmatrix} = A_2\vec{i} + B_2\vec{j} + C_2\vec{k}$$

მისი განტოლებაა

$$A_2(x-x_1) + B_2(y-y_1) + C_2(z-z_1) = 0, \quad A_2x + B_2y + C_2z + D_2 = 0,$$

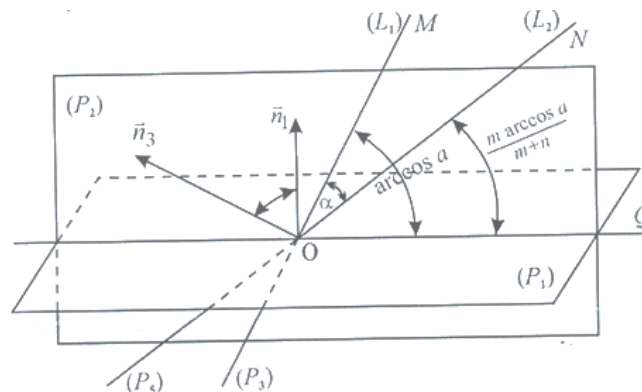
სადაც $C_2 = -A_2x_1 - B_2y_1 - C_2z_1$. ნორმალური ვექტორი სიბრტყისა, რომელიც (P_2) სიბრტყის მართობულია და რომეზეც (L_1) წრფე მდებარეობს, არის

$$\vec{n}_3 = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ a_1 & b_1 & c_1 \\ A_2 & B_2 & C_2 \end{vmatrix} = A_3\vec{i} + B_3\vec{j} + C_3\vec{k}$$

განტოლება კი იქნება

$$A_3(x-x_1) + B_3(y-y_1) + C_3(z-z_1) = 0, \quad A_3x + B_3y + C_3z + D_3 = 0 (P_3),$$

თუ $D_3 = -A_3x_1 - B_3y_1 - C_3z_1$.



ვიპოვოთ (P_1) და (P_3) სიბრტყეთა ნორმალურ ვექტორებს შორის კუთხის კოსინუსი $\cos(\vec{n}_1, \vec{n}_3) = a$; ვთქვათ ეს კუთხე არის მახვილი, ე.ი. $0 < a < 1$, ხოლო $(\vec{n}_1, \vec{n}_3) = \arccos a$.

ნორმალური ვექტორი სიბრტყისა, რომელიც გადის (L_2) წრფეზე (P) სიბრტყის მართობულად არის

ვთქვათ, უნდა შევადგინოთ სიბრტყისა და წრფის განტოლებები, რომლებიც გადიან მახვილ ვერტიკალურ კუთხეებში და ამ კუთხეებს (P_1) სიბრტყის მხრიდან ყოფენ შეფარდებით $m:n$. სიბრტყე, რომელიც მართობულია (P_2) სიბრტყისა, გადის მახვილ ვერტიკალურ კუთხეებში და ამ კუთხეებს (P_1) სიბრტყის მხრიდან ყოფს შეფარდებით $m:n$, ვეძებოთ სახით $A_1x + B_1y + C_1z + D_1 + \lambda(A_3x + B_3y + C_3z + D_3) = 0$,

$$(A_1 + \lambda A_3)x + (B_1 + \lambda B_3)y + (C_1 + \lambda C_3)z + D_1 + \lambda D_3 = 0 (P_4), \quad \text{რადგანაც } \frac{\angle NOQ}{\angle MON} = \frac{m}{n},$$

$\angle MON + \angle NOQ = \arccos a$, კუთხე საძებნ (P_4) სიბრტყესა და (P_1) სიბრტყეს შორის იქნება $\angle NOQ \left(\frac{m \arccos a}{m+n} \right)$, ე.ი.

$$\cos \left(\frac{m \arccos a}{m+n} \right) = \frac{A_1(A_1 + \lambda A_3)x + B_1(B_1 + \lambda B_3)y + C_1(C_1 + \lambda C_3)}{\sqrt{A_1^2 + B_1^2 + C_1^2} \sqrt{(A_1 + \lambda A_3)^2 + (B_1 + \lambda B_3)^2 + (C_1 + \lambda C_3)^2}}$$

ამ განტოლებიდან მივიღებთ λ_1 და λ_2 მნიშვნელობებს, რომლებსთვისაც (P_4) განტოლებიდან გვექნება სიბრტყეთა განტოლებები

$$(A_1 + \lambda_1 A_3)x + (B_1 + \lambda_1 B_3)y + (C_1 + \lambda_1 C_3)z + D_1 + \lambda_1 D_3 = 0, (P_5)$$

$$(A_1 + \lambda_2 A_3)x + (B_1 + \lambda_2 B_3)y + (C_1 + \lambda_2 C_3)z + D_1 + \lambda_2 D_3 = 0. (P_6)$$

საძებნი წრფე მდებარეობს (P_5) ან (P_6) სიბრტყეზე. რომ დავადგინოთ, თუ რომელია ეს სიბრტყე, რომელიც მახვილ ვერტიკალურ კუთხეებში გაივლის, გამოვითვალოთ $\frac{m \arccos a}{m+n}$, შემდეგ ვიპოვოთ კუთხე ან (P_5) და (P_3) , ან (P_6) და

(P_3) სიბრტყეთა შორის. მაგალითად (P_5) იქნება საძებნი სიბრტყე, თუ $\frac{m \arccos a}{m+n} + a = \arccos a$, სადაც a არის კუთხე (P_5) და (P_3) სიბრტყეთა შორის.

საძებნი წრფე იქნება (P_2) და (P_5) სიბრტყეთა თანაკვეთა

$$\begin{cases} A_2x + B_2y + C_2z + D_2 = 0 \\ (A_1 + \lambda_1 A_3)x + (B_1 + \lambda_1 B_3)y + (C_1 + \lambda_1 C_3)z = D_1 + \lambda_1 D_3 = 0. (L_2) \end{cases}$$

ამოცანა. $\frac{x+1}{-1} = \frac{y-1}{1} = \frac{z-1}{-1} (P_1)$, წრფე კვეთს $2x - y + z - 1 = 0 (P_1)$ სიბრტყეს.

შევადგინოთ სიბრტყისა და წრფის განტოლებები, რომლებიც ბლაგვ ვერტიკალურ კუთხეებს (L_1) წრფის მხრიდან ყოფენ შეფარდებით 1:2; თუ საძებნი სიბრტყე იმ სიბრტყის მართობულია, რომელიც გადის (L_1) წრფეზე (P_1) სიბრტყის მართობულად.

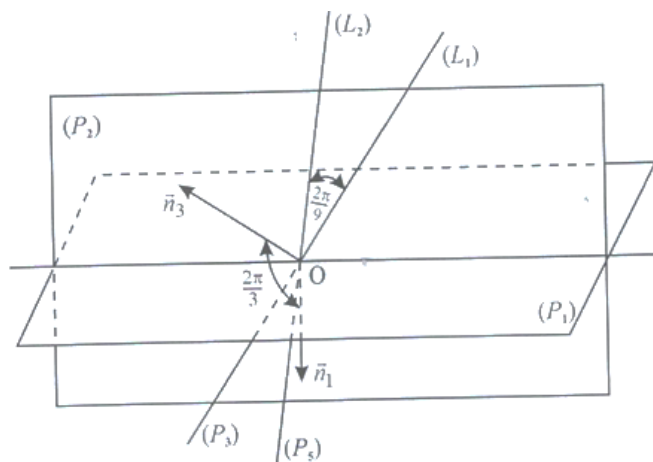
ამოხსნა. პირობის თანახმად კუთხე საძებნ

$$(-1+2\lambda)x+(2-\lambda)y+(1+\lambda)z-4-\lambda=0(P_4) \text{ სიბრტყესა და } -x+2y+z-4=0(P_3)$$

სიბრტყეებს შორის იქნება $\frac{2\pi}{9}$, ე.ი $\cos \frac{2\pi}{9} = \frac{-\lambda+2}{2\sqrt{\lambda^2-\lambda+1}}$, $\cos^2 \frac{2\pi}{9} = \frac{\lambda^2-4\lambda+4}{4(\lambda^2-\lambda+1)}$,

$$1+\cos \frac{4\pi}{9} = \frac{\lambda^2-4\lambda+4}{2\lambda^2-2\lambda+2}, \left(1+2\cos \frac{4\pi}{9}\right)\lambda^2+\left(2-2\cos \frac{4\pi}{9}\right)\lambda+2\cos \frac{4\pi}{9}-2=0, \text{ აქედან}$$

$$\lambda_1 = \frac{\cos \frac{4\pi}{9}-1+\sqrt{3} \sin \frac{4\pi}{9}}{1+2\cos \frac{4\pi}{9}}, \lambda_2 = \frac{\cos \frac{4\pi}{9}-1-\sqrt{3} \sin \frac{4\pi}{9}}{1+2\cos \frac{4\pi}{9}}$$



(P₄)-დან λ₁-ის შესაბამისი სიბრტყის განტოლება იქნება

$$\left(2\sqrt{3} \sin \frac{4\pi}{9}-3\right)x+\left(3\cos \frac{4\pi}{9}-3\sqrt{3} \sin \frac{4\pi}{9}+3\right)y+\left(3\cos \frac{4\pi}{9}+3\sqrt{3} \sin \frac{4\pi}{9}\right)z-9\cos \frac{4\pi}{9}-\sqrt{3} \sin \frac{4\pi}{9}-3=0,(P_5)$$

λ₂-ის შესაბამისი კი

$$\left(-2\sqrt{3} \sin \frac{4\pi}{9}-3\right)x+\left(3\cos \frac{4\pi}{9}+3\sqrt{3} \sin \frac{4\pi}{9}+3\right)y+\left(3\cos \frac{4\pi}{9}-\sqrt{3} \sin \frac{4\pi}{9}\right)z-9\cos \frac{4\pi}{9}+\sqrt{3} \sin \frac{4\pi}{9}-3=0.(P_6)$$

დავადგინოთ, (P₅) არის თუ (P₆) საძებნი სიბრტყე. კუთხე (P₅) და (P₃) სიბრტყეებს შორის არის 40°, ხოლო კუთხე (P₅) და (P₁) სიბრტყეებს შორის იქნება $\cos a_1 \approx 0,174308$, $a_1 \approx 79^{\circ}58'$, რადგანაც $(\vec{n}_1, \vec{n}_2) = 120^{\circ} \approx 40^{\circ} + 79^{\circ}58'$, ამიტომ (P₅) არის საძებნი სიბრტყე. ბლაგვ ვერტიკალურ კუთხეებში გამავალი საძებნი წრფის განტოლება იქნება (P₅) სიბრტყის და (P₂) სიბრტყის თანაკვეთა, ე.ი

$$\begin{cases} -x - y + z - 1 = 0, \\ \left(2\sqrt{3} \sin \frac{4\pi}{9} - 3\right)x + \left(3 \cos \frac{4\pi}{9} - 3\sqrt{3} \sin \frac{4\pi}{9} + 3\right)y + \left(3 \cos \frac{4\pi}{9} + \sqrt{3} \sin \frac{4\pi}{9} + 3\right)z - \\ -9 \cos \frac{4\pi}{9} - \sqrt{3} \sin \frac{4\pi}{9} - 3 = 0 (L_2) \end{cases}$$

ლიტერატურა

1. Моденов П.С. Аналитическая геометрия. -М., Изд-во МГУ, 1969, 698 с.
2. Постников М.М. Аналитическая геометрия. -М., Наука, 1973, 751 с.

SUMMARY

FORMULATING THE EQUATIONS OF A PLANE AND A LINE THAT BISECT ANY VERTICAL ANGLE FORMED BY THE LINE AND THE PLANE BY ANY AREA

Maspindzelashvili B.I., Takashvili V.R. and Buziashvili T.G.

Georgian Technical University

The equations of the line and the plane are written, passing through the acute or obtuse vertical angles made by the line and the plane, and dividing these angles by some relative side of the line or plane.

Keywords: plane, line, normal vector, vertical angles.

შეფასებათა სტატისტიკური საკითხები

ბუაძე ტ.გ., გიორგაძე ვ.ა., მორალიშვილი ნ.ა.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შეფასებათა სტატისტიკური თეორია მათემატიკური სტატისტიკის ძირითადი სტრატეგიული თეორიაა, რომლის იდეა და ამოცანა მდგომარეობს იმაში, რომ შესაბამისი სტატისტიკური დაკვირვებების საფუძველზე მოვასხდინოთ ალბათური განაწილების უცნობი ფუნქციისა და სხვა ფუნქციონალების შეფასების („სტატისტიკის“) აგება. ამასთან, აგებული სტატისტიკა გარკვეულ რეგულარობის პირობებს უნდა აკმაყოფილებდეს. აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ სტატისტიკურ შეფასებათა თეორიაში გამოირჩევა ამოცანები, რომლებიც ეფუძნება დამოუკიდებელი დაკვირვებების ბაზაზე დაყრდნობილ და აგებულ სტატისტიკებს, მაგრამ განიხილება ისეთი ამოცანები, რომლებშიც დაკვირვებების დამოუკიდებლობის შესახებ ინფორმაცია არ არსებობს, ანდა იგულისხმება, რომ არიან პირობითად დამოუკიდებელი, ან ჯაჭვურად დამოკიდებული. ასევე ბუნებრივად შემოდის მარკოვული დამოკიდებულების ცნებაც, რომელიც სუსტად დამოკიდებულების ერთ-ერთი შემთხვევაა.

სტატისტიკურ შეფასებათა თეორიაში განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია პარამეტრული სტატისტიკური შეფასებების აგების ამოცანები და არაპარამეტრული სტატისტიკური შეფასებების აგების ამოცანები დამოუკიდებელი დაკვირვებების საფუძველზე [1,2].

სტატის ამ ნაწილში ჩვენ განვიხილავთ განაწილების უცნობი სიმკვრივის გულოვანი შეფასების აგების ამოცანის დასმას დამოუკიდებელი დაკვირვებების გამოყენებით და მოვიტანთ განსახილველ საკითხთან დაკავშირებულ პრობლემატიკას.

პოპულაციის უცნობი განაწილების სიმკვრივისათვის დამოუკიდებელი დაკვირვებების გამოყენებით აგებული „გულოვანი“ შეფასებები წარმოადგენს არაპარამეტრული სტატისტიკური შეფასებების უმნიშვნელოვანეს კლასს. ასეთი კლასის აგების სპეციფიკიდან გამომდინარე, საქმე გვაქვს გარკვეულ შეზღუდვებთან ამ კლასის მიმართ. ძირითადი მოთხოვნებია ცდომილების (გადახრის) ასიმპტოტური ყოფაქცევა, კრებადობის ოპტიმალურობა, ძალდებულება (ძალმოსილება) და სხვა [3].

ვთქვათ, $\{\Omega, F, P\}$ ალბათური სივრცეა, Ω ელემენტარულ ხდომილობათა სივრცეა, F არის Ω -ს ქვესიმრავლეებისაგან შედგენილი σ ალგებრა. $\{\Omega, F\}$ ზომადი სივრცეა, ამავე დროს განვიხილოთ $\{R, B_R\}$ ზომადი სივრცე, სადაც B_R არის ბორელის σ ალგებრა, ანუ R -ის ღია ქვესიმრავლეებისაგან შედგენილი უმცირესი σ ალგებრა. განვიხილოთ ასახვა $X = X(\omega): \Omega \rightarrow R$, ყოველი $A \subset B_R$ -თვის. $X^{-1}(A) = \{\omega \in \Omega: X(\omega) \in A\} \in F$ მაშინ X შემთხვევითი სიდიდეა. თუ $\Omega = R^n$ და $X = X(\omega): \Omega \rightarrow R$, მაშინ ასახვა ორ $\{\Omega, F\}$ და R^n, B_{R^n} ზომად სივრცეებს შორის, წარმოადგენს შემთხვევით ვექტორთან.

ვთქვათ, X შემთხვევით სიდიდეს გააჩნია ალბათობების განაწილების ფუნქცია $F(x)$ და განაწილების სიმკვრივე $f(x), x \in R$, მაგრამ სიმკვრივის სახე ცნობილი არაა. საჭიროა X შემთხვევით სიდიდეზე დამოუკიდებელი დაკვირვებების (შერჩევის) საშუალებით ავაგოთ გარკვეული აზრით ოპტიმალური შეფასება უცნობი სიმკვრივისათვის.

ვთქვათ, მოცემულია შესასწავლ X შემთხვევით სიდიდეზე დამოუკიდებელი X_1, X_2, \dots, X_n დაკვირვებების შედეგები. ამ მიმდევრობის თითოეულ წევრს X_i -ს, $i = 1, \dots, n$ იგივე განაწილება აქვს, როგორც X შემთხვევით სიდიდეს, ანუ იგივე

$F(x)$ განაწილების ფუნქცია აქვს და იგივე $F'(x) = f(x)$ განაწილების სიმკვრივეც. ამ მონაცემების საფუძველზე უნდა აიგოს $f(x)$ ფუნქციის შეფასება.

განვაგრძოთ მსჯელობა შემდეგნაირად: თუ X შემთხვევითი სიდიდის განაწილება შეიცავს უცნობ პარამეტრს, ამ შემთხვევაში შეგვიძლია სიმკვრივეშივე მივუთითოთ ეს პარამეტრი და ჩავწეროთ $\{f(x, \theta)\}$ ან $\{f(\cdot | \theta | \theta \in \Theta)\}$. დავუშვათ ასევე, რომ პარამეტრული შეფასებებისას ცნობილია სიმკვრივის სახე, პარამეტრი კი შეიძლება ვექტორული სახით იყოს $\theta \in \Theta \subseteq R^K$. θ პარამეტრის რაღაც θ_0 -ის ტოლი მნიშვნელობისათვის $\theta_0 \in \Theta$, $f = f(x; \theta_0)$

შეგვიძლია მაგალითიც მოვიყვანოთ ნორმალური განაწილების სახით, სიმკვრივით:

$$f(x, \theta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right], \quad (1)$$

$$\theta = (\mu, \sigma)$$

ლიტერატურიდან [4] ცნობილია, რომ სიმკვრივის შეფასება არის $\hat{f}(x, \dots, x_n, \hat{\theta})$, სადაც

$$\hat{\theta} = \arg \min \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln f(X_i, \theta) \right], \quad \theta \in \Theta \quad (2)$$

ცნობილია აგრეთვე, რომ

$$\sqrt{n}(\hat{\theta} - \theta_0) \xrightarrow{d} NO, H_0^{-1}$$

სადაც

$$H_0 = E \left(\frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \ln f(x, \theta_0) \right)$$

აქედან გამომდინარეობს, რომ

$$\sqrt{n}(\hat{f}(x) - f(x)) \rightarrow N(0, V_0(x) H_0^{-1} V_0(x)) \quad (3)$$

სადაც

$$V_0(x) = \frac{\partial^2}{\partial \theta} f(x, \theta_0)$$

შენიშვნა: სიმბოლო \xrightarrow{d} აქაც და ყველგან აღნიშნავს კრებადობას განაწილების თვალსაზრისით.

ჩატარებული მსჯელობის მიხედვით ვასკვნით, რომ თუ დავუშვებთ განაწილების სიმკვრივის კონკრეტული სიმკვრივეების კლასისათვის მიკუთვნების ჰიპოთეზას, ვღებულობთ საკმაოდ კარგ შეფასებას. ეს პარამეტრული შეფასებების სტანდარტული სურათია. მაგრამ თუ $f \in \{f; \theta | \theta \in \Theta\}$ დაშვების სპეციალური პირობა არ გაგვაჩნია, მაშინ აღნიშნული მეთოდის გამოყენებით შეიძლება დაუშვებელი ცდომილება მივიღოთ. საზოგადოდ გვექნებოდა:

$$\sqrt{n}(\hat{f}(x) - f(x, \bar{\theta})) \xrightarrow{d} N(0, \bar{V}(x) \bar{H}^{-1}) \bar{\Omega} \bar{H} - \bar{\Omega} = E \left[\frac{\partial}{\partial \theta} \ln f(x, \bar{\theta}) \frac{\partial}{\partial \theta} \ln f(x, \theta) \right]$$

$$\bar{H} = E \left[\frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \ln f(x, \theta) \right], \bar{V}(x) = \frac{\partial}{\partial \theta} f(x; \theta)$$

P.S. სიმკვრივის კლასის შესაძლო გაფართოება არ შევლის პრობლემის გადაჭრას. საჭიროა ძლიერი, პრინციპულად განსხვავებული მეთოდების გამოყენება იმისათვის, რომ შეირჩეს შესაფერისი სიმკვრივე კონკრეტული დასაშვები კლასის გარეშე.

ამიტომ ჩვენ ვტოვებთ პარამეტრული შეფასების კლასს და ვავითარებთ არა-პარამეტრული შეფასების მეთოდოლოგიას. ეს მეთოდოლოგია გამოდგება სიმკვრივეთა ფართე კლასისათვის და ის დამოუკიდებელია ყოველგვარი პარამეტრების დატვირთვისაგან. ჩვენთვის მთავარია არაპარამეტრული სტატისტიკური შეფასებების კლასიდან ე.წ. გულოვანი შეფასებების მეთოდოლოგიის განვითარება. პრაქტიკამ აჩვენა ასეთი მიდგომის ეფექტურობა და ზოგადი ხასიათი.

ახლა განვიხილოთ შესასწავლი X შემთხვევითი სიდიდის ერთგანზომილებიანი უცნობი $f(x)$ სიმკვრივის ნადარაია-როზენბლატ-პარზენის გულოვანი ტიპის შეფასების აგების ამოცანის განზოგადოება მრავალგანზომილებიანი X შემთხვევითი სიდიდის უცნობი $f(x)$ განაწილების სიმკვრივისათვის დამოუკიდებელი დაკვირვებების ბაზაზე, ლებეგის ზომის მიმართ კვადრატით ინტეგრირებად ფუნქციათა $L_2(R^d)$ სივრცეზე, $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$. აგებული გულოვანი შეფასებათა კლასი განისაზღვრება ქვემოთ მოცემული სტატისტიკით:

$$f_n(x, \tau_n) = n^{-1} \sum_{j=1}^n \prod_{i=1}^d \tau_i(n) K_i(\tau_i(n)(x_i - \xi_j^{(i)}))$$

სადაც $\tau_n = (\tau_i(n)), \{\tau_i(n)\}$ დადებით რიცხვთა მიმდევრობაა, $i = \overline{1, d}$,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \tau_1(n) = \infty, \lim_{n \rightarrow \infty} n^{-1} = 0 \text{ და } \lim_{n \rightarrow \infty} n^{-1} \prod_{i=1}^d \tau_i(n) = 0$$

ფუნქციები $K_i(v), v \in R^1, i = \overline{1, d}$, ბორელის აზრით, ზომადი ფუნქციებია, რომელთაც განაწილების სიმკვრივის მსგავსი თვისებები აქვთ. ეს ფუნქციები ამავე დონეზე აკმაყოფილებენ გარკვეულ რეგულარობის $W_s, H_s^{(d)}$ პირობებს [5].

მრავალგანზომილებიანი უცნობი განაწილების სიმკვრივისათვის დამოუკიდებელი დაკვირვებების საფუძველზე აგებული გულოვანი $\hat{f}_n(x, \tau_n)$ შეფასების (სტატისტიკის) გადახრის (ცდომილების) საზომად ნაშრომში შემოთავაზებულია ლოკალური საშუალო კვადრატული გადახრა.

$$V_n(x, \tau_n) = E [f_n(x, \tau_n) - f(x)]^2 dx$$

და გლობალური საშუალო კვადრატული ინტეგრალური გადახრა

$$U_n(x, \tau_n) = E \int_{R^d} [f_n(x, \tau_n) - f_x]^2 dx$$

ნაშრომში ცალ-ცალკე განხილულია ლოკალური საშუალო კვადრატული $f_n(x, \tau_n)$ გადახრისა და გლობალური საშუალო კვადრატული ინტეგრალური $U_n(x, \tau_n)$ გადახრის ასიმპტოტური ყოფაქცევის საკითხები, როცა $n \rightarrow \infty$.

ლიტერატურა

1. Мания Г.М. Статистическое оценивание распределения вероятностей. -Тбилиси, изд-во Тбилисского университета, 1974, 238 с.
2. Гливенко В. И. Курс теории вероятностей. (изд. 2). URSS. Серия: Физико-математическое наследие: математика (теория вероятностей). 2019, 224 с. ISBN 978-5-9710-6590-6.
3. ბუაძე ტ.გ. გიორგაძე ვ.ა. უცნობი განაწილების სიმკვრივის ძალდებულო შეფასების საკითხისათვის. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2021, N3, გვ. 5-9, ISSN 1512-0287
4. Крамер Г. Математические методы статистики. –Москва, Мир, 1975, 648 с.
5. Надарая Е.А. Непараметрическое оценивание плотности вероятностей и кривой регрессии. -Тбилиси, изд-во Тбилисского университета, 1983.

SUMMARY

STATISTICAL ISSUES OF ASSESSMENTS

Buadze T.G., Giorgadze V.A. and Moralishvili N.A.

Georgian Technical University

The article discusses and analyzes the task of constructing a Nadaraya-Parzen-type estimator of the unknown density of a multivariate distribution using independent observations.

Keywords: Statistics, distribution density, wealthy assessment.

ბუნებრივ აირზე მომუშავე ელექტროენერგეტიკული აირტურბინული მოწყობილობა

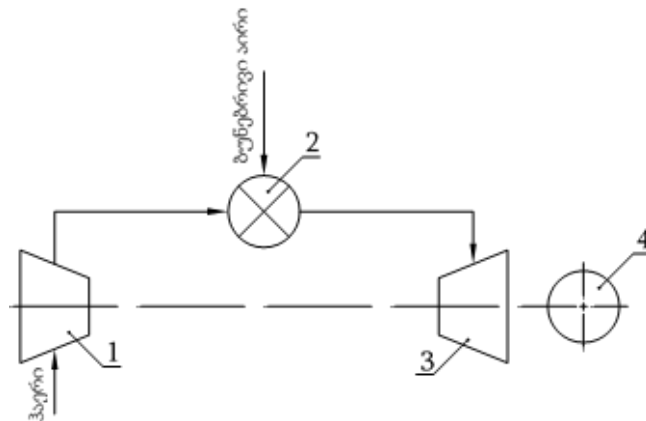
ღობუანიძე გ.მ., შალამბერიძე მ.შ., ცქიფურიშვილი თ.ზ., პაპიძე ზ.ა.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

ბუნებრივი აირის წვისა და გაფართოებისას გამოყოფილი თბური ენერგია ფართოდ გამოიყენება თბოელექტროენერგეტიკაში ელექტრული ენერგიის მისაღებად. კერძოდ, აირტურბინული და შიგაწვის ძრავებით ხდება ბუნებრივი აირის წვით მიღებული თბური ენერგიის გარდაქმნა, ჯერ მექანიკურ, ხოლო შემდეგ ელექტრულ ენერგიად [1,2].

ცნობილ ბუნებრივ აირზე მომუშავე სხვადასხვა სახის აირტურბინული მოწყობილობებისათვის [3,4], დამახასიათებელია დაბალი მ.ქ.კ., ასევე შედარებით რთულია მათი კონსტრუქცია და ამავე დროს შეზღუდულია გამომუშავებული ელექტრული ენერგიის სიმძლავრე.

ცნობილია აგრეთვე, რომ რომელიმე სამშენებლო ნაგებობაში, მაგალითად, საცხოვრებელ ბინაში ბუნებრივი აირის გაჟონვისას და ჰაერთან შერევისას დაგროვილი ნარევის ანთებისას ადგილი აქვს დიდი ენერგიის გამოყოფას, რომელსაც თან ახლავს არასასურველი შედეგები. აღწერილი პროცესის მოდელირების გზით, ჩვენს მიზანს შეადგენს შექმნილი იქნას შედარებით გაზრდილი მარტივი ქმედების კოეფიციენტის და მარტივი კონსტრუქციის მოწყობილობა, რომელიც საშუალებას მოგვცემს, დახურულ გარემოში, რომელსაც შეიძლება პირობით ვუწოდოთ წვის საკანი, ხელოვნურად მოხერხდეს ბუნებრივი აირისა და ჰაერის ნარევის ხელოვნურად დაგროვება. მისი ანთებისას წარმოქმნილი ნამწვი აირის მძლავრი ნაკადი მიმართულ იქნას აირტურბინის ფრთებზე ისე, რომ წარმოქმნილი მბრუნავი მომენტი აბრუნებდეს ტურბინის და მის ღერძზე დასმულ ელექტროგენერატორის როტორს და გამომუშავებული იქნას ელექტრული ენერგია. მსგავსი მოწყობილობის ზოგადი სქემა მოცემულია ნახ.1-ზე. იგი შედგება დაბალი წნევის კომპრესორისგან (1), მარტივი კონსტრუქციის მქონე წვის საკნისაგან (2), აირტურბინისაგან (3) და ელექტროგენერატორისაგან (4).



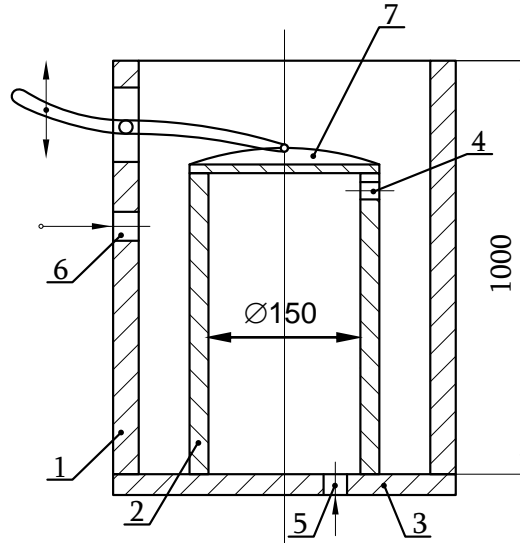
ნახ. 1. ბუნებრივ აირზე მომუშავე აირტურბინული მოწყობილობის სქემა.

1 – კომპრესორი; 2 – წვის საკანი; 3 – აირტურბინა; 4 – ელექტროგენერატორი.

სქემის მიხედვით, ბუნებრივი აირი და ჰაერი ერთდროულად მიეწოდება, ერთმანეთში ერევა და გროვდება წვის საკანში (ნახ. 2).

წვის საკნის შევსების შემდეგ ხდება სახურავის (7) გაღება, ბუნებრივი აირისა და ჰაერის ნარევის ანთება და წვის პროდუქტის ამოტყორცნა წვის საკნიდან, რომელიც მიმართულია აირტურბინის ფრთებზე.

ელექტრული ენერგიის მიღების, ჩვენ მიერ შემოთავაზებულ სქემაში წარმოდგენილი წვის საკანის კონკრეტული სქემა შიგაწვის და აირტურბინულ ძრავთან შედარებით მარტივია და დასამზადებლად ადვილია.

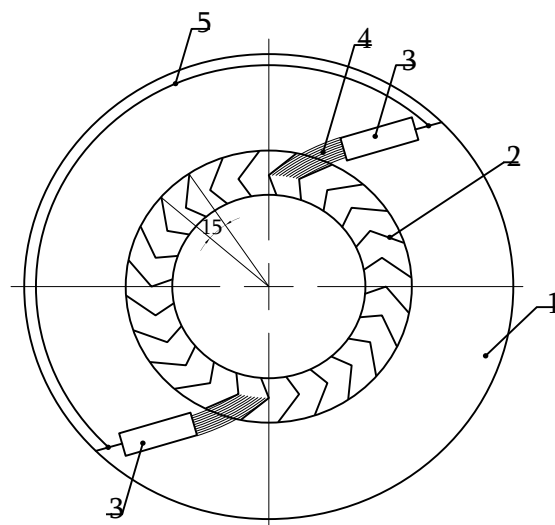


ნახ. 2. წვის საკანის კონსტრუქციული სქემა.

- 1, 2 – შესაბამისად, საკნის გარე და შიგა კედელი; 3 – ძირი; 4 – ნარევის მიწოდების სარქველი; 5 – ნარევის ანთებისათვის ნაპერწკლის მიწოდების მოწყობილობის სარქველი; 6 – წყლის მიწოდების სარქველი; 7 – სახურავი.

იგი შედგება ცილინდრული ფორმის ლითონის გარე და შიგა 2 კედლისგან. მათ აქვთ ორივე მათგანზე მიღებული ფურცლოვანი ფოლადისგან დამზადებული საერთო ძირი 3. ჰაერისა და ბუნებრივი აირის ნარევი მიეწოდება წვის საკანს სარქველიდან 4. წვის საკანის შევსებისას ნარევს ანთებენ სარქველიდან 5. ამ დროს სახურავი 7 გადაბულ მდგომარეობაშია. წვის საკანის გარე კედლიდან (სარქველი 6) გაგრილებისთვის მიეწოდება წყალი.

ელექტრული ენერჯის მიღების შემოთავაზებულ მოწყობილობაში წვის საკნები განლაგებულია აირტურბინის გარშემო (ნახ. 3.) წრიულად ისე, რომ ამოტყორცნილი ნამწვი აირი მიმართული იყოს აირტურბინის ფრთებზე და მათზე მოქმედი ძალა იყოს მაქსიმალური. წვის საკანის ერთ-ერთი მთავარი პარამეტრია მისი მოცულობა, რადგანაც მისი შევსების სიხშირეზეა დამოკიდებული ბუნებრივი აირისა და ჰაერის ნარევის წვის სიხშირე.



ნახ. 3. ბუნებრივ აირზე მომუშავე დენის მიღების მოწყობილობის მოდელში აირტურბინის ფრთებიან დისკზე წვის საკნების შესაძლო განლაგების სქემა.

- 1 – დისკი; 2 – აირტურბინის ფრთები; 3 – წვის საკნები; 4 – ნამწვი აირის ნაკადი; 5 – საკნებს შორის კავშირი.

ბუნებრივი აირის წვისას, ელექტრული ენერჯის მიღების შემოთავაზებულ მოწყობილობაში შემავალი კონკრეტული მოცულობის წვის საკნების რაოდენობა დამოკიდებულია გამოსამუშავებელი ელექტრული ენერჯის სიდიდეზე, კერძოდ გამომუშავებული ელექტროგენერატორის სიმძლავრეზე. ამასთან ერთად, რაც უფრო მძლავრია ელექტროგენერატორი, მით მეტია დენის მიღებისას ელექტროგენერატორის როტორზე მოქმედი დამამუხრუჭებელი ელექტრომაგნიტური ძალა $F_{მკ}$. იდეალურ პირობებში, დანაკარგების უგულველყოფის შემთხვევაში ამ უკანასკნელი ძალის დასაძლევად საჭიროა გარე მექანიკური ძალა $F_{მკ}$

$$F_{მკ} \approx F_{მ} \quad (1)$$

ჩვენს შემთხვევაში $F_{მკ}$ წარმოადგენს წვის საკნიდან ამოტყორცნილი ნამწვი აირის ტურბინის ფრთაზე მოქმედ ძალას, რომელიც ქმნის ელექტროგენერატორის როტორის მაბრუნ მომენტს.

ქვემოთ მოცემულია (1) გამოსახულების გათვალისწინებით კონკრეტული ზომებისა და მოცულობის წვის საკნისათვის შესაბამისი ელექტროგენერატორის სიმძლავრის და სახეობის შერჩევის მეთოდი.

დამზადებული იყო წვის საკნის ექსპერიმენტული ნიმუში ზომებით: წვის საკნის შიგა დიამეტრი $D=0,1$ მ., ხოლო სიმაღლე $h=0,8$ მ. ე. ი. წვის საკნის მოცულობამ შეადგინა $0,024$ მ³. შესაბამისად, ჰაერის და ბუნებრივი აირის პროცენტული შემცველობის $80\% + 20\%$ ნარევის წვისას აირტურბინის ფრთაზე განვითარებულმა მექანიკურ ძალამ შეადგინა

$$F_{მკ}=100 \text{ ნიუტონი (ნ)}=10 \text{ დეკანიუტონი (დნ)}.$$

ვთქვათ, დასამზადებელი შემოთავაზებული დანადგარისათვის წინასწარ შერჩეული იქნა ელექტროგენერატორი, რომელსაც დამუხრუჭების ელექტრომაგნიტური ძალის განსაზღვრისათვის აქვს შემდეგი საწყისი მონაცემები: ელექტროგენერატორის როტორის მაგნიტურ გამტარს აქვს $z = 20$ დარი. თითოეულში მოთავსებულია თითო დენგამტარი (ე. ი. როტორს გააჩნია ე. წ. ტალღური გრაგნილი). დენგამტარის აქტიური სიგრძე $= 0,3$ მ³

ელექტროგენერატორის შიგა r_s და გარე r_g აქტიური წინაღობების ჯამი

$$r = r_s + r_g = 0,5 \text{ ომი}$$

r შერჩეული იქნა შემდეგი პირობის გათვალისწინებით – როტორის გრაგნილში გამავალმა ე. წ. აღზნების დენმა არ გადააჭარბოს $10 \div 15$ ა.

ელექტროგენერატორის როტორის გრაგნილის აქტიური გამტარის გადაადგილების სიჩქარე შერჩეული იქნა

$$v_g = 15,7 \text{ მ/წმ}$$

იგი შეესაბამება გამომუშავებული ელექტროენერჯის სისშირეს $f = 50$ ჰც.

როტორის აღზნების დენის მიერ შექმნილი მაგნიტური ველის ინდუქცია შერჩეული იქნა მაქსიმალური დასაშვები სიდიდის $B=1,2$ ტესლა, როტორის მაგნიტურ გამტარში გამოყენებული ელექტროტექნიკური ფოლადისათვის – ≈ 330 .

ელექტროგენერატორის გრაგნილის l სიგრძის გამტარში აღძრული უქმი სვლის ძაბვა

$$E = B \cdot l \cdot v_g = 1,2 \cdot 0,3 \cdot 15,7 = 5,52 \text{ ვოლტი} \quad (2)$$

ხოლო გენერატორის ღუზის გრაგნილზე ძაბვა

$$E_g = E \cdot z = 5,52 \cdot 20 \approx 110 \text{ ვ}$$

გენერატორის დატვირთვის დენი

$$I = \frac{E}{r_{\text{გ}} + r_{\text{გ}}} = \frac{5,52}{0,5} \approx 12 \text{ ა} \quad (3)$$

ელექტროგენერატორის გრაგნილის თითოეულ გამტარზე მოქმედი ელექტრომაგნიტური ძალა

$$F_{\text{გ}} = BIl = 1,2 \cdot 12 \cdot 0,3 = 4,32 \text{ ნიუტონი} \quad (4)$$

ელექტროგენერატორის ღუზის გრაგნილზე მოქმედი ელექტრომაგნიტური ძალა

$$F_{\text{გზ}} = F_{\text{გ}} \cdot z = 86,4 \text{ ნიუტონი} \approx 8,6 \text{ დეკანიუტონი} \quad (5)$$

ელექტროგენერატორის მიერ განვითარებული სიმძლავრე

$$P_{\text{გ}} = E_{\text{გ}} \cdot I = 110 \cdot 12 = 1248 \text{ ვატი} \quad (6)$$

წარმოდგენილ წვის საკანში ბუნებრივი აირისა და ჰაერის ნარევის წვით მიღებული მექანიკური სიმძლავრე

$$P_{\text{მექ}} = F_{\text{მექ}} \cdot v_{\text{გ}} = 100 \cdot 15,7 = 1570 \text{ ვატი} \quad (7)$$

გაანგარიშების მიხედვით

$$P_{\text{მექ}} > P_{\text{გ}}$$

რაც იმას ნიშნავს, რომ წარმოდგენილ პარამეტრების წვის საკანის მქონე აირტურბინული მოწყობილობებით შესაძლებელია 1248 ვატი სიმძლავრის ელექტრული ენერჯის გამოძევა.

კვლევა განხორციელდა „შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით - გრანტი №AR-22-3264“

ლიტერატურა

1. გ. ლობჯანიძე, მ. შალამბერიძე, თ. ცქიფურიშვილი, ლ. ზივზივაძე, ო. ზივზივაძე, თ. ფხაკაძე, ზ. გეგუზაძე. ენერგეტიკული აირტურბინული მოწყობილობების გამოყენებით ქვეყნის ელექტროენერგეტიკული რესურსების განვითარების შესაძლებლობა. VII ქართულ-პოლონური საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „სატრანსპორტო ხიდი ევროპა-აზია“. შრომათა კრებული, ქუთაისი, 2023, გვ. 136-141.
2. პეტრე კაჭკაჭიშვილი. სიმძლავრისა და ენერჯის დანაკარგების განსაზღვრა და მათი შემცირების ტექნიკურ-ორგანიზაციური ღონისძიებები ქუთაისის გამანაწილებელი ელექტრული ქსელის მაგალითზე. ქუთაისი, 2023, დისერტაცია. 135 გვ.
3. თ. მიქიაშვილი. თბოელექტროსადგურების ტექნოლოგია. -თბილისი. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2019, 436 გვ.
4. А. П. Лапин, А.Гр. Лиознов и др. Когенерационная газотурбинная энергетическая установка. Патент RU 2528214 F02C7/08 <https://findpatent.ru/patent/252/2528214.htm>

SUMMARY

THE ELECTRIC POWER GAS TURBINE DEVICE RUNNING ON NATURAL GAS

Lobzhanidze G.M., Shalamberidze M.Sh., Tskipurishvili T.Z. and Papidze Z.A.

Akaki Tsereteli State University

The proposed device consists of a low-pressure compressor, a combustion cell, a gas turbine, and an electric generator. The combustion cell is presented as an easy-to-manufacture structure with a double cylindrical wall. It is cooled by the water supplied between the inner and outer cylinders. In a combustion cell with specific parameters, when burning up to 20 % of natural gas in the air, the force developed on the gas turbine blades amounted to 10.0 daN. The capacity of the electric generator corresponding to the action on the turbine blades with this force was calculated, which amounted to ≈1000 W.

Keywords: gas-turbine, combustion chamber, gaseous fuel, heat energy, electric generator, quality combustion, optimal mixture.

МЕШАЛКА ПОВЫШЕННОЙ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ

Кахиани М.Р., Размашишвили Г.Г.

Грузинский технический университет

В современной промышленности, для перемешивания жидкостей, эмульсий, суспензий, красок, растворов и др. продуктов, широко используются мешалки (мешальные и месильные устройства).

Основными критериями работы мешалки являются уменьшение циклового времени перемешивания, увеличение объема получаемого продукта от сырья и улучшение его качественных показателей, что достигается путем повышения интенсификации перемешивания.

С целью решения данной задачи были разработаны схемы мешалок, в планетарном приводе которых использованы некруглые колеса (рис. 1).

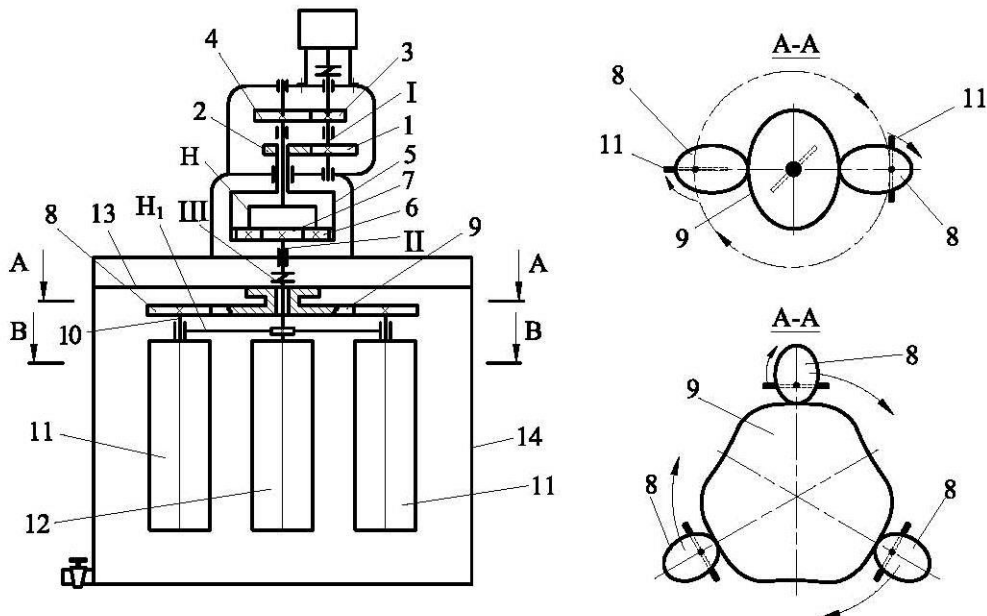


Рис. 1. Мешалка, повышающая интенсификацию перемешивания

Допустим, что для интенсификации процесса перемешивания требуется воспроизвести прерывистое возвратно-поступательное вращательное движение мешалок по закону, показанному на рис. 2, где $\varphi_{\text{вп.}}$ – переносное вращательное движение мешалок по направлению вращения часовой стрелки; $\varphi_{\text{наз.}}$ – переносное вращательное движение мешалок против направления вращения часовой стрелки. Для решения данной задачи в качестве привода используем замкнутую дифференциальную передачу.

При вращении электродвигателя (рис. 1) через муфту вращательное движение передается валу I, на котором жестко закреплены некруглое 1 и круглое 3 колеса. От колес 1, 2 колес 5, 6, 7, вала II, муфты, вала III вращательное движение с переменной угловой скоростью передается водилу H_1 . Одновременно с этим от колес 3, 4, водила H, колес 6, 7, вала II, муфты, вала III вращательное движение с постоянной угловой скоростью передается водилу H_1 . При вращении водила H_1 некруглые колеса 8, обкатываясь по неподвижно закрепленному некруглому колесу 9, через вал 10 мешалкам 11 сообщают переносное и относительное движения с переменной скоростью вокруг вала III и геометрической оси вала 10.

Для воспроизведения заданной функции необходимо определить радиус-векторы центроид колес 1, 2. Для этого используем методику, приведенную в работе [1].

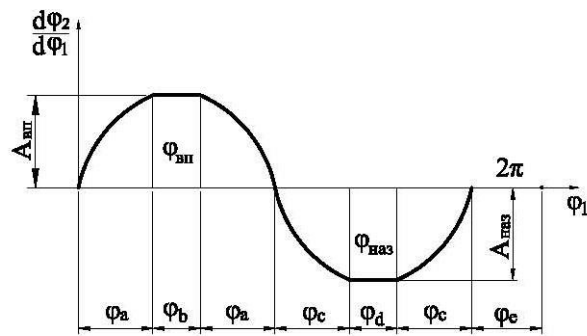


Рис. 2. Закон движения мешалок

Обозначим угловые скорости колес 1,2...7 и водила Н соответственно $\omega_1, \omega_1 \dots \omega_7$ и ω_H . Передаточное отношение дифференциала

$$u_{75}^H = \frac{\omega_7 - \omega_H}{\omega_5 - \omega_H},$$

откуда

$$\omega_7 = u_{75}^H \omega_5 + \omega_H (1 - u_{75}^H). \quad (1)$$

Из рис. 1 видно, что: $\omega_5 = \omega_2 = -u_{21} \omega_1$ или $\omega_5 = \frac{d\varphi_2}{dt} = -u_{21} \frac{d\varphi_1}{dt}$;

$\omega_H = \omega_4 = -u_{43} \omega_3 = -u_{43} \omega_1$ или $\omega_H = -u_{43} \frac{d\varphi_1}{dt}$, где: u_{21}, u_{43} – переменное и постоянное передаточные отношения колес 1, 2 и 3, 4; φ_1, φ_2 – углы поворота колес 1, 2.

Учитывая знак минус передачи u_{75}^H , уравнение (1) запишем в виде

$$\frac{d\varphi_7}{dt} = u_{75}^H \frac{d\varphi_2}{dt} - u_{43} (1 + u_{75}^H) \frac{d\varphi_1}{dt}, \quad (2)$$

где φ_7 – угол поворота колеса 7.

Тогда передаточное отношение дифференциала определится зависимостью

$$\frac{d\varphi_7}{d\varphi_1} = u_{75}^H \frac{d\varphi_2}{d\varphi_1} - u_{43} (1 + u_{75}^H). \quad (3)$$

Передаточное отношение некруглых колес запишем в виде

$$\frac{d\varphi_2}{d\varphi_1} = \frac{1}{u_{75}^H} \frac{d\varphi_7}{d\varphi_1} + u_{43} (1 + u_{75}^H), \quad (4)$$

Функция положения некруглого колеса 2 примет вид

$$\varphi_2 = \frac{1}{u_{75}^H} \int \frac{d\varphi_7}{d\varphi_1} d\varphi_1 + u_{43} \left(1 + \frac{1}{u_{75}^H} \right) \varphi_1 + C, \quad (5)$$

где C – постоянное интегрирования.

Ось φ_1 (рис. 2) разделим на участки $\varphi_a, \varphi_b, \varphi_c, \varphi_d, \varphi_e$, которые соответствуют углам поворота некруглого колеса 1 на соответствующем участке закона движения. Закон движения вала II-II запишем так:

первый участок: $0 \leq \varphi_1 \leq \varphi_a$

$$\frac{d\varphi_7}{d\varphi_1} = \frac{A_{гн}}{2} \left(1 - \cos \frac{2\pi\varphi_1}{\varphi_a} \right); \quad (6)$$

шестой участок: $2\varphi_a + \varphi_b + \varphi_c + \varphi_d \leq \varphi_1 \leq 2\varphi_a + \varphi_b + 2\varphi_c + \varphi_d$

$$\frac{d\varphi_7}{d\varphi_1} = \frac{A_{\text{наз}}}{2} \left\{ 1 + \cos \frac{\pi[\varphi_1 - (2\varphi_a + \varphi_b + \varphi_c + \varphi_d)]}{\varphi_c} \right\}; \quad (7)$$

седьмой участок: $2\varphi_a + \varphi_b + 2\varphi_c + \varphi_d \leq \varphi_1 \leq 2\varphi_a + \varphi_b + 2\varphi_c + \varphi_d + \varphi_e$

$$\frac{d\varphi_7}{d\varphi_1} = 0. \quad (8)$$

Из рис.1

$$\varphi_{\text{ен}} = \frac{1}{2} A_{\text{ен}} \varphi_a \cdot 2; \quad \varphi_{\text{наз}} = \frac{1}{2} A_{\text{наз}} \varphi_c \cdot 2,$$

определяем

$$A_{\text{ен}} = \frac{\varphi_{\text{ен}}}{\varphi_c + \varphi_e}; \quad A_{\text{наз}} = \frac{\varphi_{\text{наз}}}{\varphi_c + \varphi_d}. \quad (9)$$

Используя зависимости 5...8, передаточное отношение и функция положения некруглого колеса 2 определяются зависимостями:

для первого участка, передаточное отношение

$$\frac{d\varphi_2}{d\varphi_1} = \left\{ \frac{1}{2u_{75}^H} \frac{\varphi_{\text{ен}}}{\varphi_a + \varphi_b} + u_{43} \left(1 + \frac{1}{u_{75}^H} \right) \right\} - \frac{1}{2u_{75}^H} \frac{\varphi_{\text{ен}}}{\varphi_a + \varphi_b} \cos \frac{\pi\varphi_1}{\varphi_a},$$

откуда интегрированием и с учетом начальных условий функция положения

$$\varphi_2 = \left\{ \frac{1}{2u_{75}^H} \frac{\varphi_{\text{ен}}}{\varphi_a + \varphi_b} + u_{43} \left(1 + \frac{1}{u_{75}^H} \right) \right\} \varphi_1 - \frac{1}{2\pi u_{75}^H} \frac{\varphi_{\text{ен}}}{1 + \varphi_b/\varphi_a} \sin \frac{\pi\varphi_1}{\varphi_a}; \quad (10)$$

для шестого участка

$$\begin{aligned} \frac{d\varphi_2}{d\varphi_1} &= \frac{A_{\text{наз}}}{2u_{75}^H} \left[1 + \cos \frac{\pi(\varphi_1 - 2\varphi_a - \varphi_b - \varphi_c - \varphi_d)}{\varphi_c} \right] + u_{43} \left(1 + \frac{1}{u_{75}^H} \right); \\ \varphi_2 &= \left[\frac{A_{\text{наз}}}{2u_{75}^H} + u_{43} \left(1 + \frac{1}{u_{75}^H} \right) \right] (\varphi_1 - 2\varphi_a - \varphi_b - \varphi_c - \varphi_d) + \left[\frac{A_{\text{наз}}}{u_{75}^H} + u_{43} \left(1 + \frac{1}{u_{75}^H} \right) \right] \varphi_d + \\ &+ \left[\frac{A_{\text{ен}}}{2u_{75}^H} + u_{43} \left(1 + \frac{1}{u_{75}^H} \right) \right] 2\varphi_a + \left[\frac{A_{\text{ен}}}{u_{75}^H} + u_{43} \left(1 + \frac{1}{u_{75}^H} \right) \right] \varphi_b + \left[\frac{A_{\text{ен}}}{2u_{75}^H} + u_{43} \left(1 + \frac{1}{u_{75}^H} \right) \right] \varphi_c + \\ &+ \frac{\varphi_c}{2\pi u_{75}^H} A_{\text{наз}} \sin \frac{\pi(\varphi_1 - 2\varphi_a - \varphi_b - \varphi_c - \varphi_d)}{\varphi_c}; \end{aligned} \quad (11)$$

для седьмого участка

$$\begin{aligned} \frac{d\varphi_2}{d\varphi_1} &= u_{43} \left(1 + \frac{1}{u_{75}^H} \right); \\ \varphi_2 &= u_{43} \left(1 + \frac{1}{u_{75}^H} \right) \varphi_1 + \frac{1}{u_{75}^H} (\varphi_{\text{ен}} + \varphi_{\text{наз}}). \end{aligned} \quad (12)$$

Из зависимости (12)

$$u_{75}^H = \frac{\varphi_{\text{ен}} + \varphi_{\text{наз}} + u_{43}\varphi_1}{\varphi_2 - u_{43}\varphi_1}. \quad (13)$$

Среднее передаточное отношение некруглых колес примем $n=1$, тогда при повороте колеса 1 на угол $\varphi_1 = 2\pi$, колеса 2 тоже повернутся на угол $\varphi_2 = 2\pi$. Тогда, используя (13), можно написать:

$$\varphi_{\text{ен}} = 2\pi u_{75}^H (1 - u_{43}) - \varphi_{\text{наз}} - 2\pi u_{43}. \quad (14)$$

Для расчета радиус-векторов центроид некруглых колес используем зависимости

$$r_1 = a_w \frac{d\varphi_2/d\varphi_1}{(d\varphi_2/d\varphi_1)+1};$$

$$r_2 = a_w - r_1;$$

$$\varphi_2 = \int_0^{\varphi_1} u_{21}(\varphi_1) d\varphi_1,$$
(15)

где межосевое расстояние некруглых колес 1, 2 примем $a_w = 150$ мм.

Используя вышеприведенные зависимости, проведен расчет, для чего разработан алгоритм. При расчете приняты: $\varphi_a = 44^\circ$; $\varphi_b = 19^\circ$; $\varphi_c = 71^\circ$; $\varphi_d = 60^\circ$ и $\varphi_e = 51^\circ$. В таблице приведены часть расчета центроид некруглых колес и угла поворота ведомого колеса. Анализ полученных данных показывает, что ведомое звено дифференциала совершает симметричное реверсивное движение $\varphi_{\text{вп}} = \varphi_{\text{наз}} = 115^\circ$ по заданному на рис. 2 закону. На рис. 3 показано зацепление кругло-некруглых колес 1,2. На рис. 4 показана схема движения встречных потоков при перемешивании. Очевидно, что при возвратно-поступательном движении встречных потоков намного повысится интенсификация перемешивания, сократится время технологического цикла и улучшится качество получаемого продукта.

Часть расчета центроид некруглых колес и угла поворота ведомого колеса

φ_1^0	$r_1, \text{мм}$	$r_2, \text{мм}$	φ_2^0	φ_1^0	$r_1, \text{мм}$	$r_2, \text{мм}$	φ_2^0
0	73,9347	76,0563	0	180	63,5339	86,4661	207,794
45	92,9320	57,0680	58,5150	270	67,9343	82,0657	275,683
95	78,5145	71,4855	133,1410	360	73,9437	76,0563	360

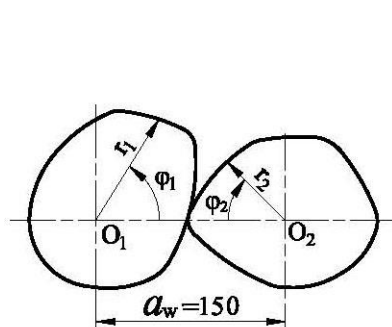


Рис. 3. Кругло-некруглые центроиды колес 1,2

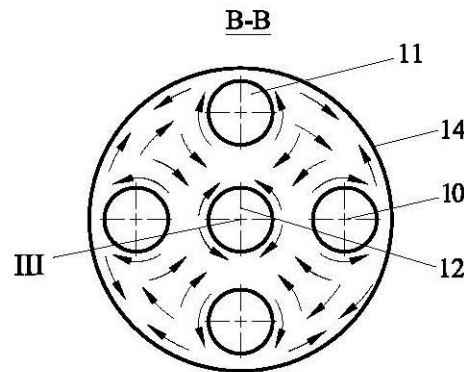


Рис. 4. Схема движения встречных потоков при перемешивании

ЛИТЕРАТУРА

1. Варсимашвили Р.Ш. Теория зацепления зубчатых передач с переменным передаточным отношением. –Тбилиси, Техн. Университет, 2008, 498 с.
2. Кубото Макао. Теория некруглых зубчатых колес нарезания некруглых колес и применение. Кикай по кэнкю, 1981, т. 13. № 3, сс. 483-488.
3. Варсимашвили Р.Ш., Кахиани М.Р. Планетарный привод мешального и месильного устройств. Патент 594 (Грузия). Б.И., 1997, № 1.

SUMMARY

HIGH INTENSIFICATION STIRRER MIXING

Kakhiani M.R. and Razmazishvili G.G.

Georgian Technical University

The schemes of mixing and kneading devices are considered, providing an increase in the intensification of mixing of different products due to the application of planetary gear-box with non-circular wheels. The dependences of angles of rotation and the radius-vectors of the centroid of non-circular wheels are stated. For the particular case, the calculation of parameters is carried out.

Keywords: schemes of mixing, stirrer, planetary gear-box, non-circular wheels, rotation.

НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЗУБЧАТЫХ ВАРИАТОРОВ

Кахиани М.Р., Беридзе Т.Р., Нозадзе Н.И.

Грузинский технический университет

К современным машин-автоматам часто предъявляются требование – необходимость регулирования скорости исполнительных органов в зависимости от изменяющихся свойств обрабатываемого объекта, условий технологического процесса загрузки машин и др. В таких случаях оптимальным решением является бесступенчатое регулирование скорости зубчатыми вариаторами. В статье предлагаются новые конструкции вариаторов трех различных рашений.

Первый случай.

Одноступенчатый зубчатый вариатор (рис. 1) состоит из ведомого прямозубого конического колеса 1, закрепленного жестко на ведомом валу 2. Зубья колеса 1 находятся в зацеплении с прямыми зубьями составного колеса 3, 4, жестко закрепленного на ведущем валу 5. Колеса 3, 4 (рис. 2) соединены посредством пружин 6, создающих момент

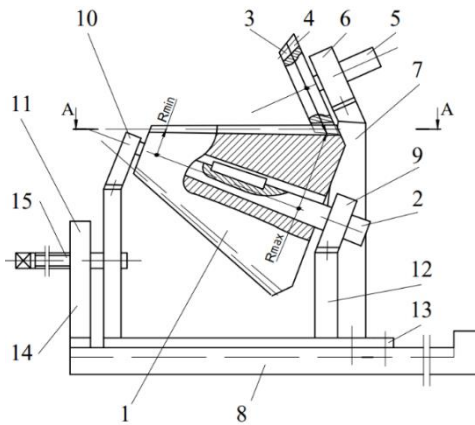


Рис. 1. Одноступенчатый вариатор с коническими зубчатыми колесами

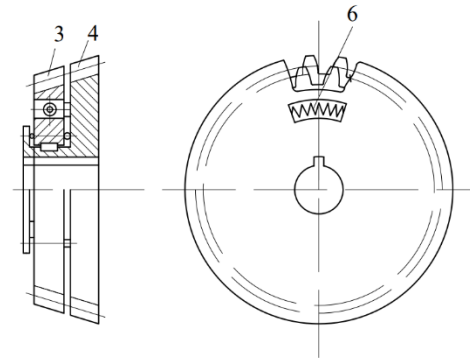


Рис. 2. Конструкция конического колеса с изменяющимся шагом

$M_{np} > M_c$, где M_c - момент сил сопротивления, приведенный к валу 5. Вал 5 установлен на подшипниках 6 и с помощью кронштейна 7 закреплен на неподвижной плите 8. Вал 2 при помощи подшипников 9, 10 и кронштейнов 11, 12 закреплен на салазке 13. Плита 8 и салазка 13 между собой соединены при помощи гайки 14 и винта 15. Вращением винта 15 салазка 13 и колесо 1 перемещаются по направлению А. При этом пружина 6, сжимаясь (растягиваясь), обеспечивает постоянный контакт боковых поверхностей зубьев колес 3, 4 и 2 (рис. 3). При перемещении колеса 1 в направлении А бесступенчато меняется соотношение радиусов контактных точек боковых поверхностей зубьев колес 3, 4 и 1, что обеспечивает, в определенном диапазоне, бесступенчатое изменение передаточного отношения.

Передаточное отношение максимальное, когда колеса 3, 4 находятся у большого торца колеса 1, минимальное, когда колеса 3, 4 находятся у меньшего торца колеса 1:

$$u_{\max} = \frac{R_{\max}}{r}; \quad u_{\min} = \frac{R_{\min}}{r}; \quad (1)$$

Диапазон регулирования

$$D = \frac{R_{\max}}{R_{\min}} \quad (2)$$

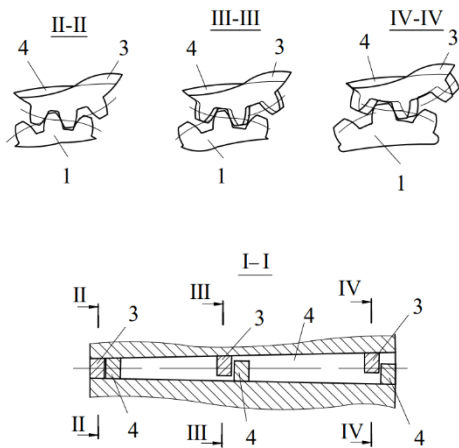


Рис. 3. Схема зацепления зубьев колес 3, 4 и 1 при перемещении колеса 1 по направлению А

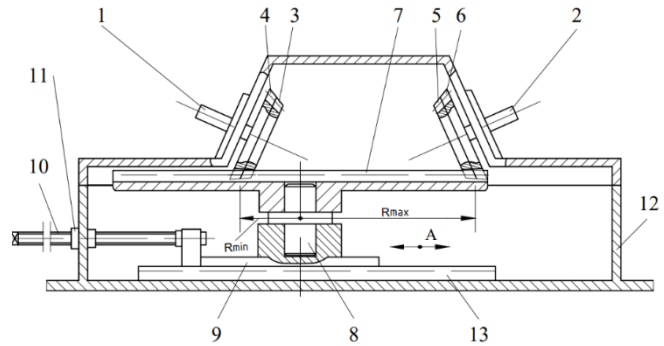


Рис. 4. Двухступенчатый вариатор с коническими зубчатыми колесами

Двухступенчатый конический зубчатый вариатор (рис. 4) состоит из ведущего 1 и ведомого 2 валов, на которых жестко закреплены составные ведущее 3, 4 и ведомое 5, 6 конические колеса, зубья которых находятся в зацеплении с зубьями плоского конического колеса 7, которое с возможностью вращения смонтировано на невращающейся оси 8, установленной в салазке 9. Салазка 9 через винт 10 и гайку 11 соединена с корпусом 12. Салазка 9, с возможностью перемещения, вставлена в направляющие 13 корпуса 12. При вращение винта 10 через салазку 9, ось 8 колесо 7 перемещается по направлению А.

Передаточные отношения, когда колеса 3, 4 и 5, 6 имеют одинаковые средние делительные радиусы, определяются зависимостями:

$$u_{\max} = \frac{R_{\max}}{R_{\min}}; \quad u_{\min} = \frac{R_{\min}}{R_{\max}}; \quad (3)$$

Диапазон регулирования

$$D = \frac{R_{\max}^2}{R_{\min}^2}. \quad (4)$$

Когда колдеса 3, 4 и 5, 6 имеют разные делительные средние радиусы $R_{вед}$, $R_{ведом}$ и $R_{вед} > R_{ведом}$, передаточные отношения имеют вид

$$u_{\max} = \frac{R_{ведом} R_{\max}}{R_{вед} R_{\min}}; \quad u_{\min} = \frac{R_{ведом} R_{\min}}{R_{вед} R_{\max}}; \quad (5)$$

Диапазон регулирования

$$D = \left(\frac{R_{ведом} R_{\min}}{R_{вед} R_{\max}} \right)^2. \quad (6)$$

Ведущий 1 и ведомый 2 валы вращаются в противоположных направлениях.

Четырехступенчатый конический зубчатый вариатор (рис. 5) состоит из ведущего 1 и ведомого 2 валов, на которых жестко закреплены ведущее 3, 4 и ведомое 5, 6 составные конические колеса, которые с возможностью вращения смонтировано в подшипниках 7, 8. На промежуточных валах 9, 10, которые, с возможностью вращения, смонтированы в подшипниках 11, 12, закреплены промежуточные составные конические колеса 13, 14 и 15, 16. Валы 9, 10 между собой соединены шарнирной муфтой 17. Зубья колес 3, 4 и 13, 14 находятся в зацеплении с зубьями плоского прямозубого конического колеса 18, а зубья колес 5, 6 и 15, 16 – с зубьями плоского прямозубого конического колеса 19. Колеса 18, 19 с возможностью вращения смонтированы на невращающихся осях 20, 21, которые вставлены в салазке 22. Салазка 22 через винт 23 и гайку 24 соединена с корпусом 25. Салазка 22, с возможностью перемещения по стрелке А, вставлена в направляющих 26 корпуса 25.

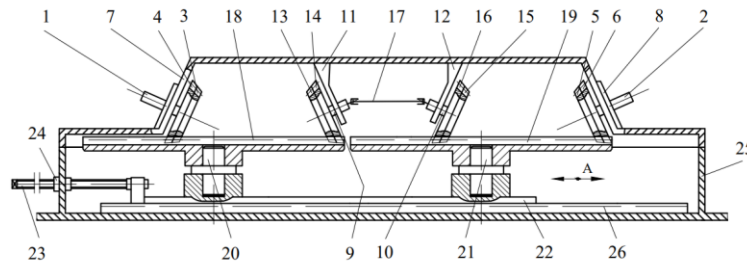


Рис. 5. Четырехступенчатый вариатор с коническими зубчатыми колесами

Ведущему валу 1 сообщим вращательное движение с постоянной скоростью, которое через колеса 3, 4, 18, 13, 14 вал 9, шарнирную муфта 17, вал 10, колеса 16, 15, 19, 5, 6 передается ведомому валу 2. Валы 1, 2 вращаются в одном и том же направлении. При вращении винта 23 через салазку 22, оси 20, 21 колеса 18, 19 перемещаются по направлению А. Передаточные отношения, когда колеса 3, 4; 13, 14; 15, 16 и 5, 6 имеют одинаковые средние делительные радиусы и колеса 18, 19 имеют одинаковые $R_{\max.}$, $R_{\min.}$, определяются зависимостями:

$$u_{\max} = \left(\frac{R_{\max}}{R_{\min}} \right)^2; \quad u_{\min} = \left(\frac{R_{\min}}{R_{\max}} \right)^2; \quad (7)$$

Диапазон регулирования

$$D = \left(\frac{R_{\max}}{R_{\min}} \right)^4. \quad (8)$$

Когда составные колеса имеют разные средние делительные радиусы: 3, 4 - $R_{3,4}$; 13, 14 - $R_{13,14}$; 15, 16 - $R_{15,16}$; 5, 6 - $R_{5,6}$ и колеса 18, 19 имеют одинаковые $R_{\max.}$, $R_{\min.}$, передаточные отношения определяются зависимостями:

$$u_{\max} = \frac{R_{3,4} R_{15,16} R_{\max}^2}{R_{5,6} R_{13,14} R_{\max}^2}; \quad u_{\min} = \frac{R_{5,6} R_{13,14} R_{\min}^2}{R_{3,4} R_{15,16} R_{\max}^2}; \quad (9)$$

Диапазон регулирования

$$D = \frac{R_{3,4}^2 R_{15,16}^2 R_{\max}^4}{R_{5,6}^2 R_{13,14}^2 R_{\max}^2}. \quad (10)$$

Одноступенчатый зубчатый вариатор (6) состоит из ведущего 1 и ведомого 2 валов, на которых жестко закреплены прямозубые ведущие составные сферические колеса 3, 4 и ведомое торoidalное колесо 5. Вал 1, возможностью вращения, смонтирован в подшипнике 6, закрепленном на оси 7. Ось 7, с возможностью поворота, установлена в подшипниках 8, 9. На конце оси 7 жестко закреплен маховик 10. При повороте маховика 10 бесступенчато меняются соотношения радиусов контактных точек боковых поверхностей зубьев колес 3, 4 и 5. Передаточные отношения определяются соотношениями

$$u_{\max} = \frac{R_{\max}}{r}; \quad u_{\min} = \frac{R_{\min}}{r}; \quad (11)$$

Диапазон регулирования

$$D = \frac{R_{\max}}{R_{\min}} \quad (12)$$

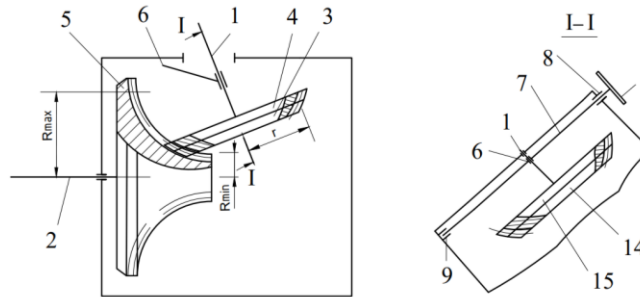


Рис. 6. Одноступенчатый зубчатый вариатор

Двухступенчатый вариатор (рис. 7) состоит из ведущего 1 и ведомого 2 валов, на которых жестко закреплены ведущее 3 и ведомое 4 прямозубые торoidalные колеса. На промежуточных валках 5, 6 закреплены составные сферические прямозубые колеса 7, 8 и 9, 10. Валы 5, 6 с , возможностью вращательного движения, смонтированы в подшипниках 11, 12, которые закреплены на вертикальных осях 13, 14. Оси 13, 14, с возможностью поворота, смонтированы в подшипниках 15, 16. На концах осей 13, 14 жестко закреплены зубья колеса 19, жестко закрепленного на втулке 20. Зубья колеса 19 при помощи зубьев паразитного колеса находятся в зацеплении с зубьями колеса 18. На втулке 20 жестко закреплен маховик 21. Втулка 20, с возможностью поворота, смонтирована на неподвижно закрепленной оси 22. Промежуточные валы 5, 6 между собой соединены шарнирной муфтой 23.

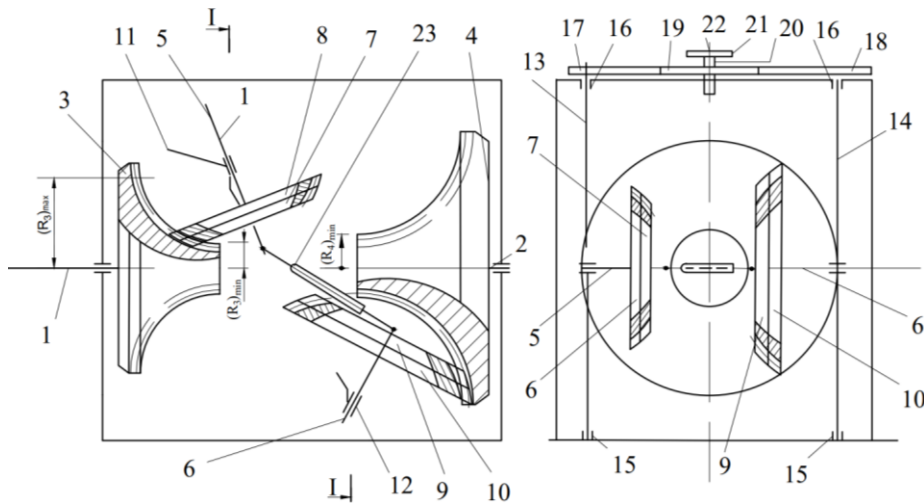


Рис. 7. Двухступенчатый вариатор

При повороте маховика 21 через колеса 19, 17 и 19, 18 , оси 13, 14 промежуточные валы 5, 6 колеса 7, 8 и 9, 10 поворачиваются вокруг осей 13, 14. При этом колеса 7, 8 располагаются около меньшего торца торoidalного колеса 3, а колеса 9, 10 – около большого торца колеса 4.

В другом случае 9, 10 расположены около меньшего торца колеса 4, а колеса 7, 8 около большого торца колеса 3 передаточные отношения

$$u_{\max} = \frac{r_{7,8}(R_4)_{\max}}{r_{9,10}(R_3)_{\min}} \quad , \quad u_{\min} = \frac{r_{7,8}(R_4)_{\min}}{r_{9,10}(R_3)_{\max}} \quad (13)$$

Диапазон регулирования

$$D = \frac{(R_3)_{\max} (R_4)_{\max}}{(R_3)_{\min} (R_4)_{\min}} \quad (14)$$

Второй случай.

Основными частями предложенных вариаторов являются равновысотные прямозубые конические зубчатые колеса (рис. 8) и равновысотные прямозубые полусферические колеса (рис. 9).

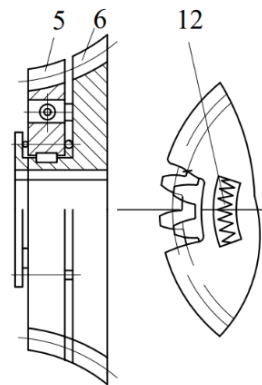


Рис. 8. Конические зубчатые колеса

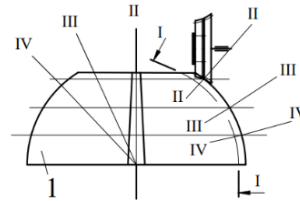


Рис. 9. Полусферические колеса

На коническом колесе (рис. 8), нарезаны равновысотные прямые зубья внутреннего зацепления с изменяющимися шагами, а радиус начальной поверхности равен радиусу R начальной сферической поверхности полусферического колеса с равновысотными прямыми зубьями наружного зацепления с изменяющимися шагами (рис. 9). Коническое колесо состоит из двух частей 5 и 6. На ступице колеса 6 с помощью подшипника качения 7, посажено колесо 5. Части 5 и 6 сопрягаются между собой посредством пружин 12, создающих момент $M_{np} > M_c$, где M_c – момент сил сопротивления, приведенных к валу конического колеса.

При перемещении колеса 5, 6 по направлению А, пружина 12 сжимаясь (растягиваясь) обеспечивает постоянный контакт боковых поверхностей зубьев колес 5, 6 (на рисунке колес 3 и 4) и 1 (рис. 3), при этом бесступенчато меняется соотношение радиусов контактных точек боковых поверхностей зубьев колес 5, 6 и 1, что обеспечивает в определенном диапазоне, бесступенчатое изменение передаточного отношения. Передаточное отношение максимальное, когда колесо 5, 6 находится у большого торца полусферического колеса.

Зубчатый вариатор (рис. 14) состоит из ведущего 3 и ведомого 4 колес жестко закрепленных на ведущем 1 и ведомом 2 валах. На промежуточных 5, 6 валах, соединенных друг с другом посредством колес 7, 8, вала 9, колес 10, 11, закреплены конические колеса 12, 13, составленные из двух частей и оснащенные равновысотными прямыми зубьями внутреннего зацепления с изменяющимися шагами (рис. 8). Зубья колес 3, 12 находятся в зацеплении с прямыми равновысотными зубьями наружного зацепления, с изменяющимися шагами, полусферического колеса 14. Зубья колес 4, 13 находятся в зацеплении с прямыми равновысотными зубьями наружного зацепления, с изменяющимися шагами, полусферического колеса 15. Радиусы полусферических колес 14, 15 могут быть равными или отличаться друг от друга, также радиусы начальных конусов колес 3, 12; 13, 4 могут быть равными, или отличаться друг от друга. Полусферические колеса 14, 15, с возможностью вращения расположены на оси 16, который с помощью цапф неподвижно зафиксирован в узком рычаге 17, имеющем сферическую форму. Рычаг 17 с помощью цапф, с возможностью вращения посажен в неподвижном корпусе 18 вариатора. На одной из цапф рычага расположен маховик 19.

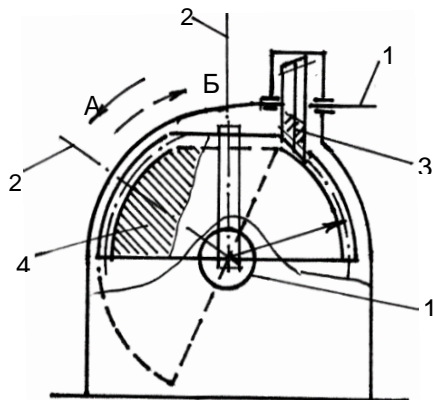


Рис. 3. Одноступенчатый вариатор

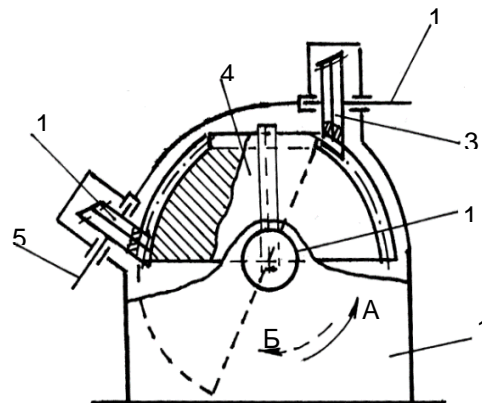


Рис. 4. Двухступенчатый вариатор

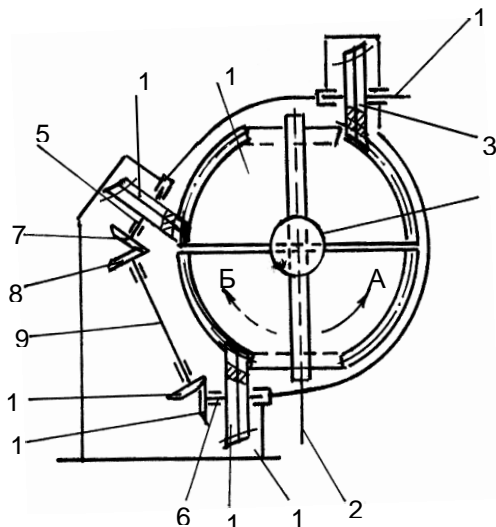


Рис. 5. Трехступенчатый вариатор

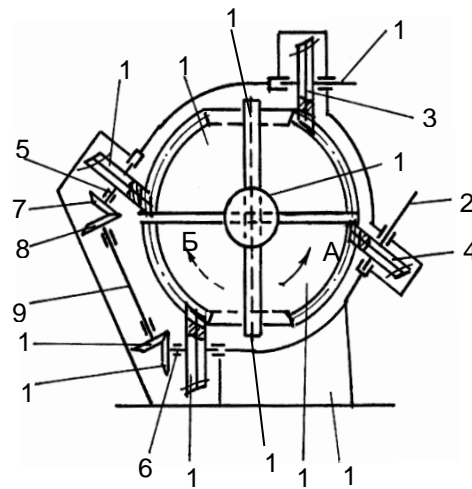


Рис. 6. Четырехступенчатый вариатор

Вариатор работает следующим образом: сообщим валу 1 вращательное движение с постоянной угловой скоростью. С помощью взаимозацепления боковых поверхностей зубьев колес 3, 14 и 14, 12, вращательное движение с постоянной угловой скоростью передается валу 5. От вала 5 с помощью колес 7, 8, вала 9, колес 10, 11, вала 6, взаимозацеплением боковых поверхностей зубьев колес 13, 15; 15, 4 вращательное движение с постоянной угловой скоростью передается валу 2. Плавно повернем маховик 19 сперва в «А», а потом в «Б» направлении. Следовательно пружины 12 колес 3, 13 (рис. 8) растянутся – зажмутся, а пружины колес 4, 12 зажмутся – растянутся, чем обеспечивается зацепление боковых поверхностей колес 3,14; 14,12; 13,15 и 15,4. Этими движениями меняется соотношение радиусов контактных линий боковых поверхностей зубьев, что в определенном диапазоне способствует изменению передаточного отношения.

Для расчета передаточного отношения и диапазона регулирования рассмотрим кинематические схемы приведенных вариаторов:

1) Для одноступенчатого вариатора:

$$U_{\text{мин}} = \frac{R \sin \varphi}{r}; \quad U_{\text{макс}} = \frac{R \sin \varphi_1}{r}; \quad D_1 = \frac{\sin \varphi_1}{\sin \varphi}.$$

2) Для двухступенчатого вариатора :

$$U_{\text{мин}} = \frac{r_2}{R \sin \varphi_1} \cdot \frac{R \sin \varphi}{r_1} = \frac{r_2 \sin \varphi}{r_1 \sin \varphi_1}; \quad U_{\text{макс}} = \frac{r_2}{R \sin \varphi} \cdot \frac{R \sin \varphi_1}{r_1} = \frac{r_2 \sin \varphi_1}{r_1 \sin \varphi}; \quad D_2 = \frac{\sin^2 \varphi_1}{\sin^2 \varphi}.$$

3) Для трехступенчатого вариатора:

$$U_{\text{мин}} = \frac{R \sin \varphi}{r_3} \cdot \frac{r_2}{R \sin \varphi_1} \cdot \frac{R \sin \varphi}{r_1} = \frac{r_2 R \sin^2 \varphi}{r_1 r_3 \sin \varphi_1};$$

$$U_{\text{макс}} = \frac{R \sin \varphi_1}{r_3} \cdot \frac{r_2}{R \sin \varphi} \cdot \frac{R \sin \varphi_1}{r_1} = \frac{r_2 R \sin^2 \varphi_1}{r_1 r_3 \sin \varphi}; \quad D_3 = \frac{\sin^3 \varphi_1}{\sin^3 \varphi}.$$

4) Для четырехступенчатого вариатора (рис. 7):

$$U_{\text{мин}} = \frac{r_4}{R \sin \varphi_1} \cdot \frac{R \sin \varphi}{r_3} \cdot \frac{r_2}{R \sin \varphi_1} \cdot \frac{R \sin \varphi}{r_1} = \frac{r_2 r_4 \sin^2 \varphi}{r_1 r_3 \sin^2 \varphi_1};$$

$$U_{\text{макс}} = \frac{r_4}{R \sin \varphi} \cdot \frac{R \sin \varphi_1}{r_3} \cdot \frac{r_2}{R \sin \varphi} \cdot \frac{R \sin \varphi_1}{r_1} = \frac{r_2 r_4 \sin^2 \varphi_1}{r_1 r_3 \sin^2 \varphi}; \quad D_4 = \frac{\sin^4 \varphi_1}{\sin^4 \varphi}.$$

Третий случай.

Для получения заданного закона переменного передаточного отношения возможно использовать передачи, зубчатые венцы ведущих и ведомых колес которых оснащены равновысокими зубьями полной и неполной длины, расположенными вдоль плоских или пространственных кривых, которые представляют себя функцию переменного передаточного отношения.

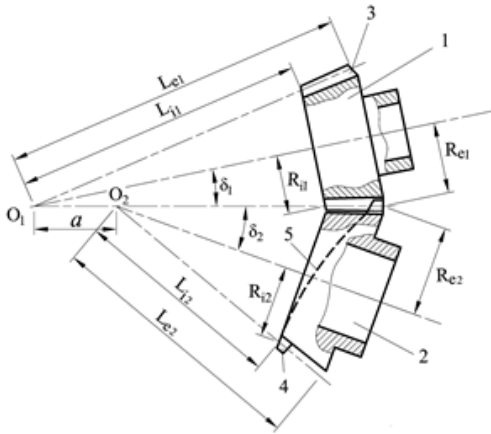


Рис.1.а

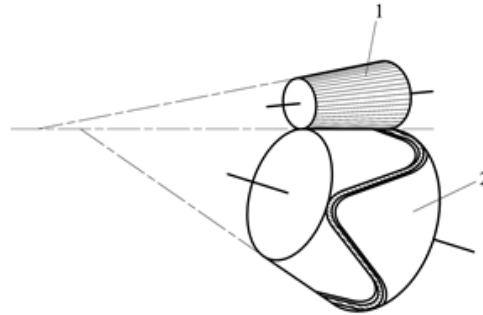


Рис.1.б

Четыреступенчатый вариатор скорости (рис. 14) состоит из ведущего 1, промежуточных 2, 3, ведомого 4 тороидальных колес и промежуточных сферических или эллипсоидных колес 5, 6, которые с возможностью вращения закреплены на неподвижной оси 7. Колеса 1, 2, 6 оснащены равновысокими прямыми зубьями 8 неполной длины, которые расположены вдоль пространственных кривых 9, 10, 11, которые представляют заданную функцию переменного передаточного отношения. Колеса 3, 4, 5 оснащены равновысокими прямыми зубьями 12 полной длины. Колеса 2, 3 между собой соединены посредством вала 13, 14, 15 и круглых конических колес 16, 17, 18, 19.

Передаточные отношения

$$U_{\max} = \frac{R_5 \cos \varphi_5}{r_{1 \min}} \cdot \frac{r_{2 \max}}{R_5} \cdot \frac{R_6 \cos \varphi_6}{r_{3 \min}} \cdot \frac{r_{4 \max}}{R_6} = \frac{r_{2 \max} \cdot r_{4 \max}}{r_{1 \min} \cdot r_{3 \min}} \cos \varphi_5 \cdot \cos \varphi_6,$$

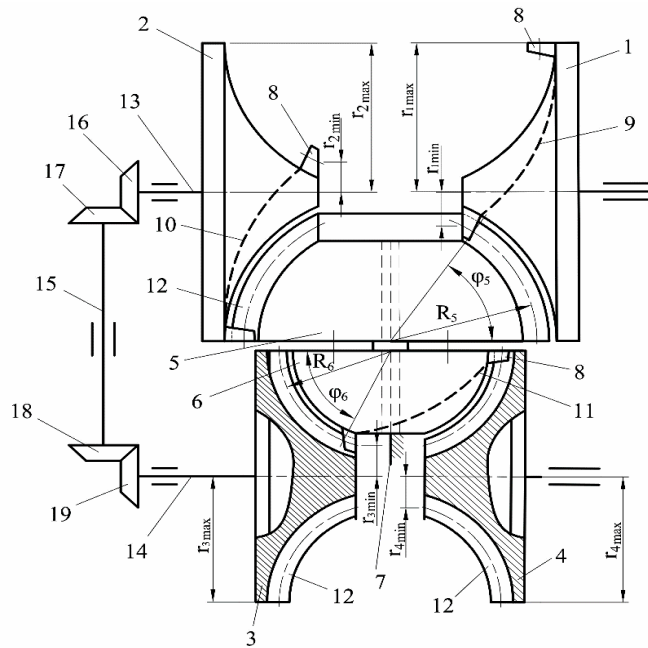
$$U_{\min} = \frac{R_5}{r_{1 \max}} \cdot \frac{r_{2 \min}}{R_5 \cdot \cos \varphi_5} \cdot \frac{R_6}{r_{3 \max}} \cdot \frac{r_{4 \min}}{R_6 \cdot \cos \varphi_6} = \frac{r_{2 \min} \cdot r_{4 \min}}{r_{1 \max} \cdot r_{3 \max}} \cdot \frac{1}{\cos \varphi_5 \cdot \cos \varphi_6}. \quad (15)$$

Диапазон регулирования

$$D = \frac{r_{1 \max} \cdot r_{2 \max} \cdot r_{3 \max} \cdot r_{4 \max}}{r_{1 \min} \cdot r_{2 \min} \cdot r_{3 \min} \cdot r_{4 \min}} \cdot \cos^2 \varphi_5 \cdot \cos^2 \varphi_6.$$

Если необходимо, чтобы ведомые колеса и валы, зубчатых передач и вариаторов скорости, с переменным передаточным отношением совершали вращательное движение переменнопостоянной угловой скоростью, то равновысокие зубья неполной длины должны быть расположены вдоль кривых, которые состоят из частей с изменяющимися и постоянными радиусами.

Если необходимо, чтобы ведомые колеса и валы передачи осуществляли вращения разными законами передаточного отношения, то зубья неполной длины должны быть расположены вдоль различных кривых, которые представляют разные функции заданного закона переменного передаточного отношения. Кривая, составленная из частей, соответствующих разным функциям переменного передаточного отношения располагается на начальной поверхности ведущего или ведомого колес.



რის. 14. ოთხრესტუენჩატი ვარიორ სკორისტი

ოთხრესტუენჩატი ვარიორ (რის. 14) რორბატი სლუდოუმი ობორბო. კოლესუ 1 სოობშიწ ვრატატილნი დვიჟენი ს პოსტოიანი უღოვი სკორისტიო. პოსრედსტოვი ჯაეღლენი ბოკოვი სოვრხოწი ჯუბევი პოლი 12 ნი პოლი 8 დლინი კოლეს 1, 5, 2, კოლესუ 2 სოვრხოტი ვრატატილნი დვიჟენი ს პერემენი უღოვი სკორისტიო, კორო სოსრედსტოვი ვოლვი 13, 14, 15, კოლეს 16, 17, 18, 19, ვოიზოჯაეღლენი ბოკოვი სოვრხოწი ჯუბევი პოლი 12 ნი პოლი 8 დლინი კოლეს 3, 6 ბ 6, 4 პერედატი ვედომო კოლესუ 4, კორო სოვრხოტი დვიჟენი სუმარნი პერემენი უღოვი სკორისტიო.

პრედლოენნი კონსტრუკციი ჯუბატი ვარიორვი პოვოლიწ ნამოწო უმენიწიტი დინამიკისტი კარაქტისტიკი ვარიორვი.

ლიტერატურა

1. ვარსიმაშვილი რ.შ. თეორიი ჯაეღლენი ჯუბატი პერედატი ს პერემენი პერედატიწო ობორბოწი. –თბილისი, ტეხნიკისტი უნივერსიტი, 2008, 497 ს.
2. ლივინი ფ.ლი. თეორიი ჯუბატი ჯაეღლენი. – მოსკოვი: ნაუკა, 1968, 484 ს.
3. ვარსიმაშვილი რ.შ., კახიანი მ.რ. პატენტი 651/01 ოტი 17.08.2012. საკპატენტი, გრუჯია.
4. ვარსიმაშვილი რ.შ., კახიანი მ.რ., კახიანი ა.რ. ჯუბატი ვარიორვი სო სფერისკისტი კოლესი. //Georgiam Engineering News, 2010, № 2(54), სს. 49-53.
5. რ.ვარსიმაშვილი, მ.კახიანი, ზ.ვარსიმაშვილი. რ.კახიანი, ა.კახიანი. სიქარის ვარიორი. პატენტი 5888. გამოგონება 13.08.2013წ. საქპატენტი ს ბიულეტენი. საქართველო.
6. ვარსიმაშვილი რ.შ., კახიანი მ.რ. ჯუბატი ვარიორვი ს ნოვიმი პერედატიწი პერემენი პერედატიწო ობორბოწი. //Georgiam Engineering News, 2016, № 4, vol.76, სს.72-75.

SUMMARY

NEW DESIGNS OF GEAR VARIATORS

Kakhiani M.R., Beridze T.R. and Nozadze N.I.

Georgian Technical University

Modern automatic machines are often subject to a requirement - the need to regulate the speed of the executive bodies depending on the changing properties of the object being processed, the conditions of the technological process of loading the machines, etc. In such cases, the optimal solution is stepless regulation with gear variators. The article proposes new designs of variators of three different solutions.

Keywords: gears, gear variators, stepless regulation, teeth.

მუნიციპალური მყარი ნარჩენების გადამუშავება

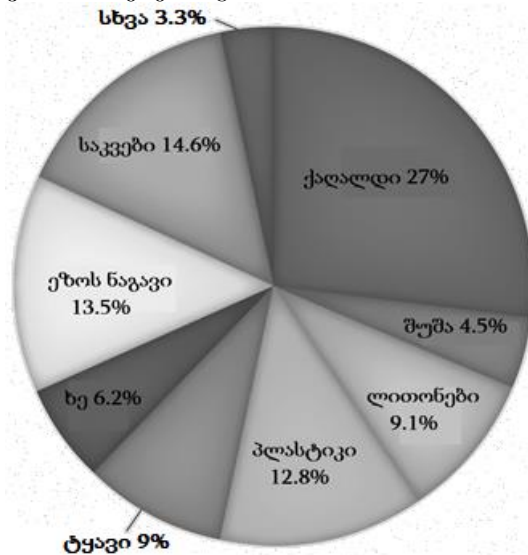
ნებიერიძე ნ.გ., ცინაძე ზ.ო., ბაგრატიონ-დავითაშვილი ა.ნ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მუნიციპალური მყარი ნარჩენები (მმნ) – უფრო ხშირად ცნობილი როგორც ნაგავი – შედგება ყოველდღიური ნივთებისგან, რომლებსაც ვიყენებთ და შემდეგ ვყრით, როგორცაა პროდუქტის შეფუთვა, ბალახის ნარჩენები, ავეჯი, ტანსაცმელი, ბოთლები, საკვების ნარჩენები, გაზეთები, ტექნიკა, საღებავი და ბატარეები. ეს მოდის ჩვენი სახლებიდან, სკოლებიდან, საავადმყოფოებიდან და ბიზნესიდან [1].

მუნიციპალური მყარი ნარჩენების მოცულობა, რომელიც თანამედროვე საზოგადოების მნიშვნელოვანი გვერდითი პროდუქტია, უფრო სწრაფად იზრდება, ვიდრე ურბანიზაციის ტემპი და მნიშვნელოვან საფრთხეს წარმოადგენს მოსახლეობის ჯანმრთელობისათვის [1].

მუნიციპალური მყარი ნარჩენების ნაკადში ნარჩენები იყოფა ორ კატეგორიად: არაორგანული და ორგანული. ორგანული კატეგორია ძირითადად შედგება საკვებისა და ხის ნარჩენებისაგან, ხოლო არაორგანული – ლითონების, პლასტმასის, ქაღალდის, შუშის და „სხვა“ ნარჩენებისგან (ნახ. 1) [2].



ნახაზი 1. მთლიანი მმნ-ის გენერაცია მასალის მიხედვით (254 მილიონი ტონა)

არსებობს ნარჩენების დამუშავების მრავალი განსხვავებული ტექნოლოგია სხვადასხვა ტიპის ნარჩენებისგან განკარგვის, გადამუშავების, შენახვის ან ენერჯის აღდგენისთვის. თითოეულ ტიპს აქვს ნარჩენების მართვის საკუთარი ასოცირებული მეთოდები.

მუნიციპალური მყარი ნარჩენების გადამუშავება შეიძლება მოიცავდეს მექანიკურ, თერმულ ან ბიოლოგიურ დამუშავებას ან მათ კომბინაციებს. ნარჩენების დამუშავების მიზანია გადამუშავებადი ნივთიერების აღდგენა, ნარჩენებიდან ენერჯის მოპოვება ან ნარჩენების მახასიათებლების გაუმჯობესება [3].

ქვემოთ განიხილება ზოგიერთი ტიპის მუნიციპალური ნარჩენების გადამუშავების ტექნოლოგია.

ხის ნარჩენების გადამუშავება

ხის ნარჩენების ძირითადი წყაროა ხე-ტყის გადამამუშავებელი საამქროები და ხის გადამამუშავებელი ქარხნები. გარდა ამისა, ხის ნარჩენები წარმოიქმნება ხეების სანიტარული ჭრისას, ქუჩებში, პარკებში, სკვერებში, ბულვარებსა და ტყე-პარკებში მწვანე სივრცეების მოვლის პროცესში.

ქალაქებში წარმოქმნილი მუნიციპალური ნარჩენები ასევე შეიცავს დიდი რაოდენობით ხის ნარჩენებს.

ხის ნარჩენები გამოიყენება სხვადასხვა მიზნით.

მერქან-ბოჭკოვანი ფილის (მბფ) წარმოებისთვის ძირითადად გამოიყენება წიწვოვანი ხეების გადამუშავების ნარჩენები. მბფ-ს წარმოებისთვის ძირითადად იყენებენ ტექნოლოგიურ და შეშისთვის ვარგის ხეებს, ხის დასამუშავებელ ქარხნებში ხის დამუშავებისა და ფანერების წარმოებისას წარმოქმნილ ბურბუშელას და სხვ [4].

მერქან-ბურბუშელოვანი ფილის (მბშფ) დამზადების ტექნოლოგია შედგება შემდეგი ეტაპებისგან: ნედლეულის დახარისხება, ბურბუშელად ან ნაფოტებად დაქუცმაცება, დაქუცმაცებული ხის გამოშრობა, შემკვრელ ნივთიერებებთან შერევა, ბურბუშელის ხალიჩის შექმნა, მისი პაკეტებად დაჭრა, დაწნეხვა, ფილების შემოჭრა, გაშრობა, დახარისხება და შემდგომი დასაწყობება.

სამშენებლო სფეროში ხის რაციონალური გამოყენების ყველაზე მნიშვნელოვანი მიმართულებაა ხეზე დაფუძნებული სხვადასხვა ბეტონის წარმოება, როგორცაა არბოლიტი (ხის ბეტონი), ფიბროლიტი (ბოჭკოვანი რკინაბეტონი), ნახერხის ბეტონი (ჩიპბეტონი), კოროლიტი, კოსტროლიტი [5].

ეკოლოგიურად სუფთა, იაფი სამშენებლო მასალების მიღება, რომლებიც არ შეიცავენ ისეთ დესორბციული თვისებების მქონე ქიმიკატებს, როგორცაა ფენოლ-ფორმალდეჰიდის ფისები – წარმოადგენს სამშენებლო მასალათმცოდნეობის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პრობლემას.

დადგენილია, რომ ავეჯის წარმოებასა და საბინაო მშენებლობაში გამოყენებული ისეთი ფართოდ გავრცელებული მასალები, როგორცაა მერქან-ბურბუშელოვანი ფილა (მბშფ), მერქან-ბოჭკოვანი ფილა (მბფ), მიღებული ფენოლ-ფორმალდეჰიდის ფისების გამოყენებით, გამოყოფენ თავისუფალ ფენოლს, ფორმალდეჰიდს დასაშვებ ზღვრულ კონცენტრაციაზე ათჯერ მეტი დოზით და წარმოადგენენ კანცეროგენურად საშიში ნივთიერებებს. ამიტომ აუცილებელია ალტერნატიული ეკოლოგიურად სუფთა და იაფი მოსაპირკეთებელი მასალების შემუშავება.

ხის ნარჩენების გამოყენების ერთ-ერთი პერსპექტიული სფეროა ისეთი ფილების წარმოება, რომლებშიც არ არის პოლიმერული შემკვრელები, მაგალითად – პლასტიკატები. პლასტიკატების გამოყენება შეიძლება მშენებლობაში, იატაკის, ჩაშენებული ავეჯის მოსაწყობად და სხვა დანიშნულებით [6].

პლასტიკატების წარმოების ტექნოლოგიური პროცესი მოიცავს ხის ნაწილაკების მომზადებას, გაშრობას და დოზირებას, ხალიჩის (ფილის) ფორმირებას, ხალიჩის (ფილის) ცივად წინასწარ დაწნეხვას, ცხლად დაწნეხვას და დაწნეხვის მოხსნის გარეშე გაშრობას და კიდეების შემოჭრას.

პიესოთერმოპლასტიკა არის ფილის ისეთი მასალა, რომელიც მიიღება დაქუცმაცებული ხის მაღალ წნევაზე და ტემპერატურაზე, შემკვრელების გარეშე, დამუშავებით. არსებობს წარმოების ორი მეთოდი: ხის ნარჩენების წინასწარი დამუშავების გარეშე და დაწნეხვამდე მათი ცხელი წყლით ან ორთქლით ჰიდროდამუშავებით.

შემუშავებულია ახალი, ეკოლოგიურად სუფთა, ხის პლასტიკური კომპოზიტის WPC პანელების წარმოების მაღალეფექტური მეთოდები, რომლის საწყისი მასალაა ნახერხი, ნაფოტები და სხვა მცენარეული ნარჩენები, თერმოპლასტიკა (პოლიეთილენი, პოლიპროპილენი, პოლივინილ ქლორიდი და ა.შ.) და მათი ნარჩენები. ხის პლასტიკური კომპოზიტისგან დამზადებული პროდუქცია ეკოლოგიურად აბსოლუტურად სუფთაა, აქვს მაღალი სიმტკიცე და საექსპლუატაციო მახასიათებლები, აქვს წყლის დაბალი შთანთქმის უნარი, არის ბიოლოგიურად მდგრადი (არ ნადგურდება ბაქტერიებით, სოკოებითა და ტერმიტებით) და ადვილად დასამუშავებელია. ხის პლასტიკური კომპოზიტის პროდუქტების ფიზიკურ-მექანიკური და საექსპლუატაციო მახასიათებლები უფრო მაღალია, ვიდრე მერქან-ბურბუშელოვანი ფილის, მერქან-ბოჭკოვანი ფილის, აზბესტის ფილების და ხის საექსპლუატაციო მახასიათებლები. ხის პლასტიკური კომპოზიტის მიღების შემუშავებული ტექნოლოგია შესაძლებელს ხდის კომპოზიტში გამოვიყენოთ 80–85%-მდე ხის ნარჩენები. ხის პლასტიკური კომპოზიტის დამუშავების ტექნოლოგია იძლევა გამოწნეხვის, დაწნეხვის და ჩამოსხმის პროცესების

გამოყენების საშუალებას. ასე, რომ, შესაძლებელი ხდება ნებისმიერი ფორმისა და კონფიგურაციის პროდუქტების წარმოება.

განხილული მასალებიდან შეიძლება მივიღოთ სამშენებლო ღობეების კონსტრუქციები და მოსაპირკეთებელი მასალები, მათ შორის მოსაპირკეთებელი და ავეჯის დაფები, პლინტუსები, საპირეები, ფანჯრის რაფები, შენობების შიდა ტიხრები, ვიტრაჟები, შიდა და გარე კარბები, იატაკისა და ჭერის მოსაწყობი ელემენტები და ა.შ.

ხის გადამუშავების ნარჩენები შეიძლება გამოყენებულ იქნას ტექნიკური ნახშირბადის წარმოებაში, რომელიც გამოიყენება როგორც სორბენტი წყლის დამუშავებაში, ასევე ნავთობპროდუქტებისა და გაზპროდუქტების დარგებში.

60-იანი წლების დასაწყისში შემუშავდა და ფართოდ იქნა დანერგილი ხის მწვანე ნაწილებისგან ვიტამინური ფქვილის წარმოება, ცხოველთა კომბინირებული საკვების კაროტინით გამდიდრების მიზნით [7].

წიწვოვანი ქლოროფილო-კაროტინის პასტა – არის სამკურნალო პრეპარატი, რომელიც შეიცავს ცხიმში ხსნად ვიტამინებს და ფიჭვის ანტიმიკრობულ ნივთიერებებს. პასტის მიღების მეთოდი მდგომარეობს ფიჭვის წიწვებიდან ფისოვანი ნივთიერებების ამოღებაში, მათი ტუტე წყალხსნარით დამუშავების საშუალებით.

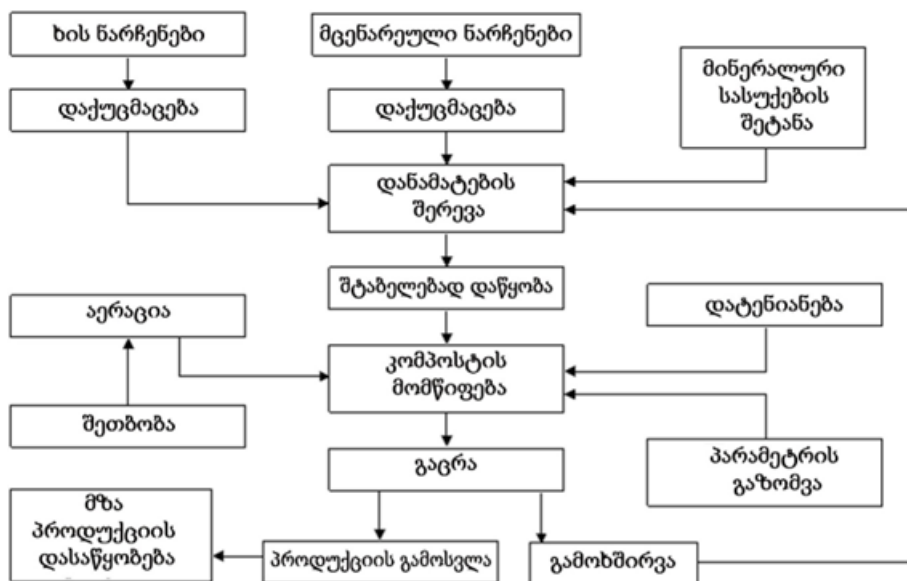
მსოფლიოში წიწვოვანი ხეების მწვანე ნაწილების გადამუშავების მნიშვნელოვანი წილი მოდის ეთერზეთების წარმოებაზე.

ფიჭვის წიწვები შეიძლება გამოყენებულ იქნას კანიფოლის, სკიპიდარის, ხის ფისის, ფიჭვის ხეთების წარმოებისთვის [8].

ხის ფქვილი – არის ხის მშრალად დაფქვის პროდუქტი. იგი გამოიყენება როგორც შემავსებელი, საფილტრი მასალა და შთამნთქმელი სხვადასხვა დარგებში. ხის ფქვილი შეიძლება დამზადდეს წიწვოვანი ხეებისგან, ფოთლოვანი ხეებისგან და მათი ნარჩენებისგან.

მწვანე მასას იყენებენ ბაღებსა და სანერგეებში მავნებლების, მღრღნელებისა და კურდღლების წინააღმდეგ ბრძოლის საშუალებების წარმოებაში.

ხის მერქნისა და მწვანე მასის ნარჩენების გადამუშავების ერთ-ერთი მარტივი და ხელმისაწვდომი მეთოდია ღია ადგილზე მათი შტაბელუბად კომპოსტირების მეთოდი (საველე მეთოდი). შტაბელუბად კომპოსტირება (საველე მეთოდი) ხორციელდება ბუნებრივ პირობებში სპეციალურად გამოყოფილ ადგილებში, რომელთა ზომები და ტექნოლოგიური აღჭურვილობა განისაზღვრება დასამუშავებელი ნარჩენების შემადგენლობითა და მოცულობით. ხის მერქნისა და მწვანე მასის ნარჩენების სპეციალურად გამოყოფილ ადგილებში შტაბელუბად კომპოსტირებით დამუშავების ტექნოლოგიური პროცესის სქემა ნაჩვენებია ნახ. 2-ზე.



ნახაზი 2. ხის მერქნისა და მწვანე მასის ნარჩენების გადამუშავების ტექნოლოგიური პროცესი

ტექსტილის ნარჩენების გადამუშავება

ტექსტილის ნარჩენები იყოფა წარმოების ნარჩენებად და საყოფაცხოვრებო ნარჩენებად.

ტექსტილის წარმოების ნარჩენები არის ბოჭკოების, ძაფების, ქსოვილებისა და ტანსაცმლის წარმოების ტექნოლოგიური პროცესების შედეგად წარმოშობილი ნარჩენები [9].

ტექსტილის საყოფაცხოვრებო ნარჩენები არის უვარგისი ტანსაცმელი, რომელიც საბოლოოდ ხვდება მუნიციპალურ ნარჩენებში და შეადგენს მის 4–6%.

ტექსტილის წარმოების ნარჩენები ნედლეულის ტიპის მიხედვით იყოფა 3 ძირითად ჯგუფად:

- ტექსტილის ნარჩენები ბუნებრივი ნედლეულისგან (ბამბის ქსოვილი, ნართი ქსოვილი, შალის ქსოვილი, ბუნებრივი აბრეშუმი);
- ტექსტილის ნარჩენები ქიმიური ნედლეულისგან (საქსოვი ძაფები, ხელოვნური და სინთეტიკური ქსოვილები);
- ტექსტილის ნარჩენები შერეული ნედლეულისგან (ნარეკები, რომლებიც დაფუძნებულია ბუნებრივ და ქიმიურ ქსოვილებზე).

შემდგომი გამოყენების მიხედვით, ტექსტილის დარგის ნარჩენები იყოფა შემდეგ ჯგუფებად:

- ქსოვის შედეგად წარმოშობილი ნარჩენები. ნართის წარმოებაში გამოიყენება ძირითად ნედლეულთან ნარევი;
- ბამბის ნარჩენები – ბამბის დამუშავებისას გამოიყენება ძირითად ნედლეულთან ნარევი;
- არანაქსოვი ტექსტილის მასალებად დამუშავების შედეგად წარმოშობილი ნარჩენები;
- არანაქსოვი პროდუქციის წარმოების ნარჩენები. გამოიყენება ქსოვილების რულონების სახით წარმოებისას.

ტექსტილის ნარჩენები წარმოიშობა ტექსტილის საწარმოებში ტექნოლოგიური ხაზის სხვადასხვა ეტაპზე.

ბამბეული პროდუქტების საწარმოებში, ბამბის გადამუშავების პროცესში, აგრეთვე დართვის, ქსოვის, ქსოვილისთვის მატერიის სახის მიცემის მრეწველობაში წარმოიქმნება ბამბის ნარჩენები, რომელთა უმეტესობას გამოიყენებენ საკუთრივ ტექნოლოგიურ ციკლში.

მატყლის წარმოების მრეწველობის ნარჩენები არის მატყლის პირველადი დამუშავების, შალის ძაფის, შალის ქსოვილების წარმოების დროს წარმოქმნილი ნარჩენები, რომელთაგან ზოგი გამოიყენება საკუთრივ ტექნოლოგიურ ციკლში, ხოლო ზოგი კი – როგორც მეორადი ნედლეული.

ტრიკოტაჟის მრეწველობაში ნარჩენები წარმოიქმნება ნართის დამუშავებისას, ნაქსოვი ქსოვილებისა და მისგან პროდუქტების დამზადებისას, რომელთა უმეტესობა გამოიყენება, როგორც მეორადი ნედლეული [10].

სამკერვალო მრეწველობაში ნარჩენები წარმოიქმნება მასალების მომზადებისა და ტანსაცმლის ნაწილების მოჭრის პროცესში და რომელიც გამოიყენება როგორც მეორადი ნედლეული მეორადი ტექსტილის მასალების წარმოებისას.

ტექსტილის ნარჩენების გადამუშავების ნებისმიერი ტექნოლოგია მოიცავს მეორადი ტექსტილის ნედლეულის მომზადებას, რომლის ოპერაციების შემადგენლობა დამოკიდებულია ნედლეულის წყაროზე და მის შემდგომ გამოყენებაზე. მოსახლეობისგან შემოსული ნედლეული ექვემდებარება დეზინფექციას, მტვრის მოცილება, დახარისხებას, რეცხვას ან ქიმწმენდას, ჭრას, ხოლო წარმოებიდან მომდინარე მეორადი ტექსტილის ნედლეულის მომზადებისას, ისეთი ოპერაციები, როგორცაა დეზინფექცია, მტვრის მოცილება, რეცხვა ან ქიმწმენდა გამოირიცხება [10].

წარმოებისა და საყოფაცხოვრებო ტექსტილის ნარჩენების უმეტესი ნაწილი გამოიყენება, როგორც მეორადი ნედლეული არანაქსოვი ქსოვილების წარმოებაში.

არანაქსოვი მასალების წარმოების ტექნოლოგიური პროცესი შედგება 4 ეტაპისგან:

- ქსოვილის მომზადება (დეფიბრაცია, გაწმენდა, შერევა);

- ქსოვილისგან მატერიის ფორმირება;
- ქსოვილებისგან მატერიის წარმოება;
- მიღებული მასალის დამუშავება და საბოლოო სახის მიცემა.

ტექსტილის წარმოებისა და საყოფაცხოვრებო ნარჩენებისგან მიღებული პროდუქციის რაოდენობა არის უამრავი: სხვადასხვა დანიშნულების სარჩულის მასალები, თოკები, ბაწრები, თასმები, ლენტები, ტომრის ქსოვილები და სხვა ნაკეთობები [11].

ნართის მრეწველობის ნარჩენებისგან დამზადებული პროდუქტები შეიძლება წარმოდგენილი იყოს ნართნაკერიანი უქსოვი და ნემსით ნაქსოვი მასალებით.

აბრეშუმის მრეწველობის ნარჩენები გამოიყენება არანაქსოვი პროდუქტების წარმოებისთვის. ტრიკოტაჟის წარმოების ნარჩენებისგან მზადდება 200-ზე მეტი სახის პროდუქტი.

ნარჩენებისგან მიღებული არანაქსოვი მასალები გამოიყენება სამკერვალო მრეწველობაში, როგორც სარჩულის მასალა; ფეხსაცმლის წარმოების დარგში – ფეხსაცმლის სარჩულების და სახლის ფეხსაცმლის ზედა ნაწილის მასალა; ავეჯის წარმოების დარგში – შემავსებელი მასალები რბილი ავეჯის წარმოებისას; მშენებლობაში – იატაკის დაგება, შუასადების და საიზოლაციო მასალების და სხვა სამშენებლო სამუშაოების შესრულებისას [11].

ტყავის ნარჩენები და მათი გადამუშავება

ტყავის ნარჩენები იყოფა ტყავის წარმოების, ფეხსაცმლის წარმოებისა და საყოფაცხოვრებო ნარჩენებად.

ტყავის და ფეხსაცმლის წარმოების ნარჩენები არის ტყავის, ქურქის, ნახევარფაბრიკატების ნარჩენები, იმ მასალების ნარჩენები, რომლებიც წარმოიქმნება საწყისი მასალის გადამუშავების პროცესში. ამ ტიპის ნარჩენები იყოფა დაბრუნებად, გამოყენებულ და გამოუყენებელ ნარჩენებად უშუალოდ ამ წარმოებაში, არადაბრუნებად ნარჩენებად [12].

დაბრუნებადი ნარჩენებია ისეთი ნარჩენები, რომლებიც გამოიყენება უშუალოდ წარმოებაში, რომლებიც თავად საწარმოს შეუძლია გამოიყენოს ძირითადი ან დამხმარე წარმოების პროდუქტების დასამზადებლად: დაუმუშავებელი ნარჩენები (ტყავის კიდები და ა. შ.). დაბრუნებადი ნარჩენებია ისეთი ნარჩენები, რომლებიც არ გამოიყენება წარმოებაში, რომლებიც შეიძლება მოიხმაროს თავად საწარმომ, მხოლოდ როგორც საწვავი ან მიჰყიდოს სხვებს: ქრომის ბურბუშელა, ტყავის ნაჭრები ფეხსაცმლის ძირისთვის და სხვა ნარჩენები.

არადაბრუნებადი ნარჩენებია ისეთი ნარჩენები, რომლებიც არ შეიძლება გამოყენებულ იქნას მოცემულ ტექნოლოგიაში – ტექნოლოგიური დანაკარგები, რომლებიც დაკავშირებულია შეკუმშვასთან, აორთქლებასთან, ცილების გახსნით გამხსნელებში, სხვა ქიმიურ მასალებში, წყლით გამორეცხვასთან, რომლებიც იღვრება საკანალიზაციო არხებში და ა.შ.

გარდა ამისა, ტყავის და ფეხსაცმლის მრეწველობის ნარჩენები კლასიფიცირდებიან:

ტყავის წარმოების ნარჩენები და ფეხსაცმლის წარმოების ნარჩენები წარმოების სახეობების მიხედვით [12].

ტყავის ნედლეულის სახეობების მიხედვით არსებობს: მსხვილფეხა პირუტყვის, ცხენის, აქლემის, თხისა და ცხვრის ნარჩენი ტყავი, ღორის ტყავი და სხვა სახის ტყავის ნედლეული.

ფორმირების სტადიის მიხედვით არსებობს: გათრიმული და გაუთრიმავი ნარჩენები. გაუთრიმავი ნარჩენები – არის ნედლი ტყავის და ნახევარფაბრიკატის ნარჩენები, რომლებიც წარმოიქმნება სათრიმლავ ოპერაციამდე. გათრიმული ნარჩენები – გათრიმული ტყავის ნახევარფაბრიკატები და მზა ტყავის ნარჩენები.

ქიმიური შემადგენლობის მიხედვით არსებობს: ცხიმის შემცველი და კოლაგენ-შემცველი ნარჩენები. ცხიმის შემცველი ნარჩენები არის ნარჩენები, რომლებიც მიიღება ღორის ტყავის, ცხვრისა და თხის ტყავის ათლით, ან ტყავის მოჭრით. ოლა-

გენშემცველი ნარჩენები არის ტყავის, ნახევარფაბრიკატების და ქურქის ყველა სხვა სახის ნარჩენები.

მზა ტყავის სახეობების მიხედვით არის ქრომირებული გათრიმვით ტყავის ნარჩენები, ფესხაცმლის ძირისთვის ტყავის ნარჩენები და ა.შ.

ტყავის წარმოების ნარჩენების გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების შესამცირებლად, მათი უმეტესი ნაწილი გამოიყენება ისეთი პროდუქტების წარმოებაში, როგორცაა წებო, სასუქი, ცილის ჰიდროლიზატი და კომბინირებული საკვების დანამატები.

გათრიმული ტყავის ნარჩენები ასევე შეიძლება გამოიყენებულ იქნას გააქტიურებული ნახშირის წარმოებისთვის, რომელიც გამოიყენება მედიცინაში, ხსნარების გასაწმენდად და გასაუფერულებლად საფილტრ დანადგარებში და ა.შ.

ამგვარად, მყარი მუნიციპალური ნარჩენების გადამუშავება აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს მთელი მსოფლიოს მოსახლეობისათვის.

ამიტომ, ნარჩენების კომპლექსური მართვა პირველხარისხოვან ამოცანას წარმოადგენს საზოგადოებისათვის.

ნარჩენების კომპლექსური მართვის ძირითადი მიმართულებები უნდა იყოს:

- ნარჩენების მოცულობის (მასის) შემცირება;
- ისეთი ტექნოლოგიების დანერგვა, რომლებიც ქმნიან მცირე ნარჩენებს;
- ნარჩენების გადამუშავების სფეროს განვითარება – ნარჩენების მეორადი გამოყენება;

• რესურსების დამზოგავი და ეკოლოგიურად სუფთა ნარჩენების დამუშავების ტექნოლოგიების დანერგვა;

• წარმოებისა და საყოფაცხოვრებო ნარჩენების ცალ-ცალკე შეგროვებისა და გადამუშავების ორგანიზება;

• არაკონტროლირებადი სტიქიური ნაგავსაყრელების წარმოქმნაზე კონტროლის ორგანიზება და მათი ლიკვიდაცია;

• ნარჩენებით დაბინძურებული მიწების აღდგენა;

• ავარიების შედეგად საშიში ნარჩენებით დაბინძურების პრევენციისა და ავარიებს შედეგების აღმოფხვრის მიზნით ორგანიზაციული და ტექნიკური ღონისძიებების შემუშავება;

• მუნიციპალური გარემოსდაცვითი კონტროლის ორგანიზება ნარჩენების მართვის სფეროში.

ლიტერატურა

1. Adnan M., A. Jha, S. Kumar, M. Adnan. Municipal Solid Waste Management and its Impact: A Review. //Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET), 2020, Vol. 11, N5. pp. 685-693 .
2. Das S., S. H. Lee, P. Kumar, K. H. Kim, S. S. Lee, S. S. Bhattacharya. Solid wastemanagement: Scope and the challenge of sustainability. //Journal of Cleaner Production, 2019, vol. 228, pp. 658-678.
3. Chuen Chen D.M-C., B. L. Bodirsky, T. Krueger, A. Mishra, A. Popp. The world's growing municipal solid waste: trends and impacts. /Environ. Res. Lett. 15, 2020, 12 p.
4. Ihnát W, H. Lübke Slovak, J. Balberčák, V. Kuňa Pulp. Size reduction downcycling of waste wood. Review. //Wood Research 65 (2), 2020, pp.205-220.
5. Konovalova N., P. Pankov, D. Bespolitov, V. Petukhov, I. Panarin, E. Fomina, V. Lushpey, A. Fatkulin, A. Othman. Road soil concrete based on stone grinder waste and wood waste modified with environmentally safe stabilizing additive. /Case Studies in Construction Materials, 2023, V. 19, pp.1-13.
6. Osial M.; A Pregowska, S. Wilczewski, W. Urbanska, M. Giersig. Waste Management for Green Concrete Solutions: A Concise Critical Review. Recycling, 7, 37. 2022. <https://www.mdpi.com/2313-4321/7/3/37>
7. Sadh P.K., S. Duhan, J. S. Duhan. Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review. //Bioresources and Bioprocessing, V.5, 1, 2018, pp.1-15.
8. Demko J.; J. Machava. Tree Resin, a Macroergic Source of Energy, a Possible Tool to Lower the Rise in Atmospheric CO₂ Levels. //Sustainability, 14(6), 2022. <https://doi.org/10.3390/su14063506>
9. Candido R. Recycling of textiles and its economic aspects. In book: Fundamentals of Natural Fibres and Textiles. Woodhead Publishing 2021. file:///C:/Users/user/Downloads/Recyclingoftextilesanditseconomicaspects-Revised.pdf
10. Juanga-Labayen J.P., I.V. Labayen, Q. Yuan. A Review on Textile Recycling Practices and Challenges. //Textiles, 2(1), 2022, pp.174-188. <https://doi.org/10.3390/textiles2010010>
11. Wagaw T. K. M. Babu. Textile Waste Recycling: A Need for a Stringent Paradigm Shift. //AATCC Journal of Research, 2023, Vol. 10(6), pp. 376-385.

12. Sivakumar V., R. Mohan. Sustainable Solid Waste Management in Leather and Textile Industry: Leather & Textile Waste Fibre-Polymer Composite and Nanocomposite - Overview and Review. //Textile & Leather Review, 3(2), 2020. file:///C:/Users/user/Downloads/Sustainable_Solid_Waste_Management_in_Leather_and_.pdf
13. K. Koppiahraj, S. Bathrinath, S. Saravanasankar. Leather Waste Management Scenario in Developed and Developing Nations. //International Journal of Engineering and Advanced Technology, 9(1s4), 2020, pp.852-856.

SUMMARY

RECYCLING OF MUNICIPAL SOLID WASTE

Nebierudze N.V., Tsinadze Z.O. and Bagration-Davitashvili A.N.

Georgian Technical University

Municipal solid waste - more commonly known as trash - is made up of everyday things that we use and then throw away. It comes from our homes, schools, hospitals and businesses. Technologies for processing some types of municipal solid waste, such as wood waste, textile waste, and leather waste, are discussed below. Their recycling technology and areas of secondary use are given. The relevance of solid municipal waste processing and the expediency of complex waste management are shown.

Keywords: municipal solid waste, wood waste, textile waste, leather waste.

სამშენებლო ნარჩენების ბაზამუშავება

ნებიერიძე ნ.გ., ცინაძე ზ.ო., ბაგრატიონ-დავითაშვილი ა.ნ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ადამიანის საქმიანობა წარმოქმნის ნარჩენ მასალებს, რომლებიც ხშირად უგულებელყოფილია, რადგან ისინი უსარგებლოდ ითვლება. ეს ნარჩენები ჩვეულებრივ მყარია და სიტყვა ნარჩენები მიუთითებს იმაზე, რომ მასალა უსარგებლო და არასასურველია. თუმცა, ამ ნარჩენებიდან ბევრი მასალის ხელახლა გამოყენება შესაძლებელია და, შესაბამისად, ისინი შეიძლება გახდეს რესურსი სამრეწველო წარმოებისთვის ან ენერჯის გენერირებისთვის, თუ მყარი ნარჩენების გადამუშავება სწორად იმართება [1,2].

განასხვავებენ მყარი ნარჩენების შემდეგ ძირითად ნაკადებს: სამთო (29%), სამრეწველო (26%), სამშენებლო (22%), მუნიციპალურ (14%), სახიფათო (2%) და სხვა ნარჩენებს [3,4].

სამშენებლო აქტივობის მაღალი დონე მთელს მსოფლიოში იწვევს წარმოქმნილ სამშენებლო ნარჩენების დიდ მოცულობას და, შესაბამისად, ჩნდება მათი გატანის, გადამუშავების ან მეორადი განკარგვის პრობლემა (ნაგავსაყრელზე განთავსება, დაწვა და ა.შ.).

სამშენებლო ნარჩენები ჩნდება ახალი შენობის მშენებლობისას, არსებული შენობა-ნაგებობების ნგრევისა და რეკონსტრუქციის დროს, სამშენებლო მასალების, დეტალებისა და კონსტრუქციების წარმოების, შეკეთებისა და მოდერნიზებისას და ასევე გზებისა და ხიდების მშენებლობისას [5,6]. შენობებისა და ნაგებობების დემონტაჟის ძირითადი მიზეზები ნაჩვენებია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. სამშენებლო ნარჩენების წარმოქმნის მიზეზები

ახალი საცხოვრებელი კორპუსების მშენებლობა	40%
ახალი არასაცხოვრებელი შენობების მშენებლობა	20%
გზების მშენებლობა, საზოგადოებრივი, და თავისუფალი სივრცის შექმნა	20%
შენობის გამოყენების მიზნის შეცვლა	7%
განსაკუთრებული მოვლენები (მაგ. ხანძარი)	5%
სხვა მიზეზები	8%

ნარჩენების დროებითი კლასიფიკატორის თანახმად [7], შენობა-ნაგებობების ნგრევა, რეკონსტრუქცია და ახალი შენობების მშენებლობა წარმოქმნის შემდეგი სახის ნარჩენებს: ბეტონი და რკინაბეტონი; დაქუცმაცებული ასფალტი; კერამიკბეტონი; ხის მასალების ნარჩენები; ჯართი; რუბეროიდი; თაბაშირ-მუყაო; ბიტუმი (მასტიკა); ლინოლეუმი (ნაკუწები); გამოყენებული მინერალური ბამბა; ასბო-შიფერი (ნამსხვრევები); მაკულატურა (მათ შორის ორგალიტი); შუშის ნამსხვრევები; გამოყენებული სანტექნიკა; აგური (ნამსხვრევები); გამომშრალი ცემენტ-თაბაშირის სხნარი; საღებავი და ლაქი (სხვადასხვა); ნარჩენი წიდა, ნაცარი, აზბესტი; კერამიკული ფილები (ნამსხვრევები); სამშენებლო მასალების ქაღალდის შესაფუთი მასალა, ლითონის დაბინძურებული ტარა.

ქალაქებში სამშენებლო ნარჩენების უმეტესობას წარმოადგენს დაბინძურებული გრუნტი, ასფალტი, ქვის მასალები, აგური, ბეტონი და რკინაბეტონი, ხის მასალების ნარჩენები, კერამიკული ფილები, მუყაო, ქაღალდი და ა.შ.

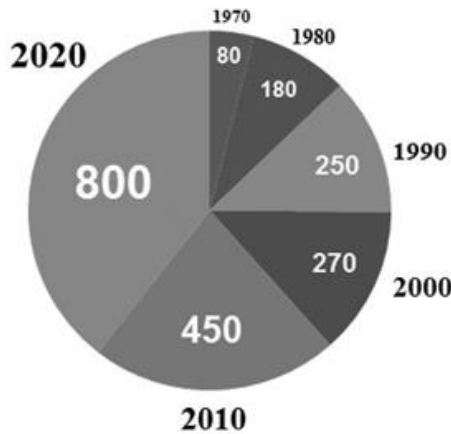
სამშენებლო ნარჩენებისგან ქალაქების დასუფთავების სქემა ითვალისწინებს ნაწილი ნარჩენების მეორად ნედლეულად გადამუშავებას, ასევე სამშენებლო ნარჩენების იმ ნაწილის ნაგავსაყრელზე გატანას, რომლებიც არ ექვემდებარებიან მეორად სამშენებლო მასალებად გადამუშავებას. ნაგავსაყრელები იღებენ სამშენებლო ნარჩენებს, რომლებიც მიეკუთვნება საშიშროების IV კლასს [7]. მათ რიცხვს განე-

კუთვნიანი ძირითადად სამშენებლო ნარჩენები, რომლებიც არ არიან დიდი ზომის და მსხვილი ნაკუწების ფორმის მქონე ნარჩენები.

ბეტონისა და რკინაბეტონის მეორადი გამოყენება და გადამუშავება

ბეტონის კონსტრუქციების ნგრევის რეალური და პროგნოზირებული დინამიკა ნაჩვენებია ნახ. 1-ზე.

ბეტონის ნარჩენების წარმოქმნა შენობების დემონტაჟის დროს (მლნ. ტონა)



ნახაზი 1. ბეტონის კონსტრუქციების ნგრევის რეალური და პროგნოზირებული დინამიკა შენობების საშუალო მომსახურების 50 წლის ვადით

ამჟამად, სამშენებლო ნარჩენების უმეტესი ნაწილი გააქვთ ნაგავსაყრელებზე, მათ შორის უნებართვო ნაგავსაყრელებზე, რაც უარყოფითად აისახება გარემოზე [8].

ამავე დროს, სამშენებლო ნარჩენები წარმოადგენს მეორად ნედლეულს, რომლის ხრეშად დაქუცმაცების შემდეგ გამოყენებამ, შეიძლება გააიფოს ახალი ობიექტების მშენებლობის ღირებულება, შეამციროს ქალაქის ნაგავსაყრელებზე დატვირთვა და ამაღდროულად თავიდან ავიცილოთ სტიქიური და უნებართვო ნაგავსაყრელების წარმოქმნა.

სამშენებლო ნარჩენების გადამუშავება ძირითადად ხდება სამსხვრევ და დამხარისხებელ ქარხნებში. სამშენებლო ნარჩენების დაქუცმაცებით [9]. მიღებული ხრეში არის სხვადასხვა ფორმის მარცვლოვანი მასალის ნაკუწები და სხვადასხვა ფრაქციების ნამსხვრევები, რომლებიც შემდეგ იყრება ცხაურაზე და ნაწილდება: 0 – 40 მმ და 40 – 150 მმ ორ ძირითად ფრაქციად.

სამსხვრევ ქარხანაში დასაშლელად შემოსულ საწყის მასალაზე დამოკიდებულადაა, მათი სიმტკიცის მახასიათებლების მიხედვით იღებენ სხვადასხვა ხრეშის ტიპს.

მეორადი ხრეში შეიძლება გამოყენებულ იქნას:

- ბეტონის ნარჩენების დასამზადებლად სარდაფის კედლის ბლოკების წარმოებისთვის;
- ქვების ბეტონის კედლების და სხვა ბეტონის ნაწარმის დასამზადებლად;
- გზის მშენებლობაში, გზის საფარებისთვის საძირკვლების, ტროტუარების ქვედა ფენების და ა.შ. მოსაწყობად;
- მიღებულ ხრეშს აქვს დაბალი ფასი და გააჩნია ყველა საჭირო თვისება ზემოაღნიშნული მიზნებისთვის გამოსაყენებლად.

არაკონდიციური ბეტონისა და რკინაბეტონის ნაკეთობების დამუშავების დანადგარები

მსოფლიო პრაქტიკაში ბეტონის ნარჩენებისგან მეორადი შემავსებლის წარმოებისა და გამოყენების ორგანიზება ხორციელდება სამ ვარიანტად:

- შენობა-ნაგებობის დემონტაჟის ადგილიდან ბეტონის ნარჩენები ჯერ გადააქვთ შემავსებლების მწარმოებელ ქარხანაში, ხოლო მისგან მიღებული შემავსებლები შემდეგ იგზავნება ბეტონის ქარხნებში (ორი ტრანსპორტირება);
- ბეტონის ნარჩენების გადასამუშავებელი დანადგარი მონტაჟდება უშუალოდ შენობა-ნაგებობის დემონტაჟის ადგილზე, ხოლო დამუშავების შედეგად მიღებული შემავსებლები შემდეგ იგზავნება ბეტონის ქარხანაში, ან სამშენებლო მოედანზე (ერთი ტრანსპორტირება);
- ბეტონის ნარჩენებისგან შემავსებლის მიღება და მის საფუძველზე წარმოება ორგანიზდება დემონტაჟის სამუშაოების ადგილზე (შიდასაქარხანო ტრანსპორტირება) [10].

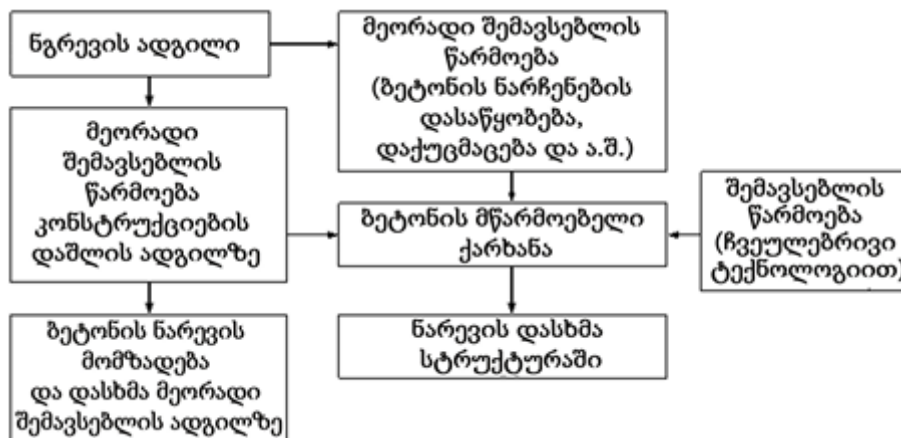
პრაქტიკაში ფართო გავრცელდა პოვა ბეტონის ნარჩენების დამუშავებისა და გამოყენების სქემის მეორე ვარიანტის ტექნოლოგიამ – ციკლი A (ნახ. 2), როდესაც მიღებული მეორადი შემავსებელი ძირითადად გამოიყენება გზის ზედაპირის ქვედა ფენებისა და საძირკვლის მოსაწყობად.



ნახაზი. 2. არაკონდიციური ბეტონისა და რკინაბეტონის ნარჩენების დამუშავებისა და გამოყენების სქემა.

უფრო ეფექტურია ბეტონის ნარჩენების დამუშავებისა და გამოყენების სქემის მესამე ვარიანტი – ციკლი B (ნახ. 2). შედეგად მიღებული მეორადი ხრეში შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც ქარხნული წარმოების მსხვილი შემავსებელი 5-დან 30 მპა-მდე სიმტკიცის ბეტონის წარმოებაში.

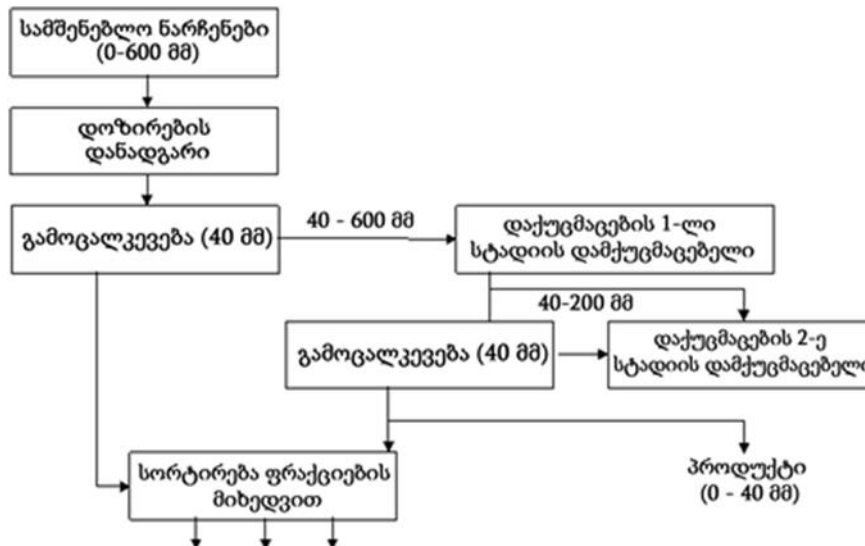
იაპონიაში ყველაზე ფართოდ გამოიყენება ბეტონის გადამუშავებისა და მეორადი გამოყენების სქემის მესამე ვარიანტი (ნახ. 3).



ნახაზი 3. ბეტონის გადამუშავებისა და მეორადი გამოყენების სქემა იაპონიაში

ბეტონის ნარჩენების ბეტონის მეორადი შემავსებლის სახით გამოყენების ეკონომიურობის გასაზრდელად, მიზანშეწონილია სამუშაო ადგილზე ასეთი შემავსებლის მომზადება მცირე სამსხვრეველა დანადგარის გამოყენებით. აქვე ხდება ბეტონის ნარჩენის შემდგომი მომზადება და დაგება, ახალი სტრუქტურის მშენებლობის დროს.

მეორადი შემავსებლის „დახურული სისტემის“ ტექნოლოგიით (ნახ.4) წარმოებამ ფართო გავრცელება პოვა ნიდერლანდებში.



ნახაზი. 4. სამშენებლო ნარჩენების გადამუშავების დახურული სისტემა (ნიდერლანდები)

ამავე დროს, გამოიყენება „ღია სისტემის“ დამუშავების ტექნოლოგიაც, რომელიც უზრუნველყოფს იმავე მოწყობილობაზე უფრო მაღალ მწარმოებლურობას, თუმცა აქვს მნიშვნელოვანი ნაკლოვანებაც. ასეთი ტექნოლოგიის გამოყენებისას ნაკლებად მკაფიოდ განისაზღვრება ნაწილაკების მაქსიმალური ზომა, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს შედეგად მიღებული პროდუქტის ფრაქციების ზომების დაუშვებელი მერყეობა.

არაკონდიციური ბეტონის დასამუშავებლად გამოიყენება შემდეგი ტექნოლოგიური აღჭურვილობა: პირველადი დაქუცმაცების (მსხვრევის) დანადგარი, მეორადი დაქუცმაცებისა და ფრაქციებად დაყოფის დანადგარი [11].

პირველადი დაქუცმაცების (მსხვრევის) დანადგარი

არაკონდიციური ბეტონის და რკინაბეტონის დასამუშავებელი ტექნოლოგიური დანადგარების შექმნის ზოგადი პრინციპები ეფუძნება არსებული სამსხვრეველა და დამხარისხებელი დანადგარების გამოყენების შესაძლებლობებს, რომლებიც გამოიყენებიან კარიერებიდან დამსხვრეული ქვების დასამუშავებლად [12]. ამასთან, რკინაბეტონისთვის განკუთვნილი სამსხვრეველა დანადგარის კონსტრუქციული პარამეტრების შერჩევისას აუცილებელია გავითვალისწინოთ არმატურის არსებობა და მისაწოდებელი მასალის ფორმისა და ზომის ზუსტი კონტროლის შეუძლებლობა.

ამასთან დაკავშირებით, რკინაბეტონის სამსხვრეველა დანადგარების გარკვეული კვანძები ბევრად უფრო მასიურია და მათი ზომა უფრო დიდია იმავე სიმძლავრის ჩვეულებრივი სამსხვრეველა დანადგარების ანალოგიურ კვანძებთან შედარებით. ეს გამოწვეულია, უპირველეს ყოვლისა, დანადგარში არმატურის გატარების აუცილებლობით.

შედეგად, დანადგარის მარგი ქმედების კოეფიციენტი გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე ეს გვაქვს ჩვეულებრივი ქვის სამსხვრეველის შემთხვევაში. ამავდროულად, დასაქუცმაცებლად მიწოდებული არაკონდიციური რკინაბეტონის გაბარიტული ზომების ზრდა კიდევ უფრო ამცირებს დანადგარის მარგი ქმედების კოეფიციენტს. რაც უფრო დიდია პირველადი სამსხვრეველა, მით ნაკლებ შემზადებას საჭიროებს მისაწოდებელი მასალა.

არაკონდიციური რკინაბეტონის ნარჩენების პირველადი სამსხვრეველა დანადგარის ძირითადი კვანძებია: ჰიდრავლიკური ბერკეტიანი პრესი, ღარებიანი მაგიდა,

მიმმართველი ჩარხო და ჰიდროსადგური, რომელიც ავითარებს 20 მპა წნევას. ჰიდრაულიკური პრესის სამუშაო პოზიცია შეიძლება იყოს განსხვავებული: პრესი მოძრაობს სტაციონარული ღარებიანი მაგიდის გასწვრივ მასზე დაყრილი პროდუქტით, ან ის იკავებს სტაციონარულ პოზიციას, ხოლო პროდუქტი მიეწოდება მოძრავ მაგიდას დაქუცმაცების ზონაში.

საჭირო ტიპის დანადგარის არჩევასა და საწყის მონაცემებს წარმოადგენს დასამუშავებლად განკუთვნილი არაკონდიციური რკინაბეტონის ნარჩენების გაბარიტული ზომები. ამ შემთხვევაში, ხელმძღვანელობენ დანადგარების პარამეტრული სერიის ტექნიკური მახასიათებლებით.

არაკონდიციური ბეტონის და რკინაბეტონის დაქუცმაცება ხდება შემდეგნაირად:

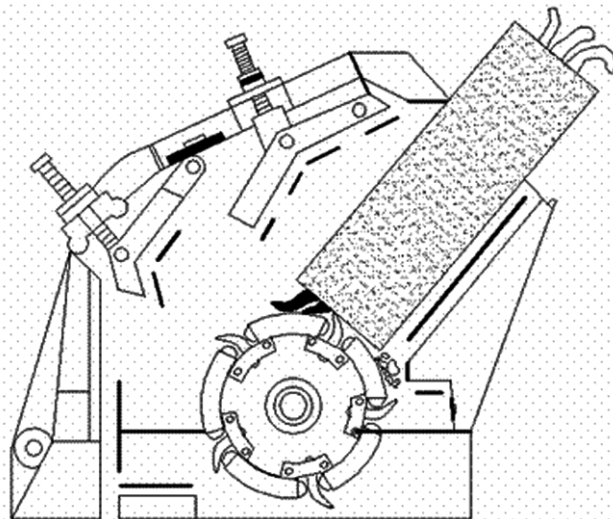
არაკონდიციური რკინაბეტონის ნაწარმი ამწეს საშუალებით იდება ღარებიან მაგიდაზე, ან ბეტონის ნარჩენები იტვირთება გადასატანი ბუნკერის საშუალებით. ბერკეტიანი პრესი (დანა) ეშვება დასაქუცმაცებელ პროდუქტზე ან ბეტონის ნარჩენზე. პრესის მუშაობა გამოიხატება დაწვეისა და აწვეის ციკლების მონაცვლეობაში. პროდუქტის დაქუცმაცების შემდეგ, დაქუცმაცებული მასალა მაგიდის ღარების გავლით ცვივა სარტყლიან კონვეიერზე და გადაინაცვლებს მეორედი დაქუცმაცების დანადგარში.

დაქუცმაცებული ბეტონის მასიდან ფოლადის არმატურის ნაკუწები, რომლებმაც გაიარეს მაგიდის ღარები, სცილდება კონვეიერის ბოლოში, მაგნიტური სეპარატორის საშუალებით. ბეტონისგან გაწმენდილი არმატურის კარკასი ღარებიანი მაგიდიდან იხსნება ამწვეი მექანიზმით.

დაშლილი რკინაბეტონის ნარჩენებიდან არმატურის გამოცლის შემდეგ, იგი ქუცმაცდება წინასწარ განსაზღვრული ზომის ნაკუწებად ჰიდრაულიკური, ან მექანიკური ალიგატორის მაკრატლით.

უცხოური კომპანიების მიერ გამოყენებული გადამამუშავებელი ქარხნები, როგორც წესი, აღჭურვილია პირველადი სამსხვრევლებით, რომლებიც საშუალებას იძლევა მიიღონ არაუმეტეს 2–3 მ-მდე სიგრძისა და 1 მ-მდე სიგანის არაკონდიციური რკინაბეტონის ნაკუწები. შესაბამისად, მსხვილგაბარიტებიანი რკინაბეტონის წინასწარი მსხვრევის ორგანიზების მიზნით წარმოიშობა დიდი სასაწყობე და საწარმოო ფართობის აუცილებლობა.

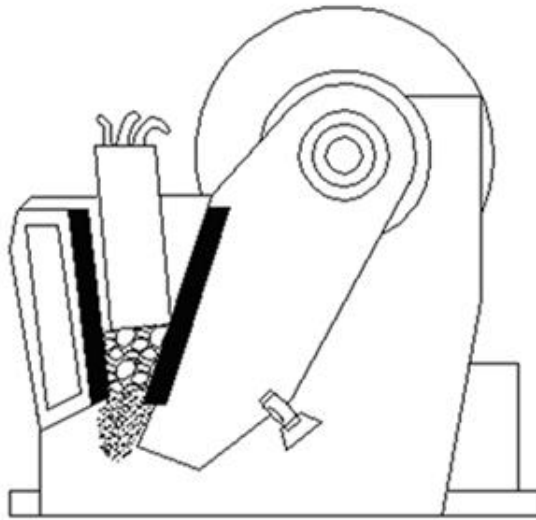
ინგლისურმა ფირმა პარკერ პლანტმა (არკერ ლანტ), ევროპული ფირმების მიერ გამოყენებული არაკონდიციური რკინაბეტონის სხვადასხვა ტიპის პირველადი სამსხვრეველა დანადგარების ტესტების ანალიზზე დაყრდნობით, აღნიშნა, რომ მბრუნავ ჩაქუნებიან სამსხვრეველებს, მათი მიწოდების სისტემის კონსტრუქციული თავისებურებებიდან გამომდინარე, შეუძლიათ წინასწარ განსაზღვრული ზომის მქონე რკინაბეტონის ნაკუწების დაქუცმაცება (ნახ. 5).



ნახაზი 5. მბრუნავი ჩაქუნებიანი სამსხვრეველის სქემა

ბეტონისგან გამოცალკევებული მეტისმეტად გრძელი არმატურა ვერ გაივლის მბრუნავ ჩაქუჩებიან სამსხვრეველას. ამასთან, პირველადი მბრუნავ ჩაქუჩებიანი სამსხვრეველა ბევრად უფრო სწრაფად ცვლება, ვიდრე პირველადი ყბებიანი სამსხვრეველა.

კონსტრუქციულად, ყბებიანი სამსხვრევლები (ნახ. 6) მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან ჩაქუჩებიანი სამსხვრევლებისგან. ყბებიანი სამსხვრევი დანადგარების დასაქუცმაცებელ კამერაში არ არის დაბრკოლებები, რომლებიც ხელს შეუშლიდა მასალის გავლას. მასში რკინაბეტონის სწორი ნაკადით მიწოდების და დაქუცმაცებული მასის გამოსასვლელ ზონასა და გამომტან კონვეიერს შორის საკმარისი დისტანციის არსებობის შემთხვევაში, რკინაბეტონის მსხვრევა საკმაოდ ეფექტურად ხორციელდება.



ნახაზი 6. ყბებიანი სამსხვრევლის სქემა

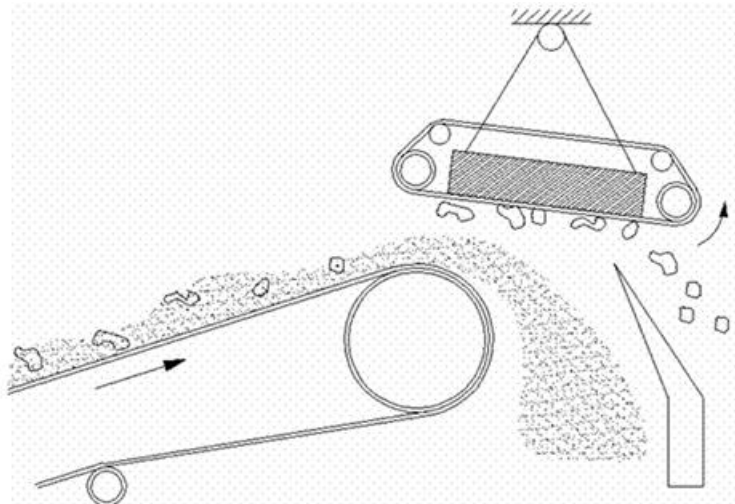
ბეტონიდან ამოღებული არმატურების მოსაშორებლად, საზღვარგარეთ ყველაზე ფართოდ გამოიყენება კონვეიერის მაგნიტური სეპარატორები, სტაციონარული მაგნიტები და მაგნიტური დოლები კონვეიერის დამჭიმავ კვანძზე.

არმატურის მოცილება ყველაზე უკეთ ხდება კონვეიერის ჩამოცლის ადგილას, მის თავზე განლაგებული მაგნიტური სეპარატორის საშუალებით (ნახ. 7).

ჯერ ერთი, მაგნიტური სეპარატორი უფრო მაღალმწარმოებელია, ვიდრე სტაციონარული მაგნიტი, ვინაიდან მიკრული არმატურა დამოუკიდებლად ვარდება.

მეორეც, კონვეიერის ზემოთ მაგნიტური სეპარატორის ოპტიმალური მდებარეობის წყალობით, ის უზრუნველყოფს არა მხოლოდ ლითონის ამოღებას დაქუცმაცებული ბეტონიდან, არამედ მის გადატანას უშუალოდ არმატურის ნარჩენების მიმღებ ბუნკერში.

ლითონის უფრო საფუძვლიანი მოცილებისთვის, ეს ოპერაცია შეიძლება დაიყოს 2 ეტაპად: პირველადი სამსხვრევი დანადგარის შემდეგ, გამოიყენება კონვეიერის ბოლოში მაგნიტური სეპარატორი, ხოლო კონვეიერის ბოლო სტადიაზე, დგება მაგნიტური დოლი. კონვეიერის თავზე მაგნიტური სეპარატორი აშორებს არმატურის დიდ ნაკუწებს დამსხვრეული მასის ზედა ფენიდან, ხოლო მაგნიტური დოლი აგროვებს არმატურის უფრო მცირე ნაკუწებს, რომლებიც განთავსებულია დაქუცმაცებული მასის ქვედა ფენებში.



ნახაზი 7. არმატურის მოცილება კონვეიერის ჩამოცლის ადგილას, მის თავზე განლაგებული მაგნიტური სეპარატორის საშუალებით

მეორადი დაქუცმაცებისა და ფრაქციებად დაყოფის დანადგარები

მეორადი დაქუცმაცების სამსხვრეველა დანადგარებამდე ბეტონიდან არმატურების ამოღება უზრუნველყოფს ბეტონის დაქუცმაცებისა და ფრაქციებად დაყოფის შესაძლებლობას ისეთი ტექნოლოგიით, როგორც გამოიყენება კარიერებში მოპოვებული ბუნებრივი ქვების ჩვეულებრივი სამსხვრეველების გამოყენებით დასამუშავებლად.

არაკონდიციური ბეტონისა და რკინაბეტონის დამუშავების ტექნოლოგიაში მობილურობისა და მოქნილობის უზრუნველსაყოფად და დაქუცმაცებული ბეტონისგან ფრაქციებად დაყოფილი შემავსებლების მისაღებად, მიზანშეწონილია წვრილი სამსხვრეველასა და ფრაქციებად დამხარისხებელი დანადგარის გამოყენება.

ეს მსხვრეველი განკუთვნილია 300 მპა-მდე ზღვრული სიმტკიცის მასალის დასამსხვრევად და მზა პროდუქტების სამ ფრაქციად დასახარისხებლად.

იგი არის ორღერძიანი მისაბმელი, რომელიც შედგება ჩარჩოსგან წინა და უკანა ურიკებზე, მიმღები სინისგან, დასაბრუნებელი და გვერდითი კონვეიერისგან, კონუსური სამსხვრეველისგან, ვიბრაციული ღარებიანი მაგიდისგან და მზა პროდუქტის ბუნკერისგან.

ფრაქციებად დასახარისხებელი მასალა მოდის მეორადი დაქუცმაცების სამსხვრეველასგან და იყრება მიმღებ სინზე. სინიდან მასალა გვერდითი კონვეიერის საშუალებით ხვდება ვიბრაციულ ღარებიან მაგიდაზე. ვიბრაციულ ღარებიან მაგიდაზე მასალა იყოფა სამ ფრაქციად ზომებით 0 – 5 მმ, 5 – 20 მმ და 20 – 40 მმ და ხვდება ღარებიანი მაგიდის ქვეშ მდებარე სამ შესაბამის ბუნკერში (განყოფილებაში).

ბუნკერების ქვეშ აუცილებელია გასატანი კონვეიერის მოწყობა. მასალა, რომლის ნატეხების ზომებიც აღემატება 40 მმ-ს, ანუ, რომელმაც ვერ გაიარა ღარებიანი მაგიდის საცერებში, ხვდება კონუსისებრ სამსხვრეველაში, სამსხვრეველას ქვემოთ, საიდანაც მასალა ხვდება დასაბრუნებელ კონვეიერზე. ეს უკანასკნელი დიდი (40 მმ-ზე მეტი) ზომის ბეტონის ნაკუწებს მიაწვდის მიმღებ სინს, იქიდან გვერდითი კონვეიერის საშუალებით კვლავ ხვდება ვიბრაციულ ღარებიან მაგიდაზე.

ამრიგად, იქმნება ფრაქციებად დახარისხებისა და ხელახლა მსხვრევის ჩაკეტილი ციკლი. მზა ხრეში გასატანი კონვეიერის საშუალებით შეიძლება დაიტვირთოს სატვირთო მანქანებზე, ან გადაიზიდოს მზა პროდუქციის საწყობში.

არაკონდიციური ბეტონისა და რკინაბეტონის დამუშავების ტექნოლოგიური სახეები

ბეტონისა და რკინაბეტონისგან ნარჩენების გადამუშავების პროცესში მნიშვნელოვანი მომენტია სამშენებლო დარგის საწარმოებში სპეციალიზებული ტექნოლო-

გიური ხაზების შემუშავება, ცალკეული არაკონდიციური რკინაბეტონის კონსტრუქციების, ან მათი ნაწილების დაქუცმაცებისა და დამუშავების მიზნით, მათგან სრულფასოვანი ხრეშის მისაღებად და არმატურის ფოლადის გამოსაცალკევებლად.

ფართო გავრცელება პოვა არაკონდიციური ბეტონისა და რკინაბეტონის დამუშავების ტექნოლოგიამ, რომლის ხაზებიც აღჭურვილია პირველადი დაქუცმაცების სამსხვრეველებით; მეორადი დამუშავების სამსხვრეველებით; არმატურის გამომცლელი მოწყობილობით – მაგნიტური სეპარატორით; მზა პროდუქციის შესაგროვებლად განკუთვნილი კონვეიერებისა და ბუნკერების სისტემებით.

ბეტონის ნარჩენების და არაკონდიციური რკინაბეტონის ნარჩენების დამუშავება ასაწიბო რკინაბეტონის კონსტრუქციების საწარმოების სპეციალიზებულ საწარმოო ხაზებზე ხორციელდება შემდეგი თანმიმდევრობით:

1. პირველადი დამუშავების სამსხვრეველას ღარებიან მაგიდაზე დასამუშავებელი რკინაბეტონის მასალა ქუცმაცდება კოპრა პრესის ციკლურად დასაწევი და ასაწევი დანის კოჭის დახმარებით.

2. დამსხვრეული ბეტონი, გვერდითი მიმართველი ფირფიტების საშუალებით ხვდება ლენტურ კონვეიერზე. მაგიდაზე დარჩენილ არმატურას იღებს ამწე, ტაკელაჟის საშუალებით. არმატურის ფოლადის ნაჭრებს, რომლებმაც გაიარეს ღარებიანი მაგიდა, იღებენ დამსხვრეული ბეტონის მასიდან.

3. არმატურიდან მოშორებული ბეტონის ნაკუწები მაქსიმალური ზომით 250 მმ ლენტურ კონვეიერების საშუალებით ხვდება მეორადი დამუშავების სამსხვრეველას დანადგარში.

შემდეგ დაქუცმაცებული 0 – 50 მმ ფრაქციის მასალა ლენტური კონვეიერის მეშვეობით მიეწოდება შემკრებ ბუნკერებს, რომლებიც აღჭურვილია ელექტრო ამძრავების მქონე სოლისებრი საკეტებით.

ბეტონისა და რკინაბეტონის დამუშავების პროდუქტების გამოყენება

მთელ მსოფლიოში, მკვეთრად გაიზარდა სამშენებლო სფეროში ბეტონის მეორადი გამოყენების მიმართ ინტერესი. ადრე, არაკონდიციური ბეტონისა და რკინაბეტონის მხოლოდ მცირე ნაწილი გამოიყენებოდა მეორადად. ძირითადად, იყენებდნენ ხრეშის სახით ავტომაგისტრალების, რკინიგზის გაყვანისა გზის საფარის ძირი ფენის მოსაწიბად და დროებითი მოედნების მშენებლობისას. ბოლო დროს არაკონდიციური ბეტონისა და რკინაბეტონისგან მიღებული მეორადი შემავსებლების გამოყენება სულ უფრო მეტ სფეროს მოიცავს. დღეს მეორად შემავსებლებს იყენებენ: შენობების იატაკის ძირის და საძირკვლის, ყველა კლასის გზების ასფალტბეტონის საფარის ქვეშ ფენის მოსაწიბად; მეორად ხრეშს ასევე იყენებენ, როგორც უხეში შემავსებელი 5–20 მმ სიმძლავრის ბეტონისა და რკინაბეტონის ნარჩენების წარმოებაში; როგორც მსხვილი შემავსებელი 30 მმ-მდე სიმტკიცის ბეტონში, ბუნებრივ ხრეშთან შერევით.

ბეტონის მეორადი გამოყენებისას საქართველოს და უცხოური გამოცდილების განზოგადებამ შესაძლებელი გახდა დამსხვრეული ბეტონის გამოყენება, როგორც აგრეგატი ბეტონის ნარევის მომზადებისას. ამ ტექნოლოგიის შემუშავება ხელს შეუწყობს არაკონდიციური ბეტონისა და რკინაბეტონის ნარჩენების ეფექტური დამუშავების მოცულობის ზრდას და სამშენებლო პრაქტიკაში მათ სულ უფრო ფართო გამოყენებას.

იაპონური სტანდარტების მიხედვით, მეორადი ბეტონი იყოფა სამ კატეგორიად (ცხრ. 2):

კატეგორია 1 – ჩვეულებრივი წვრილი შემავსებელი + მეორადი მსხვილი შემავსებელი;

კატეგორია 2 – ჩვეულებრივი და მეორადი წვრილი შემავსებელი + მეორადი მსხვილი შემავსებელი;

კატეგორია 3 – მეორადი მსხვილი და წვრილი შემავსებელი.

იაპონელი ექსპერტები მიუთითებენ დამსხვრეული ბეტონისგან მიღებული ხრეშის ფართო გამოყენების მიზანშეწონილობაზე. ამავდროულად, ბეტონის ქარხნებში ბეტონის მომზადებისას იზოგება საწვავი, ენერჯია და ბუნებრივი რესურსები.

ხორციელდება მეორადი ხრეშის ხუთი ფრაქციის დამზადება მაქსიმალური 75 მმ-მდე მარცვლის ზომით. წარმოებული ხრეშის ძირითადი ნაწილი გამოიყენება ადმინისტრაციული შენობების საძირკვლების მოსაწყობად. ამ შემთხვევაში, მსხვილ მეორად შემავსებელზე დაფუძნებულ ბეტონს აქვს 25%-ით ნაკლები ღირებულება, ვიდრე ბუნებრივი ხრეშზე დაფუძნებულ ბეტონს.

ცხრილი 2. მეორადი ბეტონების გამოყენება

მეორადი ბეტონის კატეგორია	გამოყენების სფერო	მაქსიმ. სიმტკიცე კუმშვაზე, მპა (საპროექტო)	მაქსიმ. სიმტკიცე კუმშვაზე, მპა (რეალური)
1	ჩვეულებრივი დაბალსართულიანი შენობების მშენებლობა; დაბალსართულიანი მრავალბინიანი საცხოვრებელი კორპუსების მშენებლობა, იგივე, ინდივიდუალური საცხოვრებელი სახლებისთვის; სასაწყობე და სამრეწველო შენობების საძირკვლების მოწყობა.	18	30
2	საძირკვლის ბეტონის ბლოკები, ავტოფარეხები და მსუბუქი ტექნიკური სათავსოები, მანქანა-დანადგარების სადგურები და ა.შ.	15	27
3	კარების ხის კონსტრუქციების, ღობეების საძირკვლები, მანქანებისა და მანქანა-დანადგარების დასაყენებელი მოედნების მსუბუქი საძირკვლები და ა.შ.	12	24

არაკონდიციური ბეტონისა და რკინაბეტონის ნარჩენების მშენებლობაში გამოყენების შესახებ პირველი კვლევები ჩატარდა ნიდერლანდებში, ბელგიასა და გერმანიაში. ამ ქვეყნების სპეციალისტებმა სერიოზული ყურადღება მიაპყრეს, როგორც ბეტონის ნარჩენების თვისებების შესწავლას, ასევე სხვადასხვა სახის დამქუცმაცებელ მოწყობილობებს: ყბებიან, კონუსურ, ჩაქუჩებიან, თუ მბრუნავ ჩაქუჩებიან სამსხვრევლებს, ასევე ვიბრაციულ ღარებიან დანადგარებს.

დამსხვრეული ბეტონისგან მიღებული ხრეშის ძირითადი ფიზიკო-მექანიკური მახასიათებლები მოცემულია ცხრილ3-ში

ცხრილი 3. დამსხვრეული ბეტონისგან მიღებული ხრეშის ძირითადი ფიზიკო-მექანიკური მახასიათებლები

სიმკვრივე, კგ/მ ³	2150 – 2450
დანაწილების ფაქტორი	0,7 – 0,79
ტენიანობა, %	3 – 6
წყლის შთანთქმის უნარი, %	4 – 5
დანაკარგები გამოწრობისას, %	5

კვლევის შედეგები

ძირითადად ადასტურებს ბეტონის თვისებებზე მეორადი შემავსებლების გავლენის ზემოთ აღწერილ კანონზომიერებებს. ამის საფუძველზე ბეტონის მოსამზადებლად რეკომენდებულია მხოლოდ მსხვილი მეორადი შემავსებლების გამოყენება, რომელიც თავისი სიმტკიცის მახასიათებლებით ახლოს არის ხრეშზე დამზადებული ბეტონის ანალოგიურ შემადგენლობასთან.

ამრიგად, დაქუცმაცებული ბეტონისგან მიღებული ხრეშის გამოყენება შესაძლებელია ბეტონის წარმოებაში, სადაც რეკომენდებულია შემავსებლად ხრეშის გამოყენება.

ადგილობრივი და უცხოური გამოცდილების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ბეტონის გადამუშავების შემდეგ მიღებული მეორადი ხრეში ასევე შეიძლება გამოყენებულ იქნას მისასვლელი და ნაკლებად დატვირთული გზის უბნების ქვედა ფენების მოსაწყობად, საწყობი ნაგებობების, სამრეწველო შენობებისა და მცირე ზომის მანქანა-დანადგარების დასაყენებელი მოედნების საძირკვლების მოსამზადებლად; საფეხმავლო ბილიკების, ავტოსადგომების, ტროტუარების საძირკვლების, მდინარეების და არხების გასწვრივ ფერდობების მოსაწყობად; საფეხმავლო ბილიკების, ავტოფარეხების შიდა ფართების და სოფლის გზების დასაგებად გამოყენებული ბეტონის მოსამზადებლად; 30 მპა-მდე სიმტკიცის მქონე ბეტონისა და რკინაბეტონის ნაწარმის ქარხნული წესით წარმოებისას.

ლიტერატურა

1. Valavanidis A. Global Municipal Solid Waste (MSW) in Crisis. Website:chem-tox-ecotox.org/ScientificReviews 17. 2023.
2. Wash L. Solid waste management in the world's cities. Water and sanitation in the world's cities. United Nations Human Settlements Programme. London • Washington, DC, 2010.
3. Wegmann V. Waste Management in Europe. European Public Service Union. 2023. Vera Wegmann Public Service International Research Unit February 2023
4. Baskar C., S. Ramakrishna, S. Baskar, R. Sharma, A. Chinnappan, R. Sehrawat. Handbook of Solid Waste Management. Sustainability through Circular Economy. Springer, 2020, 2335 p.
5. Purchase C.K, D. M. Al Zulayq, B. T. O'Brien, M. J. Kowalewski, A. Berenjian, A. H. Tarighaleslami, M. Seifan. Circular Economy of Construction and Demolition Waste: A Literature Review on Lessons, Challenges, and Benefits. MDPI. //Materials, 2022, 15, 76, 25 p.
6. Kabirifar K. M. Mojtahedi. C. Wang. V.W.Y. Tam. Construction and demolition waste management. Contributing factors coupled with reduce, reuse, and recycle strategies for effective waste management: A review. //Journal of Cleaner Production, 2020, vol.263, 16 p.
7. EU Commission. Construction & Demolition Waste Management Protocol. 2016.
8. Torgal F.P., F. Colangelo, R. Tuladhar, Y. Ding. Advances in Construction and Demolition Waste Recycling, 1st Edition. Woodhead Publishing, 2020, 592 p.
9. Knutsson J. Reuse and recycling of concrete. KTH Royal Institute of Technology. Stockholm, Sweden 2023, 52 p.
10. Alastair Marsh A., A. Velenturf, S. A. Bernal. Circular economy strategies for concrete: Implementation and integration. //Journal of Cleaner Production 362, 2022, 132486.pp.1-16.
11. Motghare S, T. Mule, M. Chafle, S. Tandulkar, S. Damahe, S. Tembhurkar. A Critical Review on Design and Development of Shredder Machine for Waste Recycling. //International Journal of Scientific Research and Engineering Development, 2021, Volume 4, Issue 3, pp. 1351-1355.
12. Vatskicheva M., I. Grigorova. Study of two-shaft shredder for crushing of concrete, rubber, plastic and wood. //Journal of Materials, Methods & Technologies, 2017, Volume 11, pp.238-253 ISSN 1314-7269.

SUMMARY

RECYCLING OF CONSTRUCTION WASTE

Nebierudze N.V., Tsinadze Z.O. and Bagration-Davitashvili A.N.

Georgian Technical University

Solid waste processing is an actual problem for humanity. Waste can be reused and can become a resource for industrial production or energy generation. During the demolition of buildings, reconstruction, and construction of new buildings, various types of solid waste are generated, including concrete and reinforced concrete waste. The reasons for their occurrence are shown. Concrete and reinforced concrete waste recycling technology and application schemes are discussed. Technological equipment is described as primary crushing unit, secondary crushing, and fractionation unit. Based on the analysis of local and foreign experience, it is concluded that the secondary gravel obtained after concrete recycling can also be used to arrange the lower layers of accessible and less busy road areas, to prepare the foundations of warehouse buildings, industrial buildings, and small machinery installation sites; for arranging footpaths, parking lots, pavement foundations, slopes along rivers and canals; for the preparation of concrete used in the construction of footpaths, internal areas of garages and rural roads.

Keywords: Recycling of solid construction waste, Demolition of buildings, Reconstruction of buildings, Crushing of reinforced concrete.

ახალი კლასის ფორიანი მასალების გამოყენება ავტომობილების ნაწილებში
აირების ფილტრაციისთვის

ხვადაგიანი ა.ი., ირემაძე მ.ე., ზივზივაძე ბ.ლ., თოფურია რ.მ., ირემაძე დ.მ.,
ქონიაშვილი მ.გ., ზივზივაძე ვ.გ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

შესავალი

ტექნიკურ პროგრესთან ერთად მსოფლიოში იზრდება ეკოლოგიური პრობლემებიც. ეკოლოგიური საფრთხეების ერთ-ერთი ძირითადი გამომწვევი ფაქტორი გამოწვევად ჩვენებში განსაკუთრებით მწვავედ დგას ეს პრობლემა, რადგანაც ძირითადად მეორადი ავტომობილების მოხმარება ხდება. ამ ქვეყნებში ჰაერის დაბინძურების მაჩვენებელი ძალიან მაღალია და ევროპის ქვეყნებთან შედარებით თითქმის 2–3-ჯერ აღემატება ნორმას, მაშინ როცა აშშ ჰაერის დაბინძურება ნორმაზე ბევრად დაბალია.

ავტომობილის მიერ ატმოსფეროს დაბინძურების მოცულობას ძირითადად განსაზღვრავს საწვავის ხარისხი და ავტომობილში გამოყენებული ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორის ვარგისიანობა. მეორად ავტომობილებში ფიზიკური ცვეთის გამო ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორი ნაწილობრივ ან უფრო ხშირად მთლიანად მწყობრიდან არის გამოსული, რის გამოც მაღალია გამონაბოლქვში ტოქსიკური ნივთიერებების რაოდენობა მასში ნახშირბადის მონოოქსიდის, აზოტის ოქსიდების და ნახშირწყალბადების არსებობის ხარჯზე (CO , N_2O_x , C_xH_y) [1].

ძირითადი ნაწილი

გამოყენებული ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორი წარმოადგენს სამ კომპონენტის სისტემას. ლითონური კორპუსი, რომელიც დამზადებულია უჟანგავი ფოლადისაგან და მასში განთავსებული ლითონური ან კერამიკული კონსტრუქცია დაფარული იშვიათი ლითონებით: პლატინა, პალადიუმი და რადიუმი (Pt , Pd , Ra). ამ ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორების თვითღირებულება მაღალია, რაც გამოწვეულია მასში შემავალი იშვიათი და ძვირადღირებული ლითონების პლატინა (Pt), პალადიუმი (Pd) და რადიუმი (Ra) შემცველობით. თვითღირებულება იცვლება ავტომობილის კლასისა და ნაკეთობის ზომის მიხედვით. ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორის თვითღირებულებაზე მნიშვნელოვანად მოქმედებს მიღების ტექნოლოგიის სირთულე, რაც მდგომარეობს მის მრავალსტადიურობასა და ენერგოტევალობაში [2].

ნაკეთობის მიღებისას პირველ ეტაპზე ხდება კორპუსის მიღება, ხოლო მეორე ეტაპზე სხვადასხვა მეთოდებით მისი დაფარვა ძვირადღირებული ლითონებით. იშვიათი ლითონების პლატინა (Pt), პალადიუმი (Pd) და რადიუმი (Ra) მოპოვება მსოფლიოში მათი წიაღისეულის სიმცირის გამო შეზღუდულია. ეს ლითონები მიეკუთვნება დედამიწის ქერქის იშვიათ ელემენტებს და მათი წიაღისეულიდან მიღება ხდება რთული ტექნოლოგიით. აღნიშნული ლითონების ღირებულებისა და დეფიციტურობის გამო ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორში მათი მეორადი გამოყენება ხდება. პლატინისა და პალადიუმის ჟანგბადთან ურთიერთქმედებით გამონაბოლქვ აირებში ხდება ნახშირბადის ოქსიდის და ნახშირწყალბადების დაჟანგვა, ნახშირორჟანგად და წყლის ორთქლად, ხოლო რადიუმის მოქმედებით, აზოტის ოქსიდებიდან აზოტის აღდგენა.

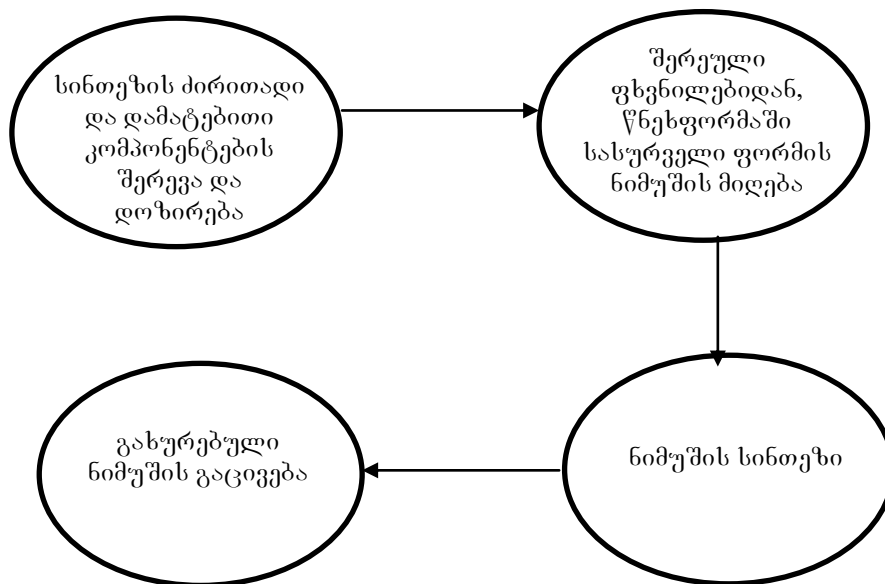
ავტომობილებში გამოყენებული ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორის ფიზიკური ცვეთა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე. ესენია: ძრავის მუშაობის სწორი რეჟიმი, საწვავის, შემხეთი მასალების ხარისხი და სხვა. განვითარებად ქვეყნებში გამოიყენება დაბალი ხარისხის საწვავი, რომელიც შეიცავს ტყვიას, გოგირდს და სხვა მინარევებს. ეს ნივთიერებები უარყოფით გავლენას ახდენს ნაკეთობის მუშაობის ეფექტურობაზე და შესაბამისად გარემოს ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე [3].

მიუხედავად საწვავის ხარისხისა და ძრავის სწორი მუშაობის რეჟიმის შერჩევისა, ავტომობილებში ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორი ფიზიკური ცვეთის შედეგად, გარკვეული პერიოდისა და გარბენის გამო ($> 100\ 000$ კმ-ზე) გამოდის მწყობრიდან და

აუცილებელია მისი შეცვლა. განვითარებად ქვეყნებში ნაკეთობის შეცვლა მისი დეფიციტურობისა და ძვირადღირებულების გამო, წარმოადგენს სერიოზულ პრობლემას. აღნიშნულიდან გამომდინარე ძალიან მნიშვნელოვანია ისეთი მეთოდებისა და ტექნოლოგიების შემუშავება, რომელიც საშუალებას მოგვცემს მიღებული იქნას დაბალი თვითღირებულებისა და მაღალი ფიზიკურ-მექანიკური და ქიმიური მდგრადობის მქონე ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორი.

ჩვენ მიერ ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორის მისაღებად გამოყენებულია თვითგაფრცვლებადი მაღალტემპერატურული სინთეზის მეთოდი. ეს მეთოდი წარმოადგენს ენერგოეფექტურ, ეკოლოგიურად სუფთა და მარტივ ტექნოლოგიას. აღნიშნული მეთოდის გამოყენება საშუალებას იძლევა ერთ სტადიაში, საწყისი კომპონენტების სწორი შერჩევით მიღებული იქნას მაღალი ფიზიკურ-მექანიკური და ქიმიური მდგრადობის მქონე ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორი, რომელშიც იშვიათი ლითონები პლატინა (Pt), პალადიუმი (Pd) და რადიუმი (Ra) ნაწილობრივ ან მთლიანად ჩანაცვლებული იქნება ისეთი, იაფი და არადეფიციტური ლითონებით, როგორცაა: სპილენძი (Cu), ნიკელი (Ni), ქრომი (Cr) და სხვა.

ნახ. 1-ზე მოცემულია თვითგაფრცვლებადი მაღალტემპერატურული სინთეზით, ფორიანი მასალების მიღების ტექნოლოგიური სქემა, რომელთა გამოყენება წარმატებით შეიძლება სხვადასხვა დანიშნულების (აირების, სითხეების და სხვ.) საფილტრე მასალებად [4,5]. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ამ მასალების გამოყენება ავტომობილებში ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორებად.



ნახაზი 1. ფორიანი მასალების მიღების ტექნოლოგიური სქემა

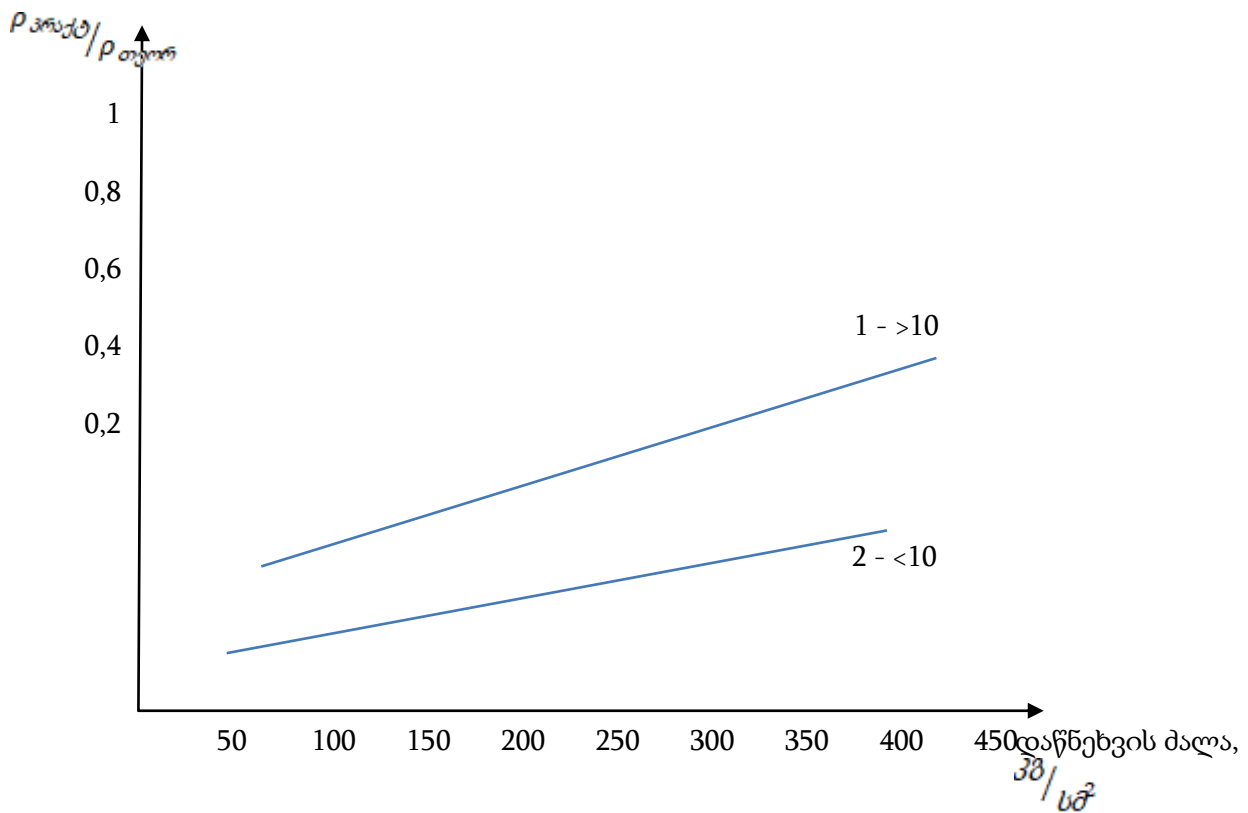
როგორც ნახაზიდან ჩანს სინთეზისათვის აუცილებელია შეირჩეს ძირითადი კომპონენტები Ti-B, Ti-C ისე, რომ საბოლოო პროდუქტში მივიღოთ ტიტანის მონობორიდის და ტიტანის კარბიდის სტექიომეტრიული შემადგენლობა. კაზში ბორისა და ნახშირბადის რაოდენობის უმნიშვნელო ცვლილებითაც იცვლება წვის ტემპერატურა და საბოლოო პროდუქციის ქიმიური შემადგენლობა. სასურველი ქიმიური შემადგენლობის საბოლოო პროდუქციის მიღება შესაძლებელია მხოლოდ რეაქციის ძირითადი შემადგენელი კომპონენტების განსაზღვრული რაოდენობის აღებისას. სინთეზის დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს დამატებითი კომპონენტების (Cu, Ni, Cr და სხვ.) დისპერსიულობას, რადგან დისპერსიულობის არაზუსტად განსაზღვრით საბოლოო პროდუქტში ჩამოთვლილი კატალიზური ლითონები შესაძლებელია სხვადასხვა ქიმიური ნაერთების სახით მივიღოთ, რაც გამორიცხავს დასახული მიზნით ნიმუშის გამოყენებას. სინთეზამდე აუცილებელია აგრეთვე რეაქციის როგორც ძირითადი ასევე დამატებითი კომპონენტების გამოშრობა. გამოშრობის რეჟიმი (ტემპერატურა და დრო) ყველა კომპონენტისათვის არის სხვადასხვა.

სინთეზის კომპონენტების დოზირების შემდეგ ხდება მათი განთავსება სპეციალურ შემრევ ხელსაწყოში. შერევის მიზანია მივიღოთ ერთგვაროვანი კაზმი, რომელშიც ყველა კომპონენტი არის თანაბრად განაწილებული. სრულფასოვანი შერევის ხარისხი დამოკიდებულია შერევის დროზე. ჩვენ მიერ შემრევ ხელსაწყოდ გამოყენებული იქნა ლითონური წისქვილი მბრუნავი ბურთულებით დამზადებული სალი შენადნობებისაგან. შერევა მოხდა შემდეგ რეჟიმში:

კაზმის წონა – 1კგ., ბურთულების წონა – 3კგ., შერევის დრო – 12სთ., წისქვილის ბრუნვის სიჩქარე – 40 ბრ./წთ.

ერთგვაროვანი კაზმის მიღების შემდგომ, მას ვათავსებთ სპეციალურ წნეხფორმაში (დიამეტრით 90მმ.) რომელიც განთავსებულია ჰიდრაულიკური წნეხის სამუშაო მაგიდაზე. წნეხვის პარამეტრები, წნეხვის ძალა და წნეხვის დრო საჭიროა შეირჩეს ისე, რომ არ იქნეს დარღვეული ნიმუშის მთლიანობა, არ შეიმჩნეოდეს მასში ბზარები და შრეობრივი არაერთგვაროვნება.

სინთეზის შემდგომ საბოლოო ნიმუშის ფორიანობას განსაზღვრავს სინთეზამდე ნიმუშის სიმკვრივე, რაც თავის მხრივ დამოკიდებულია წნეხვის ძალაზე.



ნახაზი 2. სინთეზამდე ნიმუშის სიმკვრივის დამოკიდებულება წნეხვის ძალაზე

ნახ. 2-ზე მოცემულია სინთეზამდე ნიმუშის სიმკვრივის დამოკიდებულება წნეხვის ძალაზე, იმ შემთხვევისათვის, როცა დამატებით კომპონენტების (Cu, Ni, Cr და სხვ.) დისპერსიულობა არის განსხვავებული. როგორც ვხედავთ საწყისი კომპონენტების დისპერსიულობა გააღწენას ახდენს ნიმუშის სიმკვრივეზე და დისპერსიულობის ყველა შემთხვევისათვის (<100 მკმ. და >100 მკმ.) წნეხვის ძალის გაზრდით პირდაპირ პროპორციულად იზრდება ნიმუშის სიმკვრივე.

სასურვეელი ფორმის მიღების შემდგომ ნიმუშს ვათავსებთ კამერაში და ვახდენთ პროცესის ინიცირებას ვოლფრამის მავთულით. სინთეზის დამთავრების შემდგომ გავარჯარებული ნიმუშის გაცივებისათვის მას ვათავსებთ შამოტის ფხვნილში, რათა თავიდან იქნას აცილებული შიგა დაძაბულობები და ბზარები.

თვითგაგრძელებადი მაღალტემპერატურული სინთეზის მეთოდით ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორების მიღების დროს საწყისი კაზმის ქიმიური შემადგენლობის სწორად შერჩევა განსაზღვრავს რეაქციის სწორად წარმართვას, რაც განაპირობებს

სასურველი ქიმიური შემადგენლობის საბოლოო პროდუქტის მიღებას. ჩვენს შემთხვევაში ქიმიური ეგზოთერმული რეაქცია მიმდინარეობს Ti-B და Ti-C- ს შორის, საწყის ნარევეში დამატებით შეყვანილია ცნობილი კატალიზური ლითონები: სპილენძი (Cu), ნიკელი (Ni), ქრომი (Cr). ეს ლითონები მათი მაღალი დისპერსიულობის გამო, (>100მკმ) რეაქციაში არ მონაწილეობენ და ბორთან და ნახშირბადთან პროცესში ქიმიურ ნაერთებს არ წარმოქმნიან, საბოლოო პროდუქტში ისინი განაწილებულია თანაბრად, რაც განპირობებულია მათი დისპერსიულობის სწორად შერჩევით. ცხრ.1-ში მოცემულია Ti-B- ისა და Ti-C -ის სისტემის წვის ტემპერატურა და საბოლოო პროდუქტის ფორიანობა სპილენძის (Cu), ნიკელის (Ni), ქრომის (Cr) საერთო რაოდენობის 30 %- ს შემცველობისას თანაფარდობით 2:1:1.

ცხრილი 1. Ti-B- ისა და Ti-C -ის სისტემის წვის ტემპერატურა და საბოლოო პროდუქტის ფორიანობა

საწყისი კაზმის შემადგენლობა	წვის ტემპერატურა, C ⁰	ფორიანობა %
Ti –B (Cu , Ni , Cr)	2200– 2500	15–75
Ti-C (Cu , Ni , Cr)	1800–2100	20– 65

ჩატარებულმა ექსპერიმენტებმა გვიჩვენა, რომ თვითგაურცელებადი მაღალტემპერატურული სინთეზის მეთოდის გამოყენების დროს საბოლოო პროდუქტის ფორიანობა დამოკიდებულია საწყის ნარევეში კატალიზური ლითონების (Cu , Ni , Cr) დისპერსიულობასა და რაოდენობაზე. დადგენილია, რომ ამ პარამეტრების ცვლით შესაძლებელია საბოლოო პროდუქტის ფორიანობის ცვლილება დიდ დიაპაზონში (15–75 %).

ცხრ. 2-ში მოცემულია თვითგაურცელებადი მაღალტემპერატურული სინთეზის (თმს) საბოლოო პროდუქტის ფორიანობა და საწყის ნარევეში შემავალი კატალიზური ლითონების (Cu , Ni , Cr) დისპერსიულობა.

ცხრილი 2. თვითგაურცელებადი მაღალტემპერატურული სინთეზის (თმს) საბოლოო პროდუქტის ფორიანობა და საწყის ნარევეში შემავალი კატალიზური ლითონების (Cu , Ni , Cr) დისპერსიულობა

N	საწყის კაზმში Cu , Ni , Cr დისპერსიულობა (მკმ)	ნაკეთობის ფორიანობა
1	< 40	20–30
2	40– 80	30–50
3	> 100	50–80

ცხრ. 3-ში მოცემულია თმს საბოლოო პროდუქტის ფორიანობა და კატალიზური ლითონების (Cu , Ni , Cr) რაოდენობა საწყის კაზმში.

ცხრილი 3. თმს საბოლოო პროდუქტის ფორიანობა და კატალიზური ლითონების (Cu , Ni , Cr) რაოდენობა საწყის კაზმში

N	საწყის კაზმში Cu , Ni , Cr საერთო რაოდენობა %	საბოლოო პროდუქტის ფორიანობა, %
1	(3+3+3)	70–80
2	(5+5+5)	50–70
3	(10+10+10)	30– 50

მიღებული შედეგებიდან ცხადია, რომ თვითგაურცელებადი მაღალტემპერატურული სინთეზის მეთოდით მიღებული ნიმუშების ფორიანობა დამოკიდებულია საწყის კაზმში შემცველი ელემენტების დისპერსიულობაზე. დანამატი ელემენტების, როგორც

დისპერსიულობის ასევე რაოდენობის გაზრით მცირდება Ti-B და Ti-C-ს წვის ტემპერატურა, რაც თავის მხრივ გავლენას ახდენს საბოლოო პროდუქტის ფორიანობაზე.

ჩვენ მიერ დადგენილ იქნა, ის ძირითადი პარამეტრები, რომლებიც გამსაზღვრავს საბოლოო პროდუქტის ფორიანობას. ესენია:

1. სისტემის წვის ტემპერატურა;
2. დანამატი კომპონენტების (Cu, Ni, Cr) დისპერსიულობა;
3. დანამატი კომპონენტების რაოდენობა;
4. სინთეზამდე ნიმუშის საწყისი ფორიანობა;

დადგენილი იქნა, რომ საბოლოო პროდუქტის ფორიანობაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს საწყისი ნიმუშის სიმკვრივე, რაც თავის მხრივ დამოკიდებულია წნევის ძალაზე, რომლითაც ფხვნილებს სპეციალურ, წინასწარი დაწნევის წნეხ-ფორმაში ვანიჭებთ სასურველ ფორმას.

ჩატარებულმა ექსპერიმენტებმა გვიჩვენა, რომ თმს მეთოდით შესაძლებელია მივიღოთ ფორიანი მასალები ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორისათვის აუცილებელი ქიმიური შემადგენლობით. მიღებული საბოლოო პროდუქტი ხასიათდება მოქმედების მაღალი ეფექტურობით (შეზღუდული ჰაერცვლის პირობებში), მაღალი მექანიკური და ქიმიური მდგრადობით და ვიბრაციის მიმართ კარგი მდგრადობით.

დასკვნა

თმს მეთოდის გამოყენება ახალი კლასის ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორის მისაღებად შესაძლებელს ხდის რთული ენერგოტევადი, მრავალსტადიური, ტრადიციული ტექნოლოგია შეიცვალოს მარტივი, ენერგოეფექტური მეთოდით, რომელიც საშუალებას იძლევა ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორში ძვირადღირებული, იშვიათი ლითონები (პლატინა (Pt), პალადიუმი (Pd) და რადიუმი (Ra)) ნაწილობრივ ან მთლიანად, ჩანაცვლებული იქნება გაცილებით იაფი და არადეფიციტური ლითონებით სპილენძი (Cu), ნიკელი (Ni), ქრომი (Cr). ეს საბოლოო ჯამში ამცირებს ნაკეთობის თვითღირებულებას და ხსნის მისი დეფიციტურობის პრობლემას. ჩვენი აზრით მიღებული ფორიანი მასალები წარმატებით შესაძლებელია გამოყენებული იქნას როგორც ყველა ტიპის შიგაწვის ძრავიან ავტომობილებში, ასევე საწარმოებში, სადაც ხდება გამონაბოლქვი აირების და სითხეების კატალიზური წმენდა.

კვლევა განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით – გრანტი №AR-22-2439

ლიტერატურა

1. Джварелия Н. Каталическое дожигание монооксидов в отработанных газах транспорта. Москва, Из-во ЛЕГА, 2009, 99 с.
2. Повловский В.А. Переработка автомобильных катализаторов. “Автомобильная промышленность” - 2002, №9, с. 31-39.
3. Данилов Н. И., Шелоков Я. М. Экологические проблемы использования топлива. -Екатеринбург, 2004, 109 с.
4. А. И. Хвадагиани, А. Г. Мержанов, И. П. Боровинская “Фазообразование при горении системы Ti-B” Сообщения АН ГССР, 12, Ноябрь. 1984.
5. А. И. Хвадагиани, А. А. Хвадагиани, Д. В. Сахвადзе, Г. В. Тавадзе “Использование твердых сплавов на основе диборида титана в качестве износостойких материалов.” Сообщения АН СССР, 12, 1990.

SUMMARY

USE OF A NEW CLASS OF POROUS MATERIALS FOR AUTOMOBILE EXHAUST GAS FILTRATION

Khvadagiani A.I., Iremadze M.E., Zivzivadze B.L., Topuria R.M., Iremadze D.M., Kochiashvili M.G. and Zivzivadze V.G. Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

The theoretical foundations were developed and an innovative technology was created that ensures the use of the self-propagating high-temperature synthesis method to obtain a new class of neutralizer-catalyst, which will successfully replace similar expensive products that are currently used in the automotive industry and significantly improve the environmental conditions.

Keywords: Ecology, exhaust gases, catalyst, porous material, self-propagating high-temperature synthesis.

წყლის მართვის მოდელი წყლის აღრიცხვის მეთოდის გამოყენებით

გორდეზიანი ქ.გ., ცინაძე ზ.ო., ყაველაშვილი ლ.ბ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

1. შესავალი

წყალი არსებითი მოთხოვნილებაა და არ შეიძლება განცალკევდეს დედამიწის ზედაპირზე მყოფი ცოცხალ არსებათა ცხოვრებიდან. დედამიწის ზედაპირზე შემადგენლობის 70% წყალია, რაც ნიშნავს, რომ სუფთა წყალი არ უნდა იყოს დამოკიდებული სუფთა წყლის მართვის კომპანიებზე. [1] წლიდან წლამდე ჩვენი ქვეყანა განიცდის მოსახლეობის ზრდას და განვითარებას, ამიტომ გაიზარდა სუფთა წყლის საჭიროება. [4] [5] დაარსდა სამინისტროებს შორის თანამშრომლობის პლატფორმა, რომლებიც აჩქარებენ სუფთა წყალმომარაგების უზრუნველყოფას, რათა მივაღწიოთ სუფთა წყლის ხელმისაწვდომობას ყველასთვის. [2] [6]

სუფთა წყლის ცუდი მართვის მოდელი ზიანს აყენებს წყლის ხელმისაწვდომობის ჯაჭვს როგორც ამჟამად, ასევე მომავალშიც. [3] შემდეგ, წყლის აღრიცხვა საჭიროა სუფთა წყლის მართვისთვის უარყოფითი ზემოქმედების შესამცირებლად. წყლის აღრიცხვა არის წყლის რესურსებთან დაკავშირებული ინფორმაციის იდენტიფიკაცია, აღრიცხვა და გადაცემა, რათა კომპანიებს მიეცეთ საშუალება, შეძლონ სწორად და ღიად მართვა. წყლის აღრიცხვისთვის საჭირო კომპონენტებია: [2] [6]

- მთლიანი შემოდინება,
- წმინდა შემოდინება,
- ხელმისაწვდომი წყალი,
- წყლის ამოწურვა და
- გადინება.

ამ კომპონენტებიდან ჩანს წყლის ნაკადის მართვა და საზოგადოებაში განაწილება. ეს ნიშნავს, რომ შესაძლებელია გააერთიანოს სხვადასხვა ასპექტები ისე, რომ არ იყოს სუფთა წყლის ხელმისაწვდომობის დეფიციტი. ამრიგად, სუფთა წყლის მართვა შეიძლება იყოს ეფექტური და შეიქმნას წყლის მართვის უწყვეტობა. [3]

კვლევის შედეგებმა ასევე განმარტა, [6] რომ წყლის აღრიცხვა იძლევა ინფორმაციას სუფთა წყლის მენეჯმენტში ბიზნეს რისკების შესაფასებლად, რაც ხელს უწყობს სწორი და ქვეყნისთვის სასარგებლო გადაწყვეტილების მიღებას. სუფთა წყლის მართვის კომპანიებს წყლის აღრიცხვით შეუძლიათ იდენტიფიცირება მოახდინონ და შეამცირონ ბიზნესის რისკები და წინასწარ განსაზღვრონ წყლის ხელმისაწვდომობა. მაგალითად, დასავლეთ შეერთებული შტატების 12 შტატმა, როგორცაა კალიფორნია, არიზონა, კოლორადო, აიდაჰო, კანზასი, ნებრასკა, ნევადა, ახალი მექსიკა, ორეგონი, ტეხასი, იუტა და ვაშინგტონი, განახორციელეს წყლის აღრიცხვა სუფთა წყლის მართვისთვის, რომელიც გამჭვირვალეა.

წყლის ხელმისაწვდომობის პრობლემა წყლის წყაროების მახლობლად მდებარე სოფლებშიც ჩნდება. ეს ნიშნავს, რომ საზოგადოებამ ვერ შეძლო წყლის წყაროების ათვისება და სათანადო მართვა. წყლის წყაროს ოპტიმალურად გამოყენებისას, მშრალ სეზონზეც კი არ იქნება წყლის დეფიციტი. ზოგიერთ ადგილას დიდ ქალაქებშიც კი, ადგილობრივი წყლის კომპანიების მიერ მართული სუფთა წყლის წყაროები (PDAMs/ Perusahaan Daerah Air Minum) დაბინძურებულია სამრეწველო ნარჩენებითა და საყოფაცხოვრებო ნარჩენებით. [8]

2. ძირითადი ნაწილი

ლიტერატურის მიმოხილვისას შევაგროვეთ სტატიები აკრედიტებული ჟურნალებიდან (Sinta, Emerald, Science Direct). ასევე სტატიების გარდა, ვიხელმძღვანელოთ შესაბამისი ლიტერატურით და წიგნებით.

სუფთა წყლის მართვის ბიზნეს რისკები

რისკი განისაზღვრება, როგორც ზარალის შესაძლებლობა, გაურკვეველობა, ფაქტობრივის დაშლა მოსალოდნელიდან და მოსალოდნელისგან განსხვავებული

ნებისმიერი შედეგის ალბათობა. კვლევებმა განმარტეს, რომ რისკი კლასიფიცირდება როგორც სპეკულაციური ან სუფთა რისკი, რომელიც შეიძლება წარმოიშვას კომპანიის შიგნით ან მის გარეთ. მოსახლეობის მაღალი ზრდა, ბუნებრივად ხდება ეს თუ მიგრირებით, ზრდის წყლის კრიზისის ტემპს და სუფთა წყლის არაეფექტურ მართვას. კვლევაში რომელიც ავსტრალიაში ჩატარდა, სუფთა წყლის მენეჯმენტი არ განხორციელებულა ეფექტურად. სუფთა წყლის მდგრადი მართვა წყლის აღრიცხვის გამოყენებით ითვალისწინებს წყლის დეფიციტს მშრალ სეზონზე [10].

სუფთა წყლის მენეჯმენტისთვის წყლის აღრიცხვა მინიმუმამდე შეამცირებს ბიზნეს რისკებს, როგორც დასავლეთ შეერთებულ შტატებში, რომლებიც ხშირად განიცდიან გვალვას, მიუხედავად იმისა, რომ ისინი იყენებენ წყლის აღრიცხვას სუფთა წყლის მართვისას. [11] წყლის დეფიციტის დასაძლევად სუფთა წყლის მართვის რამდენიმე მოდელი არსებობს; კომბინირებული მოდელის მიხედვით, 2050 წელს მიწისქვეშა წყლების ხელმისაწვდომობა პროგნოზირებულია $0,89 \times 106$ მ³, ამ მოდელის მიხედვით არ განხდება მიწისქვეშა წყლების დეფიციტი, ხოლო მორატორიუმის მოდელის მიხედვით მიწისქვეშა წყლების გამოყენების შედეგი არის ის, რომ 2020 წლიდან დაწყებული წყლის მატება 2025 წელს მიაღწევს სტაბილურობა [9].

წყლის აღრიცხვის კომპონენტები

წყლის აღრიცხვა შეიძლება გამოყენებულ იქნას სუფთა წყლის მართვის გასაანალიზებლად [12]. წყლის აღრიცხვა არის წყლის რესურსებთან დაკავშირებული ინფორმაციის იდენტიფიცირება, აღრიცხვა და კომუნიკაცია, რაც კომპანიებს საშუალებას აძლევს განახორციელონ წყლის მართვა უფრო პასუხისმგებლობით. ეს მონაცემები იძლევა წყლის გამოყენების, დეფიციტისა და პროდუქტიულობის ანალიზის საშუალებას [9,13].

მთლიანი შემოდინება არის სისტემაში შემავალი წყლის მთლიანი გამონადენი, რომელიც შედგება ნალექების, ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლებისგან.

ხელმისაწვდომი წყალი არის წყალი, რომლის გამოყენებაც შესაძლებელია, არის განსხვავება წმინდა შემოდინებასა და სასმელ წყალს შორის.

წყლის ამოწურვა არის შედეგი, რომლის დროსაც საბოლოოდ შეამცირდება წყლის რესურსი/ხელმისაწვდომობა. წყლის ამოწურვა შეიძლება დაიყოს, როგორც პროცესის ამოწურვა და არაპროცესული ამოწურვა. მაგალითად, როდესაც წყალს იყენებენ კონკრეტული პროდუქტების საწარმოებლად. არაპროცესული ამოწურვა არის წყლის გამოყენება, გარდა პროცესის გამოფიტვისა, მაგალითად, აორთქლება წყლის თავისუფალი დონიდან ან ნიადაგის ზედაპირიდან, რომელიც არ არის დამუშავებული.

გადინება არის წყლის გარკვეული რაოდენობა, რომელიც გამოდის სისტემიდან. გადინება შეიძლება დაჯგუფდეს ჩადენილ წყალში და არასასურველ წყალში. გამოყენებული, უსაფრთხო წყალი შესაძლებელია გამოყენებული იყოს ტერიტორიების სარწყავად, ეკოსისტემური მიზნებისთვის.

წყლის აღრიცხვის გამოყენება

წყლის აღრიცხვა არის სისტემური რაოდენობრივი შეფასება წყალმომარაგების, მოთხოვნის, განაწილების, ხელმისაწვდომობისა და გამოყენების ტენდენციების სისტემურ რაოდენობრივ შეფასებაზე, რომელიც აწვდის ინფორმაციას წყლის მეცნიერების, მენეჯმენტისა და მმართველობის შესახებ საზოგადოებისა და გარემოსთვის მდგრადი განვითარების შედეგების მხარდასაჭერად [7] .

თავად წყლის აღრიცხვის სარგებელი:

- შეუძლია გააუმჯობესოს ხარჯების გაგება წყლის თვალსაზრისით მდგრადი განვითარებისთვის,

- შეიძლება დაეხმაროს წყლის პრობლემების იდენტიფიცირებას სექტორებში

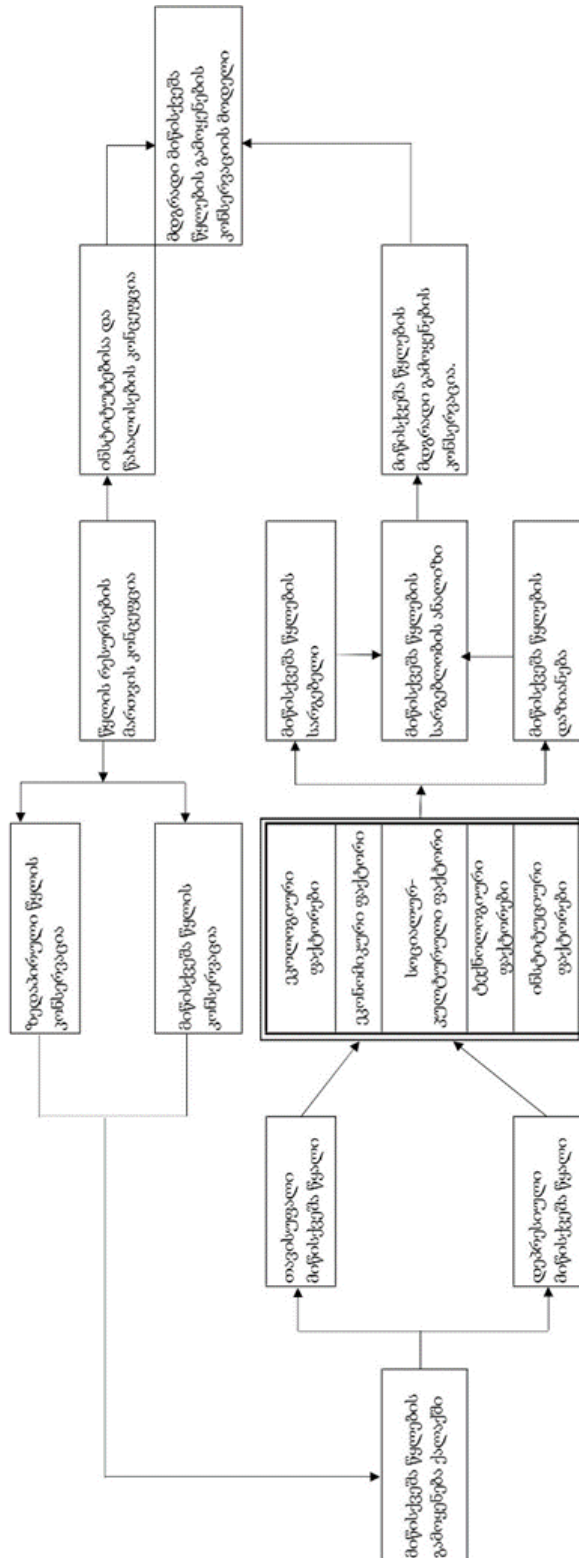
- გაზარდოს წყლის განაწილების გამჭვირვალობა.

წყლის აღრიცხვა არის სისტემა, რომელსაც კომპანიები იყენებენ მოხმარებული წყლის აღსარიცხავად, სხვადასხვა ინფორმაციის და გარემოს ზემოქმედებასთან დაკავშირებული საკითხების გადასაჭრელად [2].

მიუხედავად იმისა, რომ წყლის აღრიცხვას აქვს მრავალი სარგებელი, განვითარებადი ქვეყნების უმეტესობას ჯერ კიდევ უჭირს წყლის რესურსების მართვა [14].

წყლის მდგრადი მართვის მოდელი

წყლის მართვის მოდელებს შესაძლებელია დადებითი გავლენა ქონდეს სუფთა წყლის მართვაში აწმყოსა და მომავალში, განსაკუთრებით წყლის წყაროებზე [15]. ქვემოთ მოცემულია წყლის მდგრადი მართვის მოდელი. [16]



წყლის მდგრადი მართვა

მოდელი განმარტავს, რომ მიწისქვეშა წყლების გამოყენება შეიძლება განხორციელდეს ზედაპირული წყლების კონსერვაციის პროგრამების, მიწისქვეშა წყლების კონსერვაციისა და მიწისქვეშა წყლების გამოყენების შენარჩუნებით. ეს მოდელი გავლენას ახდენს ეკოლოგიურ, ეკონომიკურ, სოციო-კულტურულ, ტექნოლოგიურ და ინსტიტუციურ ფაქტორებზე. ეს სუთი ფაქტორი განსაზღვრავს მიწისქვეშა წყლების შენარჩუნებას წყლის გამოყენებისა და მიწისქვეშა წყლების დაზიანების ანალიზით [17]. წყლის რესურსების მართვის კონცეფცია უზრუნველყოფს უკუკავშირს. ყველა ეს ქმედება დადებით გავლენას იქონიებს მიწისქვეშა წყლების შენარჩუნებისთვის, რათა მომავალში დაიდლოს ხელმისაწვდომი წყლის სიმცირე [18]. სუფთა წყლის მენეჯმენტმა წყლის აღრიცხვის განხორციელებით ყურადღება უნდა მიაქციოს რამდენიმე ასპექტს [7]:

- საზოგადოების მონაწილეობის ასპექტები მოიცავს სუფთა წყლის მიწოდების გაზრდის აუცილებლობას, სარგებლიანობასა და სუფთა წყლის გაზრდილ უზრუნველყოფას შორის ურთიერთობის აღქმას, პასუხისმგებლობისა და საკუთრების გრძნობას, კულტურას, ჩვევებს და რწმენას, რომლებიც დაკავშირებულია სუფთა წყალთან.

- ტექნიკური ასპექტები მოიცავს წყლის მიმდინარე და მომავალ საჭიროებებს, სუფთა წყლის დამუშავებას, ტექნიკურ სტანდარტებს, ორგანიზაციულ პროცედურებს და წყლის ხარისხის მართვას.

- გარემოსდაცვითი ასპექტები მოიცავს წყლის წყაროების ხარისხს, რაოდენობას და წყლის წყაროების დაცვას.

- ფინანსური ასპექტები მოიცავს ხარჯ-შემოსავლის ანალიზს, გადახდის შესაძლებლობას და ტარიფის სტრუქტურას.

- ინსტიტუციური ასპექტები – სტრატეგიებს ეროვნულ დონეზე და პოლიტიკა/სამართლებრივი საფუძვლებს.

3. დასკვნა

ყოველწლიურად იზრდება მოსახლეობის ზრდა და განვითარება, რაც გავლენას ახდენს სუფთა წყალზე მოთხოვნაზე. [5] [6] მშრალ სეზონზე, საქართველოს ბევრი რეგიონი განიცდის სუფთა წყლის ნაკლებობას სუფთა წყლის ცუდი მართვის გამო. სუფთა წყლის მართვის კომპანიები გადამწყვეტ როლს ასრულებენ საზოგადოებისთვის საჭირო სუფთა წყლის ხელმისაწვდომობის შენარჩუნებაში. წყლის აღრიცხვის გამოყენება სუფთა წყლის მართვის კომპანიებში ამ პრობლემის მოგვარებას შეიძლება. წყლის აღრიცხვას შეუძლია ბიზნესის რისკების იდენტიფიცირება და წყლის სამომავლო გამოყენებისა და ხელმისაწვდომობის გამოთვლა. კომპანიებს შეუძლიათ წყლის მართვა გამჭვირვალედ და ანგარიშგაღებულად. ბიზნეს რისკები, რომლებიც ხშირად გვხვდება, არის დანაკარგები და მომხმარებლის ნდობის დაკარგვა. [6] წყლის აღრიცხვის განხორციელებამ შეიძლება შეამციროს ეს რისკები. წყლის აღრიცხვაში, ერთ დღეში წარმოებული და გამოყენებული წყლის რაოდენობა შეიძლება დანამდვილებით იყოს ცნობილი, ეს ინფორმაცია ბევრი სარგებელის მომტანია სხვადასხვა კვლევისთვის.

ბევრ დასახლებას წყალი აკლია, განსაკუთრებით მშრალ სეზონზე. აუცილებელია საზოგადოების ჩართულობის გაზრდა წყლის წყაროების შესანარჩუნებლად, რათა შენარჩუნდეს ბუნებრივი მდგრადობა. საზოგადოების ჩართულობა იწყება ზედაპირული წყლების კონსერვაციის პროგრამების, მიწისქვეშა წყლების კონსერვაციის პროგრამების და მიწისქვეშა წყლების უტილიზაციის პროგრამების განხორციელებით. წყლის რესურსების მართვა ფოკუსირებულია ეკოლოგიურ, ეკონომიკურ, სოციო-კულტურულ, ტექნოლოგიურ და ინსტიტუციონალურ ფაქტორებზე. თუ ყველა ეს ფაქტორი იქნება გათვალისწინებული, შესაძლებელი იქნება წყლის რესურსების და გარემოს მდგრადი მართვის გაუმჯობესება.

და ბოლოს, საზოგადოებას შესაძლებლობა ექნება გრძელვადიან პერსპექტივაში ისარგებლოს წყალმომარაგებით.

ლიტერატურა

1. Armadi D, Hidayat A, and Simanjuntak SM. Analisis Pengelolaan Air Bersih Berkelanjutan Di Kota Bogor (Studi Kasus: Pdam Tirta Pakuan). //Journal of Agriculture, Resource and Environmental Economics, 2019, 2, pp. 1–12.
2. Escriva-Bou A, McCann H, Hanak E, Lund J, and Gray B. Accounting for California Water. //California Journal of Politics and Policy, 2016, 8, pp.1-28.
3. Christ K, and Burritt, R. Supply chain-oriented corporate water accounting: a research agenda. //Sustainability Accounting, Management and Policy Journal, Vol. 8 No. 2, 2017 pp. 216-242 © Emerald Publishing Limited 2040-8021 DOI 10.1108/SAMPJ-05-2016-0029.
4. Cummings E. Potential Users' Perceptions of General Purpose Water Accounting Reports. //Journal of Islamic Marketing, 2015, 6, pp, 1–18.
5. Pawsey N, Ananda J, and Hoque Z. Rationality, accounting and benchmarking water businesses: An analysis of measurement challenges. //International Journal of Public Sector Management 2018, 31 pp. 290–315.
6. Gibassier D. Corporate water accounting, where do we stand? The international water accounting field and french organizations: Advances in Environmental Accounting and Management. 2018, 7, pp. 31–65.
7. Escriva-Bou A, McCann H, Hanak E, Lund J, Gray B, Blanco E, Jezdimirovic J, MagnusonSkeels B, and Tweet A 2020 Water Accounting in Western US, Australia, and Spain: Comparative Analysis Journal of Water Resources Planning and Management 146 pp. 1–15.
8. Susanto A, Rusdianto E, and Sawir I 2014 Model Konservasi Pemanfaatan Air Tanah yang Berkelanjutan di Kota Semarang Jurnal Matematika, Saint, Dan Teknologi 15 pp. 29–41.
9. Charles Batchelor (FAO Consultant) 2017 Water Accounting and Auditing: A Sourcebook FAO Land and Water Division. ISSN 1020-1203.
10. Elmahdi A 2019 Road Maps for Water Accounting Designing and Institutionalizing for Sustainable Water Management in MENA Region International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources 22 pp. 8–11.
11. Christ KL and Burritt RL 2018 The role for transdisciplinarity in water accounting by business: reflections and opportunities Australasian Journal of Environmental Management 25 pp. 302– 320.
12. Tortajada C 2020 Contributions of recycled wastewater to clean water and sanitation Sustainable Development Goals. Npj Clean Water 3 .
13. Momblanch A, Pedro-Monzonis M, Solera A and Andreu J 2018 Water Accounting for Integrated Water Resources Management In Advances in Chemical Pollution, Environmental Management and Protection 3.
14. Elmahdi A, Hafeez M, Smith A, Frost A, Vaze J, and Dutta D. 2015 Australian Water Resources Assessment Modelling System (AWRAMS)- informing water resources assessment and national water accounting The Art and Science of Water - 36th Hydrology and Water Resources Symposium HWRS 2015 December pp 979–986.
15. Sallata MK 2015 Konservasi dan Pengelolaan Sumber Daya Air Berdasarkan Keberadaannya sebagai Sumber Daya Alam Info Teknis EBONI 12 pp. 75–86..
16. Susanto A, Rusdianto E and Sawir I 2014 Model Konservasi Pemanfaatan Air Tanah yang Berkelanjutan di Kota Semarang Jurnal Matematika, Saint, Dan Teknologi 15 pp. 29–41.
17. Rahmi YK, Paulus W, Haryoto K, Setyo SM 2017 Citizen engagement to sustaining communitybased rural water supply in Indonesia International Journal of Development Issues 16 pp. 276- 288.
18. Putra D 2017 Evaluasi Keberlanjutan Sistem Pengelolaan Sumberdaya Air "HIPAM" pada Masyarakat Desa Pandanrejo Kecamatan Bumiaji, Batu Jawa Timur Jurnal Pendidikan Geografi 22 pp 22–31.

SUMMARY

WATER MANAGEMENT MODEL USING WATER ACCOUNTING METHOD

Gordeziani K.G., Tsinadze Z.O. and Kavelashvili L.B.

Georgian Technical University

Business risks faced by clean water companies include high volume losses and reduced loyalty to water users. This risk arises from the lack of accountability, credibility, and transparency in sustainable clean water management. It can be overcome by implementing water metering. The presented article explains the model of sustainable water management using the method of water accounting. The article is compiled from articles used in accredited journals (Sinta, Emerald, Science Direct). The results show that water metering, in addition to reducing business risk for clean water service providers, also promotes sustainable water management. Water accounting components such as gross inflow, net inflow, available water, water depletion and outflow provide transparent and accountable information. Water metering components can analyze water use, scarcity, and productivity to predict clean water needs, as the amount of water produced and used in a single day can be known with certainty.

Keywords: Water resources, components of water accounting, losses, risks.

**ნანოფილტრაციული პროცესის კვლევა ბუნებრივ, მტკნარ წყალში
ბახსნილი 0.2%-იანი $MgSO_4$ -ისა და 15%-იანი $NaCl$ -ის ბამოქოვისათვის**

**ბიბილეიშვილი გ.ვ., მამულაშვილი მ.ა., კაკაბაძე ე.გ., კეჭერაშვილი მ.გ.,
ჯავახიშვილი ზ.დ.**

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო
ინსტიტუტი**

ნანოსისტემების უმნიშვნელოვანეს ნიშანთვისებას წარმოადგენს მათი რეალიზაციის დროს მიღებული პროდუქტების, მასალებისა და მოწყობილობების ხარისხობრივი ცვლილებები და თვისებები.

ნანოფილტრაციული მემბრანები, სათანადო მემბრანული ტექნოლოგიების დამუშავების ბაზაზე, შესაძლებელს ხდის გაიყოს ნატრიუმის, მაგნიუმის, კალციუმის, ქლორის, ფტორისა და კალიუმის იონები ცოცხალ ორგანიზმში ბიოლოგიური მემბრანების მსგავსად.

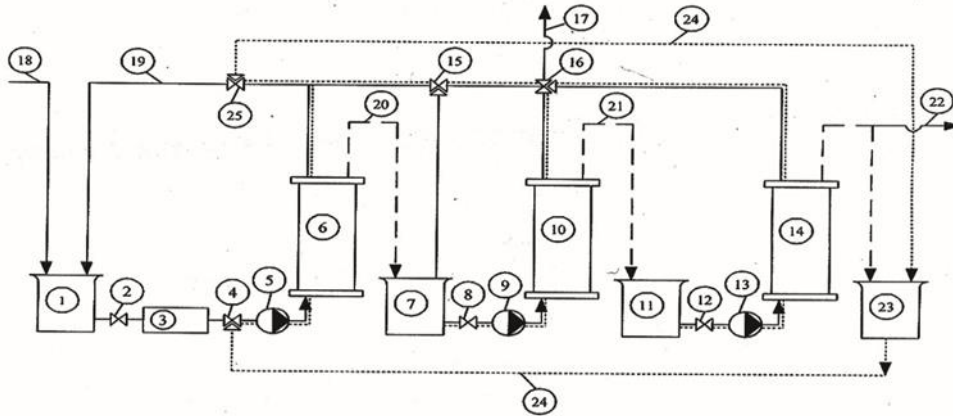
ნანომასალათა შორის, ფოროვან ნანოფილტრაციულ მემბრანებს უკავიათ განსაკუთრებული მდგომარეობა. ამას განაპირობებს შემდეგი ძირითადი მიზეზები:

- მემბრანები არიან ტიპური ნანოსტრუქტურები, რომლებიც წარმოადგენენ სამგანზომილებიან შეკავშირებას ან ცალკეულ ნანოფორებს, მატრიცულ, პოლიმერულ ან არაორგანულ ჩარჩოში; მემბრანების თხელი სელექტიური ფენები (შრეები), რომლებშიც ძირითადად ფუნქციონირებენ ნანოფორები, ხშირად თვითონ წარმოადგენენ ნანოფენას სისქით 100 ნმ-დე [1,2].

ნანოფილტრაცია უზრუნველყოფს ხსნარის გაყოფის იმ ამოცანების გადაწყვეტას, რომელიც შეუძლია უკუოსმოსისა და ულტრაფილტრაციის პროცესებს; ეს ეხება მარილების (მონოვალენტური კათიონებით და ანიონებით) გაყოფის შესაძლებლობას, აგრეთვე ორგანული ნივთიერებების მოცილებას მოლეკულური მასით 200 დალტონის ზევით. ნანოფილტრაციის გამოყენებით შესაძლებელია შემცირდეს წყლის ფერი (75–90 %-ით), დამუხანგველობა (50–80 %-ით), სიხისტე (50–80 %-ით), მიკროელემენტების შემცველობა, მთლიანად მოცილდეს მიკროფლორა, განხორციელდეს წყლის ნაწილობრივი დემინერალიზაცია. ნანოფილტრაცია იძლევა წყალმომზადების სისტემებით წყლის დემინერალიზაციის სასურველი დონის დამუშავების შესაძლებლობას [3–5].

ნანოფილტრაციის ეფექტურად გამოყენება შესაძლებელია მიწისქვეშა და ზედაპირული წყლების გაწმენდა-გაუსუნებოვნებისა და სათანადო ხარისხით დემინერალიზაციისთვის.

ნანოფილტრაციული პროცესის კვლევა განხორციელდა ბუნებრივ, მტკნარ წყალში გახსნილი 0,2 %-იანი $MgSO_4$ -ის და 15 %-იანი $NaCl$ -ის მოდელური ხსნარების ბაზაზე. დამუშავდა ბუნებრივი წყლის გაწმენდა-გაუსუნებოვნებისა და საჭირო დონეზე დემინერალიზაციის ორსექციანი ტექნოლოგიური სქემა (ნახაზი), რომლის მიხედვითაც, წყლის წინასწარი გაწმენდა-გაუსუნებოვნების სამსაფეხურიანი სექციის პირველი საფეხური ითვალისწინებს წყლის გაწმენდას 50 მკმ ზომის ჩიხური ტიპის ფილტრით, მეორე საფეხური – წყლის დამუშავებას მიკროფილტრაციის პროცესის გამოყენებით, ხოლო მესამე საფეხური – წყლის ულტრაფილტრაციას [2,6,7]. წყლის საჭირო დონეზე დემინერალიზაცია ხორციელდება სათანადო პროცენტული მაჩვენებლის მქონე მემბრანებით ნანოფილტრაციული პროცესის სექციაში.



წყლის გაუსნებოვნება-დემინერალიზაციის ნანოფილტრაციული დანადგარის პრინციპული სქემა

დანადგარი შედგება საწყისი წყლის ავზისაგან 1 და ფილტრატის ავზისაგან 23, წინასწარი გაწმენდის ფილტრისაგან 3, ტუმბოებისაგან 5, 9, 13, მემბრანული აპარატისაგან 6, 10, 14, ვენტილებისაგან 2, 4, 7, 8, 12, 15, 16, 25. დანადგარი აღჭურვილია მილგაყვანილობით 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24. ამასთან მთლიანი ხაზებით ნაჩვენებია ის მილგაყვანილობები, რომლებშიც მოძრაობს წყალი თვით გაყოფის პროცესის დროს, ხოლო წერტილოვანი ხაზებით – სარეცხი სითხის მოძრაობა მილებში დანადგარის დაუშლელი რეცხვის დროს. საწყისი წყალი ავზიდან 1 ვენტილის 2, წინასწარი ფილტრისა 3 და ვენტილის 4 გავლით ტუმბოთი 5 მიეწოდება მემბრანულ აპარატში 6. გაფილტრული სითხე ჩაედინება ავზში 7. ულტრაფილტრაციული მემბრანული აპარატში 10 გაფილტრული პერმეატი ჩაედინება ავზში 11. ნანოფილტრაციულ მემბრანულ აპარატში 14 გადამუშავებული ხსნარი პერმეატის სახით ჩაედინება ავზში 23.

ექსპერიმენტალური შედეგების საფუძველზე დადგინდა, რომ მიკროფილტრაციული მემბრანული დანადგარის წარმადობა შეადგენს 600 ლ/სთ, ულტრაფილტრაციული მემბრანული დანადგარის წარმადობა აღემატება 500 ლ/სთ., ხოლო ნანოფილტრაციული მემბრანული დანადგარის წარმადობა უტოლდება 300 ლ/სთ. მემბრანული დანადგარების საფილტრაციო ფართი შეადგენს 5კვ.მ.

ბუნებრივ, მტკნარ წყალში გახსნილი 0,2 %-იანი $MgSO_4$ -ის და 15%-იანი $NaCl$ -ის მოდელური ხსნარების გაწმენდა-გაუსნებოვნება და სათანადო დონეზე დემინერალიზაცია ხორციელდებოდა NF-P, NF-K, NF-K ნანოფილტრაციული მემბრანებით [8–10]. ჩატარებული ცდების შედეგები მოყვანილია ცხრილში.

ნანოფილტრაციული პროცესის კვლევა დემინერალიზაციის მაჩვენებლების მიხედვით

მემბრანის ტიპი	მუშა წნევა, მპა	მემბრანების მახასიათებლები		
		სელექტიურობა 15%-იანი $NaCl$ მიმართ, %	სელექტიურობა 0,2%-იანი $MgSO_4$ მიმართ, %	ხვ.წარმადობა, ლ/მ ² სთ
NF-P	0,8	45,0	95,5	85,0
NF-K	0,8	25,0	93,0	97,0
NF-KN	0,6	60,0	98,0	38,0

ექსპერიმენტების შედეგებმა აჩვენა, რომ NF-P OPMN-P მემბრანების ხვ. წარმადობა ოპტიმალური წნევის დროს შეადგენდა 85 ლ/მ²სთ, მაშინ როდესაც NF-KN მემბრანების ხვ.წარმადობა ტოლი იყო 38 ლ/მ²სთ 0,6 მპა წნევის დროს. NF-K მემბრანის სელექტიურობა შეადგენს 25% 15 %-იანი $NaCl$ მიმართ, და 93 % 0,2%-იანი $MgSO_4$ მიმართ.

ამრიგად, მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება გამოვიტანოთ დასკვნა, რომ ბუნებრივი წყლის ნაწილობრივი დემინერალიზაცია შესაძლებელია სხვადასხვა ხარისხობრივ დონეზე მიკრო-, ულტრა- და ნანოფილტრაციული პროცესების გამოყენებით, ქიმიური კომპონენტების ზღვრულ სტანდარტის დაცვით. ბუნებრივი წყლის დამუშავების დროს ერთდროულად ხდება ყველა გარეშე მექანიკური ჩანართების, არასასურველი მინარევებისა და მიკროორგანიზმების მოცილება, რაც უზრუნველყოფს მაღალხარისხოვანი, კრისტალურად გამჭვირვალე, სუფთა, სტერილური და შენახვისადმი მდგრადი პროდუქციის მიღებას ნალექის წარმონაქმნის გარეშე. ბუნებრივი წყლის დამუშავებისას შესაძლებელია მიღებული ქიმიური კომპონენტების კონცენტრატების მეორადი გამოყენება.

ლიტერატურა

1. Fu Liu, N. Awanis Hashim, Yutie Liu, M.R. Moghareh Abed, K. Li, Progress in the production and modification of PVDF membranes, *Journal of Membrane Science*, Volume 375, Issues 1–2, 15 June 2011, pp. 1-27
2. 2.Alessandra Imbrogno, Andrea I. Schäfer, Comparative study of nanofiltration membrane characterization devices of different dimension and configuration (cross flow and dead end). // *Journal of Membrane Science*, Volume 585, 1 September, 2019, pp. 67-80/
3. D.L. Oatley-Radcliffe, S.R. Williams, C. Lee, P.M. Williams, Characterisation of mass transfer in frontal nanofiltration equipment and development of a simple correlation. // *J. Membr. Sep. Tech.*, 2015, 4, p. 149.
4. B. VandervanBruggen, A. Verliefde, L. Braeken, E.R. Cornelissen, K. Moons, J.Q. Verberk, H.J. van Dijk, G. Amy Assessment of a semi-quantitative method for estimation of the rejection of organic compounds in aqueous solution in nanofiltration. // *J. Appl. Chem. Biotechnol.*, 2006, 81, pp. 1166-1176.
5. S. Bason, Y. Kaufman, V. Freger, Analysis of ion transport in nanofiltration using phenomenological coefficients and structural characteristics. // *J. Phys. Chem. B*, 114, 2010, pp. 3510-3517.
6. Y. Kiso, K. Muroshige, T. Oguchi, T. Yamada, M. Hhirose, T. Ohara, T. Shintani, Effect of molecular shape on rejection of uncharged organic compounds by nanofiltration membranes and on calculated pore radii. // *J. Membr. Sci.*, 2010, 358, pp. 101-113.
7. Guo Y, Li T Y, Xiao K, Wang X M, Xie Y F (2020). Key foulants and their interactive effect in organic fouling of nanofiltration membranes. // *Journal of Membrane Science*, 610, pp.118252.
8. Her N, Amy G, Plottu-Pecheux A, Yoon Y (2007). Identification of nanofiltration membrane foulants. *Water Research*, 41(17), pp.3936–3947.
9. Liu Y L, Wang X M, Yang H W, Xie Y F, Huang X (2019). Preparation of nanofiltration membranes for high rejection of organic micro-pollutants and low rejection of divalent cations. // *Journal of Membrane Science*, 572, pp 152–160.
10. Xiao-mao Wang, Bing Li, Tong Zhang, Performance of nanofiltration membrane in rejecting trace organic compounds: Experiment and model prediction, 2015, *Desalination*, 2015, 370.

SUMMARY

A STUDY OF THE NANOFILTRATION PROCESS IN NATURAL, FRESH WATER DISSOLVED TO SEPARATE 0.2% MgSO₄ and 15% NaCl

Bibileishvili G.V., Mamulashvili M.A., Kakabadze E.G., Kezherashvili M.G. and Javashvili Z.D.

Engineering Institute of Membrane technologies of Georgian Technical University

The article discusses the issues of partial demineralization of natural water, which is possible at different qualitative levels using micro-, ultra-, and nanofiltration processes while complying with the standard of chemical components. It is possible to regulate the molecular-ionic composition of natural water using baromembrane processes, which is confirmed by ionometric and turbidimetric research methods, by changing the chemical composition caused by targeted deionization of natural water.

Keywords: nanofiltration membranes, nanosystems, nanopores, partial demineralization, chemical components.

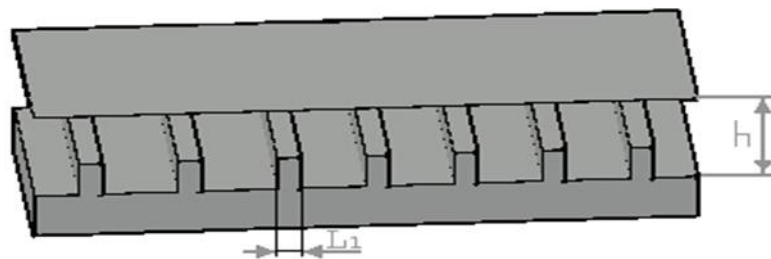
მიკროფილტრაციული გაყოფის პროცესის ოპტიმალური რეჟიმული პარამეტრების და მემბრანის ზედაპირზე დანალექის წარმოქმნის მემბრანის შესწავლა ჰიბრიდული ნაკადის პირობებში

ბიბილეიშვილი გ.გ., კეჭერაშვილი მ.გ., ყუფარაძე ლ.პ., მამულაშვილი მ.ა.,
ებანოიძე ლ.ო.

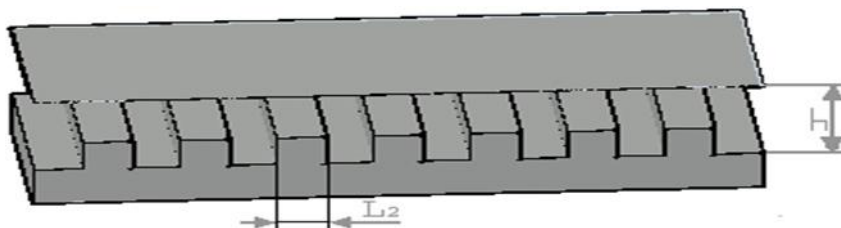
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი

მემბრანული აპარატის ინტენსიური მუშაობის პროცესში მემბრანული ფირის ზედაპირზე წარმოქმნილი დანალექი ქმნის ბარიერს, რომელიც ამცირებს საფილტრაციო ზედაპირის მარგიქმედების კოეფიციენტს, აუარესებს მემბრანის სელექტიურობას და წარმადობას, ზრდის მემბრანული აპარატის ჰიდრაულიკურ წინააღმდეგობას, აფერსებს დანადგარის სტაბილურ მუშაობას და ამცირებს ექსპლუატაციის რესურსს [1-3]. მემბრანული სისტემის სადაწნეო საკნის ოპტიმალური გეომეტრიული კონფიგურაციის შესწავლისათვის ჩატარდა დემინერალიზებული წყლის მიკროფილტრაციული გაყოფის პროცესის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევები ცვლადი წნევის, სიჩქარის და საცირკულაციო ნაკადის პირობებში. ექსპერიმენტული კვლევები ტარდებოდა მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტში შექმნილ ტანგენციალური მიკროფილტრაციის ლაბორატორიულ მემბრანულ დანადგარზე, რომლის სადაწნეო საკნის სიგანეა $46,5 \times 10^{-3}$ მ, სიგრძე 96×10^{-3} მ; სიმაღლე $0,2 \times 10^{-3}$ მ, $0,4 \times 10^{-3}$ მ, $0,6 \times 10^{-3}$ მ, 1×10^{-3} მ; კვლევის თეორიული და ექსპერიმენტული მონაცემების ანალიზის შედეგებმა აჩვენა, რომ მემბრანული აპარატის მოცემული გეომეტრიის შემთხვევაში ლამინარული ნაკადის პირობებში დაბალია საწარმოო ხარჯები და დანადგარის ხვედრითი წარმადობა. ტურბულენტური რეჟიმის განხორციელებისათვის რეინოლდსის მაღალი მნიშვნელობის მიღება დაკავშირებულია სადაწნეო საკანში სითხის ნაკადის მაღალ სიჩქარესთან, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის ენერგოდანახარჯებს [4].

ტანგენციალური მიკროფილტრაციის ლაბორატორიული დანადგარისათვის განისაზღვრა სადაწნეო საკნის გეომეტრიის კონსტრუქციული თავისებურებები და კონსტრუქციული ელემენტების ცვლადი მნიშვნელობების დიაპაზონი, რომლის პრინციპული სქემები მოცემულია სურათზე 1 და 2:



სურათი 1. სადაწნეო საკანი მინიმალური ზომის (1) კონსტრუქციული ელემენტით



სურათი 2. სადაწნეო საკანი მაქსიმალური ზომის (2) კონსტრუქციული ელემენტით

მიკროფილტრაციულ მემბრანულ აპარატში სადაწნეო საკნის სიმაღლის h_1 , h_2 , h_3 და ზედაპირის გეომეტრიაში კონსტრუქციული ელემენტების ზღვრული მნიშვნელობებისათვის განხორციელებულმა ექსპერიმენტულმა კვლევებმა მემბრანის ერთეულ ფართისათვის განაპირობა გამყოფ შრეში სითხის ნაკადის ეფექტური და ინტენსიური მოძრაობა, რამაც უზრუნველყო სითხის ნაკადის ჰიდროდინამიკური მაჩვენებლების ოპტიმიზაცია დანადგარის ხვედრითი წარმადობის სტაბილური მაჩვენებლებით. კვლევის შედეგები ასახულია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. მემბრანული აპარატის სადაწნეო საკნის h_1 , h_2 , h_3 სიმაღლის, ზედაპირის გეომეტრიის კონსტრუქციული ელემენტების ზომით L_1 და L_2 ხვ. წარმადობის მნიშვნელობები

საკნის სიმაღლე, მმ	H_1	H_2	H_3
ხვ.წარმადობა, J ლ/მ ² სთ (L_1)	156	184	200
ხვ.წარმადობა, J ლ/მ ² სთ (L_2)	224	266	414

მემბრანული დანადგარის სადაწნეო საკნის გეომეტრიაში განხორციელებულმა ცვლილებებმა განაპირობა ლამინარული და ტურბულენტური ნაკადების ჰიბრიდული რეჟიმების წარმოქმნა, რომლის პირობებში დანადგარის ხვედრითი წარმადობის მაჩვენებელი აღემატება ლამინარული და ტურბულენტური ნაკადებისათვის მიღებულ შესაბამის მაჩვენებლებს.

შესწავლილი იქნა ბუნებრივი წყლების გრანულომეტრული შედგენილობა ანალიზატორით Zetasizer NanoZen-3690. განხორციელდა ფილტრაციის პროცესში მემბრანის ზედაპირზე წარმოქმნილი დანალექის კლასიფიკაცია სხვადასხვა სიმღვრივის ბუნებრივ წყლებში არსებული 5 ნმ-დან 8 ნმ-მდე, 180 ნმ-დან 400 ნმ-მდე, 800 ნმ-დან 1200 ნმ-მდე ზომის ნაწილაკების მიხედვით, რის საფუძველზე შეიქმნა ბარომემბრანული პროცესებისთვის განკუთვნილი გრანულომეტრიული ნაწილაკების კლასიფიკატორი. მასკანირებელი (ტუნელური) მიკროსკოპის საშუალებით (Certus Standard V) შესწავლილი იქნა FTU-0,03, FTU-3, FTU-5, FTU-10, FTU-20, FTU-40, FTU-50 სიმღვრივის მქონე მოდელური ხსნარების ფილტრაციის შედეგად მემბრანების ფირებზე გაჩენილი დანალექის სტრუქტურა და წარმოქმნის მექანიზმი.

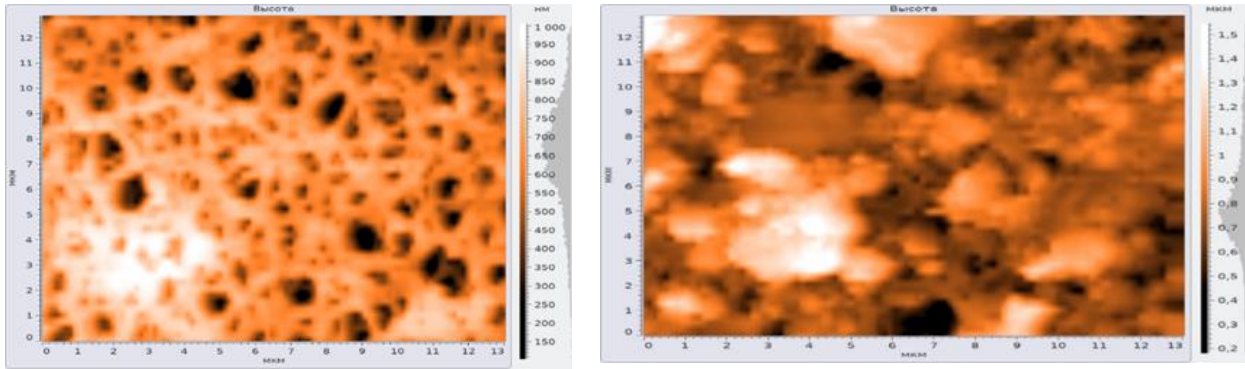


FTU-0,03



FTU-50

სურათი 5. სხვადასხვა სიმღვრივის მოდელური ხსნარების მიკროფილტრაციის შედეგად მემბრანის ზედაპირზე წარმოქმნილი დანალექი



ა

ბ

სურათი 6. მემბრანის ზედაპირის მიკროგრაფიული 2 გამოსახულება FTU-0,03 (ა) და FTU-50 (ბ) სიმღვრივის მოდელური ხსნარის მიკროფილტრაციის შემდეგ

FTU-0,03 სიმღვრივის (დისტილირებული წყალი) ბუნებრივი წყლის მიკროფილტრაციის შედეგად მემბრანის ზედაპირზე ნათლად წარმოდგენილია მისი ფოროვანი სტრუქტურა უცხო ნაწილაკების გარეშე (სურათი 6,ა), FTU-50 სიმღვრივის მოდელური ხსნარის ფილტრაციის შედეგად მემბრანის ფოროვანი სტრუქტურა დაფარულია სხვადასხვა გრანულომეტრიული ზომის ნაწილაკებით, ზედაპირი არაერთგვაროვანია, რაც დანალექის წარმოქმნაზე მიუთითებს (სურათი 6,ბ).

ცხრილი 2. მემბრანის დაბინძურების მექანიზმი

კანონზომიერება	აღწერა
სრული ბლოკირება (ფორების დახშობა)	ნაწილაკების მიერ ფორების დახშობა; $d_{ნაწილაკი} = d_{ფორა}$ ნაწილაკები არ გროვდებიან ერთმანეთზე
შუალედური ბლოკირება (აღსორბცია ხანგრძლივი დროის შემთხვევაში)	ნაწილაკების დაგროვება, ფორების დახშობა $d_{ნაწილაკი} = d_{ფორა}$
სტანდარტული აღსორბცია (პირდაპირი აღსორბცია)	ნაწილაკების დეპონირება ფორის შიდა კედლებზე, ფორის ზომების შემცირება $d_{ნაწილაკი} < d_{ფორა}$

მემბრანული დანადგარის სადაწნეო საკნის გეომეტრიაში განხორციელებულმა ცვლილებებმა უზრუნველყო ლამინარული და ტურბულენტური ნაკადების ჰიბრიდული რეჟიმის წარმოქმნა, რამაც განაპირობა ჰიდროდინამიკური პროცესის ოპტიმიზაცია დანადგარის ხვედრითი წარმადობის ასიმპტოტური მაჩვენებლის გაზრდით. სადაწნეო საკანში განხორციელდა სითხის მოძრაობის ლამინარული და ტურბულენტური რეჟიმების ინოვაციური ჰიბრიდული ნაკადი, რამაც უზრუნველყო კონცენტრაციული პოლარიზაციის ხარისხის შემცირება, რაც იწვევს მემბრანის ზედაპირზე შეწონილი ნაწილაკების და მიკროორგანიზმების დაგროვების პროცესის ინტენსივობის შემცირებას, შედეგად იზრდება მემბრანის გამოყენების რესურსი, მცირდება დანადგარის გაწმენდისათვის და რეცხვა-რეგენერაციისათვის გაწეული ხარჯები, მაღლდება სასმელი წყლის სისუფთავის ხარისხი და დანადგარის ტექნიკურ-ეკონომიური მაჩვენებლები.

ლიტერატურა

1. Hongzhan Di, Gregory J. O. Martin, Dave E. Dunstan. Characterization of particle deposition during crossflow filtration as influenced by permeate flux and crossflow velocity using a microfluidic filtration system. /Front. Chem. Sci. Eng., 2021, 15(3), pp. 552–561.
2. Di H, Martin G J, Sun Q, Xie D, Dunstan D E. Detailed, real-time characterization of particle deposition during crossflow filtration as influenced by solution properties. // Journal of Membrane Science, 2018, 555, pp. 115–124.
3. Shirazian, S.; Rezakazemi, M.; Marjani, A.; Moradi, S. Hydrodynamics and mass transfer simulation of wastewater treatment in membrane reactors. Desalination 2012, 286, pp. 290–295.
4. ბიბილეიშვილი გ.ვ., კეჭერაშვილი მ.გ., ყუფარაძე ლ.პ., ჯავაშვილი ზ.დ. მიკროფილტრაციულ პროცესებში ნაკადის ჰიდროდინამიკის კვლევა მემბრანული სისტემების სადაწნეო საკნის ოპტიმალური გეომეტრიული კონფიგურაციის შესწავლისათვის. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი (GEN), 2023, №2, ტ.98, გვ. 57-58.

SUMMARY

STUDYING THE OPTIMAL MODE PARAMETERS OF THE MICROFILTRATION SEPARATION PROCESS AND THE MECHANISM OF SEDIMENT FORMATION ON THE MEMBRANE SURFACE UNDER HYBRID FLOW CONDITIONS

**Bibileishvili G.V., Kezherashvili M.G., Kuparadze L.P., Mamulashvili M.A. and Ebanoidze L.O.
Engineering Institute of Membrane Technology of Georgian Technical University**

To study the optimal geometrical configuration of the pressure cell of the membrane system, theoretical and experimental studies of the microfiltration separation process have been conducted. The changes made in the geometry of the pressure cell of the membrane device ensure the creation of a hybrid regime of laminar and turbulent flows, under which conditions the specific performance of the device exceeds the corresponding indicators obtained for laminar and turbulent flows. The structure and formation mechanism of sediment on the surface of the membrane are studied for model solutions of different turbidity under hybrid flow conditions.

Keywords: microfiltration, membrane device, hydrodynamics, Hybrid flow.

პოლიმერის კონფორმაციის ცვლილების შესწავლის სტანდარტული მეთოდოლოგია

ბიბილეიშვილი გ.გ., გოგესაშვილი ნ.ნ., იაკობაშვილი გ.თ., ჯაგაშვილი ზ.დ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი

სინათლის გაბნევის დინამიკური მეთოდი ანუ იგივე ფოტონური კორელაციური სპექტროსკოპია, არის მძლავრი ინსტრუმენტი ხსნარში მაკრომოლეკულების ჰიდროდინამიური რადიუსების განსაზღვრისათვის, რომლებიც დამოკიდებულია მაკრომოლეკულების ზომებზე და ფორმებზე. სინათლის დინამიური განბნევა წარმოიქმნება სიმკვრივის და კონცენტრაციის ფლუქტუაციის შედეგად, რომელთა დარეგისტრირება შესაძლებელია თანამედროვე მეთოდებით უახლესი ანალიზატორების გამოყენებით [1,2]. პოლიმერულ ხსნარში კომფორმაციული ცვლილებების შესასწავლად, კვლევითი ექსპერიმენტები ჩატარებული იქნა ნაწილაკების ზომის განმსაზღვრელ ანალიზატორზე Zetasizer Nano ZS90 სინათლის განბნევის დინამიური მეთოდით (DLS).

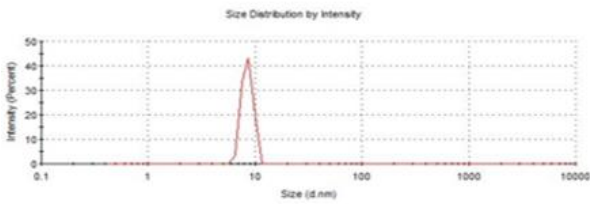
აღნიშნულ მეთოდში მიჩნეულია, რომ ხსნარებში ნაწილაკები წარმოადგენენ იდეალურ მყარ სფეროებს. მაგრამ ცნობილია, რომ პოლიმერებს კარგ გამხსნელებში გააჩნიათ გაფართოებული გორგალის ფორმა. რის გამოც ამ მეთოდით განსაზღვრული გახსნილი ნაწილაკების რადიუსი წარმოადგენს წარმოსახვით ჰიდროდინამიურ რადიუსს [3,4]. ასევე, პოლიმერებს გააჩნიათ გლობულარული კონფორმაციები და ამ პირობებში ხსნარებში მოქმედი მოლეკულათაშორისო მიზიდულობის ძალების გამო ნაწილაკების ზომების განსაზღვრა არატრივიალური ამოცანაა, რადგან კონცენტრირებულ ხსნარებში ნაწილაკების ზომის გაზომვა რთულია მრავალჯერადი გაფანტვის ან სინათლის ძლიერი აბსორბციის ეფექტის გამო. ამიტომ, ექსპერიმენტები ჩატარებული იქნა განსხვავებული კონცენტრაციის განზავებულ ხსნარებზე ნაწილაკის ზომების, დისპერსიულობის ხარისხის და გარდატეხის მაჩვენებლების მნიშვნელობების განსაზღვრით.

ცხრილი 1. პოლიმერული ხსნარების გარდატეხის მაჩვენებლების და ნაწილაკის ზომების ინტენსივობის პროცენტული მაჩვენებლები.

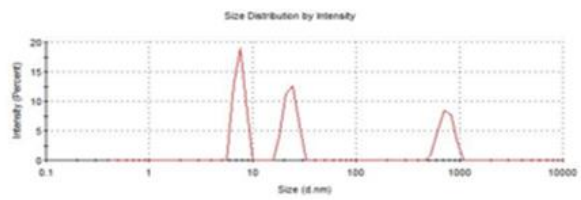
ნიმუშების აღების დღეები	პოლიმერული ხსნარის კონც. გ/ლ	გარდატეხის მაჩვენებელი n	ნაწილაკის ზომა (ნმ)	ინტენს.%	PDI	Z-Ave
2.10.23	26,3	1,4441	P1=8,525	100	0,695	341,9
3. 10.23	12,8	1,4323	P1=7,496 P2=23,18 P3=754,3	41,2 33,9 24,9	0,382	139,5
4.10.23		1,4331	P1=1346 P2=10,89	94,6 5,4	0,411	1060
5.10.23		1,4358	P1=1573	100	0,261	1297
6.10.23		1,4367	P1=1494	100	0,132	1315
9.10.23		1,4457	P1=1884 P2=634,1	98,9 1,1	0,269	1487
10.10.23		1,4331	P1=1673	100	0,228	1431
11.10.23		1,4331	P1=1545	100	0,271	1284
16.10.23		1,4329	P1=1486	100	0,300	1187
17.10.23		1,4331	P1=1581	100	0,271	1290
23.10.23		1,4321	P1=1612 P2=13,97	90,7 9,3	0,689	960,5
24.10.23		1,4331	P1=1467	100	0,374	1417
25.10.23		1,4322	P1=1793	100	0,308	1618

არომატული პოლიამიდი გახსნილი იქნა CaCl_2 -ის 5%-იან ხსნარში დიმეთილ-აცეტამიდში(დმაა). პოლიმერის გახსნა წარმოებდა 100 მლ-იან კოლბაში, რომელშიც მოთავსებული იყო CaCl_2 -ის 5%-იან ხსნარი დიმეთილაცეტამიდში. პროცესი მიმდინარეობდა 7სთ-ის განმავლობაში 55 °C-ზე გაცხელებით, მაგნიტური სარეველათი მუდმივი მორევის პირობებში. მიღებული იქნა ჰომოგენური პოლიმერული კომპოზიცია კონცენტრაციით 26,3გ/ლ, რომელიც მეორე დღეს მუდმივი მორევის პირობებში განზავებული იქნა 30 მლ გამხსნელით და ხსნარში პოლიმერის კონცენტრაცია გახდა 12,8 გ/ლ. განზავებულ კომპოზიციაში ნანონაწილაკების ზომების, ასევე, გარდატეხის მაჩვენებლების ცვლილება დროსთან მიმართებაში მოცემულია ცხრილში.

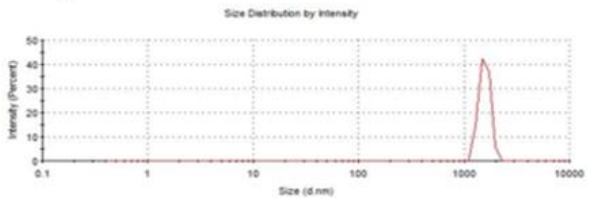
კომპოზიციაში არსებული ნანონაწილაკების ზომების განაწილების ინტენსივობის DLS მრუდები მოცემულია სურათზე 1.



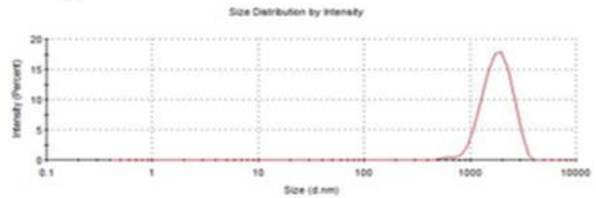
სურათი 1.ა



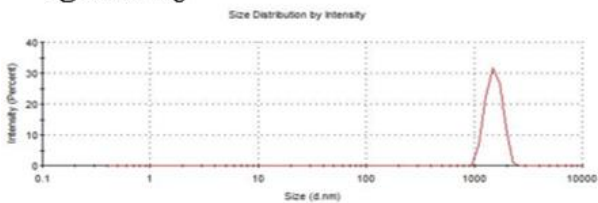
სურათი 1.ბ



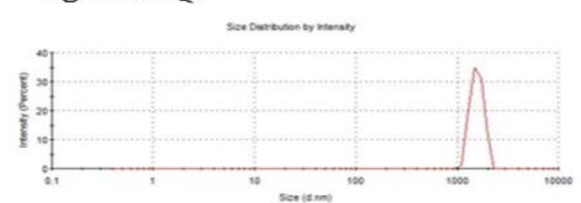
სურათი 1.გ



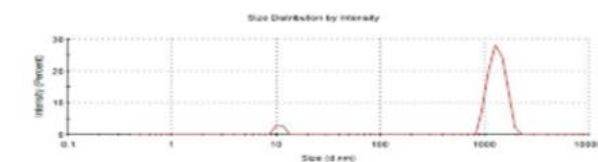
სურათი 1.დ



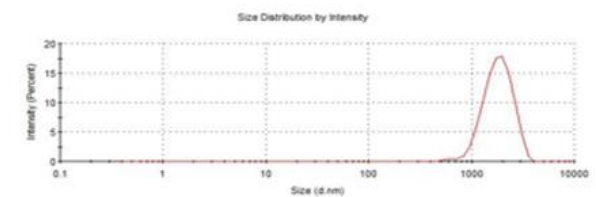
სურათი 1.ე.



სურათი 1.ვ.



სურათი 1.ზ.



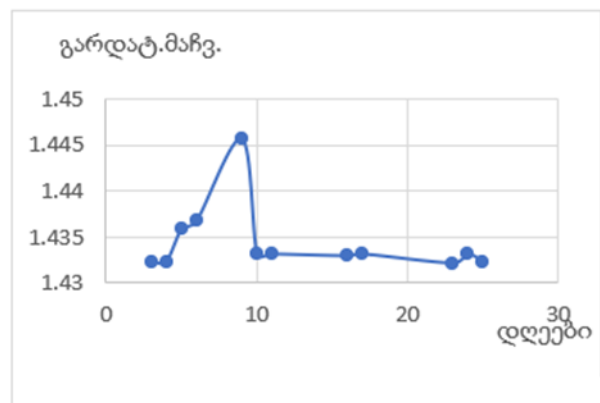
სურათი 1.თ

სურათზე 1.ა მოცემულია კონცენტრირებულ პოლიმერულ კომპოზიციაში (პოლ/დმაა/ CaCl_2) არსებული ნანონაწილაკების ზომების ინტენსივობის განაწილების (DLS) მრუდი, რომელზეც დაფიქსირებულია მხოლოდ 8,5 ნმ ზომის ნაწილაკების არსებობა. სურათზე 1.ბ წარმოდგენილია კომპოზიციაში განზავების შედეგად პოლიმერის კონფორმაციული ცვლილებით გამოწვეული ნანონაწილაკების ზომების ცვლილება, რაც გამოისახა განაწილების ინტენსივობის მრუდზე სამი პიკის წარმოქმნით და ნაწილაკების ზომის მნიშვნელობების ზრდით. განზავების შედეგად მიღებულ ხსნარში შესწავლილი იქნა ნაწილაკების ზომის მნიშვნელობები კვლევის ოცდარედიან მონაკვეთში. მე-5 დღეს ადგილი ჰქონდა ნაწილაკის ზომის ზრდას 1500 ნმ-მდე (სურათი 1.გ), ხოლო ნაწილაკის ზომის მნიშვნელობის და ასევე, გარდატეხის მაჩვენებლის მაქსიმუმი აღინიშნა მე-7 დღეს (სურ. 1.დ და 1.ბ). შემდგომი 16 დღის განმავლობაში ნაწილაკის ზომები იცვლებოდა 1434 ნმ-დან 1793 ნმ-მდე ფარგ-

ლებში (სურ. ე.ვ.ზ.თ). კვლევის მე-7დღეს ხსნარის გარდატეხის მაჩვენებელმაც მიაღწია მაქსიმუმს (სურ. 3).



სურათი 2. ნანონაწილაკის ზომის ცვლილება დროში



სურათი 3. კომპოზიციის გარდატეხის მაჩვენებლების ცვლილება დროში

აღნიშნული კვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ პოლიმერული ხსნარების სინათლის განხვევის დინამიკური მეთოდით შესწავლა მნიშვნელოვან ინფორმაციას იძლევა განხვევისას, ხსნარებში არსებული ნანონაწილაკების ზომებისა და კონფორმაციული ცვლილებების შესახებ. პოლიმერის ზომებზე და კონფიგურაციაზე გავლენას ახდენს ჰიდრატირებული, არაჰიდრატირებული წყალბადური ბმები, არაჰიდრატირებული ჰიდროფობური ურთიერთქმედების კომბინირებული ეფექტები. ჰიდრატირებული წყალბადის კავშირები ინარჩუნებს ერთი მოლეკულური ჯაჭვის ზომასა და სტრუქტურას, არაჰიდრატირებული წყალბადის კავშირები და ჰიდროფობური ურთიერთქმედება იწვევს შიგამოლეკულურ კოლაფსს და მოლეკულათშორის აგრეგაციას, ნაწილაკის ზომების მკვეთრ მატებას, ხოლო ელექტროსტატული განზიდვა ამცირებს თანაპოლიმერების აგლომერაციის ხარისხს. კვლევის მიღებული მეთოდოლოგია შესაძლებელია გამოყენებული იქნას, პოლიმერული კომპოზიციებიდან ფაზური ინვერსიის მეთოდით, ნანოფილტრაციული მემბრანების მისაღებად, სადაც მემბრანების სელექტიურობა დგინდება 0,2 % $MgSO_4$ და ასევე, 0,15 % $NaCl$ ხსნარის მიმართ.

ლიტერატურა

1. Artem Badasyan, Andraz Maric, IrenaKralj Cigic, Tim Bencik, Matiaz Valant, Polymernanoparticle sizes from dynamic light scattering and size exclusion chromatography. *Soft Matter*, 23, 2018.
2. Jorg Stetefeld, Sean A. McKenna, Trushar R. Patel, Dynamic light scattering: a practical guide and applications in biomedical sciences, *Biophys Rev*, 2016, 8(4), pp. 409-427
3. Ren T. Application of Voltage in Dynamic Light Scattering Particle Size Analysis / T. Ren, E. Roberge, J. Csoros, R. Seitz // *Journal Vis. Exp.*, 2020, Vol, 155, N 1, pp. 257- 272.
4. Streletzky A. Chapter 12 - Characterization of polymers by dynamic light scattering / A. Streletzky, A. Gorman, W. Huberty, X. Zhang // *Molecular Characterization of Polymers. A Fundamental Guide*. 2021, pp. 441-498.

SUMMARY

STANDARD METHODOLOGY FOR STUDYING POLYMER CONFORMATIONAL CHANGE

Bibileishvili G.V., Gogesashvili N.N., Iakobashvili G.T. and Javashvili Z.D.

Engineering Institute of Membrane technologies of Georgian Technical University

The dynamics of changes in the conformational dimensions of nanoparticles in a polymer solution are studied using the dynamic light scattering method (DLS). On the example of an aromatic polymer, a research methodology standard was developed, which involves the study of conformational changes of polymer molecules under the conditions of concentration, temperature, and influence of the solvent in the solution. The research methodology can be used to obtain nanofiltration membranes from polymer compositions by the phase inversion method, where the selectivity of the membrane is set to 0.2 % $MgSO_4$ and also against 0.15 % $NaCl$ solution.

Keywords: Polymer, solvent, refraction, membrane selectivity, conformation.

არაბამსნაწარმის როლის გავლენა ფაზური ინვერსიის მიმდინარეობაზე და მიღებული მემბრანების მახასიათებლებზე

ბიბილეიშვილი გ.გ. გოგესაშვილი ნ.ნ., ებანოიძე ლ.ო.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიის საინჟინრო ინსტიტუტი

სინთეზურმა პოლიმერებმა მნიშვნელოვანი გამოყენება ჰპოვა მემბრანულ ტექნოლოგიაში, რადგან დადგინდა, რომ პოლიმერები წარმოადგენენ უნიკალურ მასალას მემბრანების შესაქმნელად [1,2]. ფაზური ინვერსიის მეთოდით პოლიმერული მემბრანების მიღება და კვლევა წარმოებს ინსტიტუტში შექმნილ ლაბორატორიულ დანადგარებზე. მემბრანების ფორმირების სველი მეთოდი მიმდინარეობს მასამიმოცვლითი პროცესით კომპოზიციაში არსებულ გამხსნელსა და საკოაგულაციო აბაზანის შემადგენელ კომპონენტებს შორის. არაგამხსნელის ბუნება, მისი პოლარობა და სიხისტე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მასაგადატანის მიმართულებაზე და გამხსნელი-არაგამხსნელს შორის მიმდინარე დიფუზიის პროცესის სიჩქარეზე, რომელიც თავის მხრივ იწვევს მემბრანების ისეთი მნიშვნელოვანი მახასიათებლების ცვლილებას, როგორცაა მემბრანების ფორის ზომები და ზედაპირის სიმკისე [3–5].

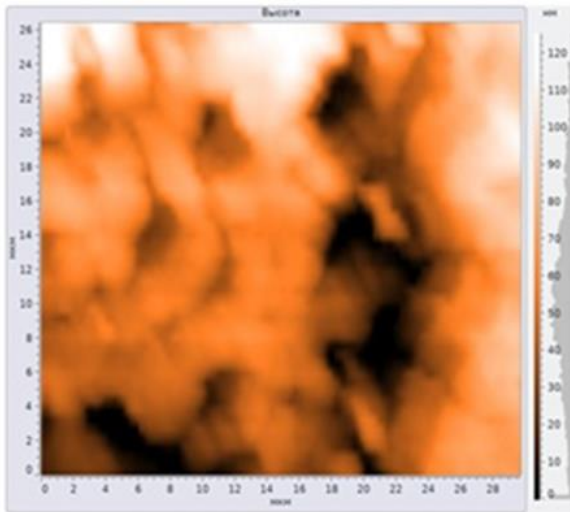
კვლევის პირველ საფეხურზე მიღებული იყო პოლიეთერსულფონის (პეს) 12%-იანი კომპოზიცია დიმეთილაცეტამიდში (დმაც), რომელშიც გახსნილი იყო ლიოფილური მარილი $MgCl_2$. მიღებული კომპოზიცია გამოლექილ იქნა განსხვავებული კომპონენტების შემცველ არაგამხსნელში. აღნიშნული ექსპერიმენტები საშუალებას იძლევა მემბრანის ზედაპირის ჰიდროფილური და ჰიდროფობური ბალანსის ცვლილებით გაიზარდოს მემბრანის შემაკავებელი უნარი. ასევე მემბრანების ზედაპირის მუხტის გაზრდით როგორც მონო-, ასევე მრავალმუხტიანი იონებით გაუმჯობესდეს მემბრანული ნიშუშების ფილტრაციული თვისებები [3,4]. პოლიეთერსულფონის/დმაც/ $MgCl_2$ კომპოზიციების გამოლექვა ჩატარებული იყო როგორც სუფთა წყალში, ასევე მჟავიან ტუტიან, კალიუმის და ნატრიუმის კარბონატიან და ქლოროფორმიან წყალში.

ცხრილში მოცემულია განსხვავებული საკოაგულაციო აბაზანის შედგენილობა და კომპოზიციის გამოლექვისას მიღებული მემბრანების მახასიათებლები. გამოლექვის ექსპერიმენტები ჩატარებულ იქნა $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე.

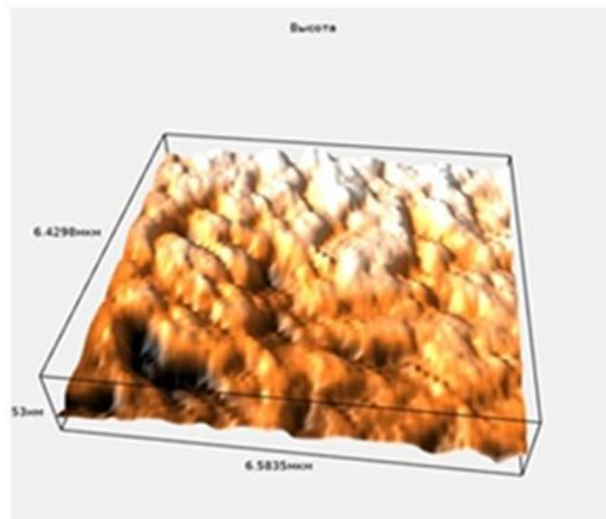
განსხვავებული საკოაგულაციო აბაზანის შედგენილობა და პოლიეთერსულფონის/დმაც/ $MgCl_2$ კომპოზიციის გამოლექვისას მიღებული მემბრანების მახასიათებლები

მემბრანა	საკოაგულაციო აბაზანის შედგენილობა	მემბრანის ხვ. წარმადობა ლ/მ ² სთ	ფორის ზომა, მკმ
P1	წყალი	303	1,3
P2	წყალი+5% N_2CO_3	417	1,6
P3	წყალი+5% K_2CO_3	319	1,8
P4	წყალი+5%KOH	289	1,2
P5	წყალი+ 5%მმარმჟავა	523	1,1
P6	წყალი+ქლოროფორმი	130	2,3

კვლევებით დადგინდა, რომ არაორგანული მარილების, ტუტის, მჟავას და არაპოლარული ქლოროფორმის შეტანა პოლიმერული კომპოზიციის წყლის საკოაგულაცილო აბაზანაში გავლენას ახდენს მემბრანის მახასიათებლებზე და მათ ზედაპირულ სტრუქტურაზე. რაც მიუთითებს იმ ფაქტზე, რომ განსხვავებული პოლარობის და pH-ის საკოაგულაციო ხსნარში კომპოზიციის განშრეების სიჩქარის ცვლილების გამო. ფაზური ინვერსიის პროცესი მიმდინარეობს სხვადასხვანაირად და მიიღება განსხვავებული ზედაპირული მორფოლოგიის და მახასიათებლების მემბრანები. ხვ. წარმადობის უკეთესი მაჩვენებელი აღმოაჩნდა P5 მემბრანას (სურათი2), რომელიც გამოლეკილი იყო ძმარმჟავიან აბაზანაში. მემბრანული ნიმუშების ზედაპირები შესწავლილ იყო მასკანირებელი ზონდური მიკროსკოპით. ქლოროფორმიან აბაზანაში გამოლეკილ მემბრანას (P6) გააჩნია ფაშარი ზედაპირული სტრუქტურა (სურათი 1) და დაბალი ხვ.წარმადობა.



სურათი 1. მემბრანა P6-ის მიკროსურათი



სურათი 2. მემბრანა P5-ის მიკროსურათი

ამრიგად, განსხვავებული pH-ის და პოლარობის არაგამხსნელში 12%-იანი პეს/დმია/MgCl₂ კომპოზიციის 30 °C ტემპერატურაზე. გამოლეკვისას დადგინდა, რომ არაპოლარული გამხსნელის (ქლოროფორმი) შემცველი ხსნარიდან გამოლეკილ მემბრანას (P6) გააჩნია ფაშარი სტრუქტურა და დაბალი ხვ. წარმადობა. ხოლო სუფთა წყალში, მჟავის, ტუტის, არაორგანული მარილების შემცველი საკოაგულაციო ხსნარებში ფაზური ინვერსიის მეთოდით მიღებული მემბრანული ნიმუშებიდან უკეთესი სტრუქტურა და წარმადობა გააჩნია P5 მემბრანას, რომელიც გამოლეკილი იყო 5%-იანი ძმარმჟავის შემცველ წყალში.

ლიტერატურა

1. A.R. Nurul Izzati 1 M.D. Irfan Hatim *,1 H. Hasbullah 2 Adil Hatem Rashid, A. Morphology Studies On Effect Of A Coagulation Bath Mediums As The Phase Inversion Parameter For Poly (Vinylidene Fluoride) (Pvdf) Membranes, AJChE 2015, Vol. 15, No. 2, pp. 11 – 19.
2. Wen-Yuan Chuanga, Tai-Horng Youngb *, Wen-Yen Chiu The effect of acetic acid on the structure and filtration properties of poly (vinyl alcohol) membranes. // Journal of Membrane Science 2000, 172, pp. 241–251.
3. Meng Wang, Liguang Wu, Congjie Gao. The influence of phase inversion process modified by chemical reaction on membrane properties and morphology, Journal of Membrane Science, 2005, 270(1), pp.154-161.

4. Wouter M. Nielen, Joshua D. Willott, Zephaniah M. Esguerra, Wiebe M. de Vos Ion specific effects on aqueous phase separation of responsive copolymers for sustainable membranes. // Journal of Colloid and Interface Science 2020, 576, pp. 186-194.
5. Xiabo Dong, David Lu, Tequila A.L. Harris, Isabel C. Escobar. Polymers and Solvents Used in Membrane Fabrication: A Review Focusing on Sustainable Membrane Development, Membrane 2021, 11(309.5).

SUMMARY

THE EFFECT OF THE ROLE OF NON-SOLVENT ON THE PHASE INVERSION PROCESS AND THE CHARACTERISTICS OF THE OBTAINED MEMBRANES

Bibileishvili G.V., Gogesashvili N.N. and Ebanoidze L.O.

Engineering Institute of Membrane Technology of Georgian Technical University

In the paper, the phase inversion processes of the polysulfone composition PES/DMAc/MgCl₂ in a non-solvent of different compositions and polarity at the same temperature are studied. It has been determined that the P5 membrane precipitated in acidified water has better morphology and specific performance when precipitated in pure water, in a coagulation bath containing acid, alkali, inorganic salts, and chloroform. It is established that the membrane precipitated from the solution containing chloroform has a layered structure.

Keywords: membrane, polyethersulfone, phase inversion, productivity, non-solvent.

PRODUCTION OF CRYSTALLINE SILICON BY CARBOTHERMAL METHOD

Kurdadze G.U.

Zestafoni Ferroalloys Plant JSC

Abstract. The article describes the process of obtaining crystalline, i.e., technical silicon by the carbothermal method in the Zestafoni Ferroalloys plant of "Georgian Manganese", in a single-phase electric arc furnace of circular section, specially built for this purpose which is powered by a 5.5 MVA transformer. Quartz of 98.9 % purity is used as the starting material, petroleum coke with 95.94 % solid carbon content, and charcoal with 71 % carbon content is used as the regenerator. During 60 hours, 12 t of burden is processed in the form of 24 servings of 500 kg. 3055 kg of quartz (silicon extraction ratio 65.4 %), 1341.5 kg of charcoal, 332.9 kg of petroleum coke, 166.5 kg of wood chips, 61 kg of graphite electrode, and 14673 kWh of technological electricity were used for 1 ton of products.

Keywords: furnace, crystalline silicon, "solar silicon", quartz, coke.

Introduction (the essence of the problem).

The inexorable increase in energy consumption on earth, the reduction in reserves of mineral energy resources (oil, coal, gas, peat), and the permanent increase in their prices have forced the world community to search for new energy sources. Scientists had high hopes for regulated thermonuclear processes and nuclear power plants known as the "Tokomaki" project. But, unfortunately, the implementation of the "Tokomaki" project has moved into a distant perspective, and therefore, many states have stopped funding it. On the other hand, the disasters at the Chernobyl and Fukushima nuclear power plants forced the leaders of leading Western countries to think and decide to sharply reduce nuclear energy. Therefore, the search for alternative, renewable energy sources such as wind energy, biofuels, solar energy, and others is becoming increasingly important. Solar energy has already acquired a global character. The European Union is discussing a project to build a complex of solar power plants in the Sahara Desert, which will unite about a hundred giant power plants equipped with solar panels. If the project is implemented, Europe will no longer be dependent on energy resources from Russia and the Middle East [1].

According to forecasts, the share of solar energy in world energy consumption will increase annually and will reach 50 % by 2050, and in some countries – 60 %.

The actualization of the use of solar energy has sharply increased the demand for the production of photoelectric converters (PEC) modules, where high-purity (99.99 %) silicon plates called "solar silicon" (The name "solar silicon" (Terrestrial Solar Grade-TSG) defines the purity of silicon used for the production of photovoltaic converters, in which the content of electrically active impurities (Al, Fe, Ti, V, P, B) must be within 10^{-5} - 10^{-3} atomic percent) are used as the working element.

The modern world produces and consumes several million tons of silicon each year, mainly in the form of metallurgical (technical) MG-Si silicon, often referred to as crystalline silicon. A wide variety of silicon-containing quartz (SiO_2) minerals, widely distributed in nature, are used as initial raw materials. From here, elemental silicon is restored by the carbothermal, less often magnesium thermal method. In the first case, a high-quality low-ash carbonaceous reducer is used (charcoal, graphite, petroleum coke, etc.), and in the second case - metallic magnesium [2].

Most of the silicon mined in the world, relatively less pure silicon (95 % Si), is widely used in modern industry, while up to 2 % of the total product, with a higher silicon content (98-99 % Si), is deeply purified by various methods and used for electronics and solar energy purposes.

Thus, the production of silicon for photovoltaic modules by the direct carbothermic method is considered one of the promising directions for solving the problem, which implies the production of technical silicon with a purity of 98 % by weight in ore-thermal furnaces from clay-containing raw materials.

The present work carried out in the Zestafoni Ferroalloys Factory (ZFF) also concerns the smelting of technical silicon useful for the production of "solar silicon" by the carbothermal process.

Experimental furnace. In 2022, to promptly solve the scientific and technical problems posed in the ZFF, and among them for the extraction of high-purity technical silicon, a single-phase experimental furnace of circular cross-section (Fig. 1) was installed, with a 600 mm diameter graphite electrode placed in its center[3]. The electric arc is connected to a steel plate located at the bottom of the furnace, which, like the walls of the furnace, is built with coal blocks and fireclay bricks.

Furnace dimensions:

- furnace shell diameter - 3000 mm;
- shell height- 3130 mm;
- internal diameter of the lining - 1950 mm;
- height of lining to coal blocks- 750 mm;
- total height of the lining - 1355 mm.

The furnace is served by a single-phase 5.5 MVA power transformer. To represent the scale, we remind you that the furnace capacity of the Didube pilot plant, where ferromanganese production technology was developed for the first time in 1930, was 0.9 MVA.



Figure1. Experimental furnace

Materials and experiment. To obtain crystalline silicon, the factory purchased three kinds of charging material (Composition in mass percentages):

- quartz (98.9 % - SiO_2 , 0.3 % - Fe_2O_3 , 0.1 % - Al_2O_3 , 0.1 % - CaO , 0.1 % - MgO);
- petroleum coke (95.94 % - solid carbon, 2.63 % - volatile, 0.73 % - ash, 0.7 % - sulfur);
- charcoal (71 % - solid carbon, 26 % - volatile, 1.6 % - ash, 0.03 % - sulfur).

According to the theoretical calculation of the burden 24 servings of 500 kg with the following composition were made:

- quartz - 312 kg;
- charcoal - 137 kg;
- petroleum coke - 34 kg;
- wood chips - 17 kg;
- totally - 500kg.

which was spent in 60 hours.

The material balance of the burden looks like this:

- quartz – 7.488 t;
- charcoal – 3.288 t;
- petroleum coke – 0.816 t;
- wood chips – 0.408 t;
- totally - 12 t.

In December 2022, the operation of the experimental furnace began. This was preceded by a 47-hour wood-burning drying of the furnace and then a 31-hour electric and coke heating process until

reddening the coal blocks of the furnace bath wall. After that, the loading of the burden into the furnace and the melting of crystalline silicon began, which was going on for 60 hours.

Thus, in 2.5 days, 12 tons of burden with a total weight of 500 kg were consumed in the form of 24 servings.

To avoid the expected segregation due to the different bulk weights of the burden materials, the burden was manually supplied to the furnace mouth.

Research results and future perspective. It should be noted that when receiving crystalline silicon, the experimental furnace worked in a hot state, in some cases we had to hold the electrode in a higher than average position to maintain the electric mode. The rise of gases was clearly visible both on the furnace mouth and on its arch. Twice there was a case when we had to open the furnace door due to the high temperature (145-150⁰C) in the air cleaner (in front of the filters). There were no gas or burden outbursts from the furnace top.

Melting of crystalline silicon in an experimental furnace is characterized by the following parameters:

1. Average power 1.25-1.35 MW;
2. Electrode voltage 70-74 V;
3. Electrode current 22-24 ka;
4. current in high area 280-320 amp;
5. Voltage in the high area 6.0 kV
6. Electrode position 100-230 mm;
7. Temperatures of half rings and jaws 20-40 ⁰C;
8. Temperature of gases at the furnace 240-310 ⁰C;
9. Temperature of gases in the filters 115-145 ⁰C;

In the course of this whole process, 75.964 kWh of electricity was consumed, including about 40 000 kWh of electricity for drying and heating the furnace and 35.964 kWh for receiving products.



Figure2. Crystalline silicon

Crystalline silicon with its qualitative indicators must comply with the technical conditions of the state standard 2169-69. It is dark gray and shines like steel. Its crystalline lattice is of the diamond type and because of that it is very strong, it even cuts glass.

98.7 % pure crystalline silicon was obtained in the very first trial with the carbon reduction process, the main impurities of which are: iron - 0.5 %, Aluminum - 0.4 %, and calcium - 0.4 %. Naturally, this result can be improved in the future by searching for purer burden materials.

For 1 ton of the obtained product, there were spent 3055 kg of quartz (silicon extraction ratio 65.4 %), 1341.5 kg of charcoal, 332.9 kg of petroleum coke, 166.5 kg of wood chips, 61 kg of graphite

electrode, and 14673 kWh of technological electricity. Such a high energy consumption is caused by the alloy and the burden remaining in the furnace bath after 2.5 days of operation.

Thus, 3173.2 US dollars were spent to obtain 1 t of crystalline silicon.

This result is of great importance and may have a decisive influence on the factory's activities in the future. A certain part of the products produced as a result of further processing of technical silicon is called Silicon of semiconductor purity, "electronic silicon" (99.999 % by weight) will be used in various fields of radio electronics for the manufacture of radio components and microcircuits, and the largest part - for the manufacture of "solar" elements.

REFERENCES

1. E. Khutsishvili, T. Kamushadze, G. Goderdzishvili. Silicon from rock to electronics. Tbilisi, publishing house "Favorite Style LLC", 2023. (in Georgian)
2. Semiconductor silicon technology. Ed. E.S. Falkevich. Moscow, Metallurgy, 1992. (in Russian)
3. G.Kurdadze, J. Khantadze. History of Manganese Mining and ferroalloys Production in Georgia. Tbilisi, „Forma”, 2023.

რეზიუმე

კრისტალური სილიციუმის წარმოება კარბოთერმული მეთოდით

ქურდაძე გ.უ.

ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხანა ს.ს

აღწერილია „ჯორჯიან მანგანეზის“ ზესტაფონის ფეროშენადნობების ქარხანაში კარბოთერმული მეთოდით კრისტალური, ანუ ტექნიკური სილიციუმის მიღების პროცესი, ამ მიზნისთვის სპეციალურად აშენებულ ერთფაზა, წრიული კვეთის ელექტრორკალურ ღუმელში, რომელსაც 5,5 მგა სიმძლავრის ტრანსფორმატორი კვებავს. საწყის მასალად გამოყენებულია 98,9 % სისუფთავეის კვარცი, აღმდგენელად – 95,94% მყარი ნახშირბადის შემცველობის ნავთობის კოქსი და 71% ნახშირბადის შემცველობის ხის ნახშირი. 60 საათის განმავლობაში გადამუშავებულია 12 ტ კაზში 500 კგ-იანი 24 ულუფის სახით. 1ტ მიღებულ პროდუქტიაზე დაიხარჯა 3055 კგ კვარცი (სილიციუმის ამოღების კოეფიციენტი 65,4%), 1341,5 კგ ხის ნახშირი, 332,9 კგ ნავთობის კოქსი, 166,5 კგ ხის ნაფოტი, 61 კგ გრაფიტის ელექტროდი და 14673 კვტსთ ტექნოლოგიური ელექტროენერჯია.

საკვანძო სიტყვები: ღუმელი, კრისტალური სილიციუმი, „მზიური სილიციუმი“, კვარცი, კოქსი.

**კარბონატული წონასწორობის შესწავლა ბორჯომის მინერალური წყლის
საბადოს მახალობითზე**

შავგულიძე ნ.ა., ალტაევი ვ.რ.

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
აიდიეს ბორჯომი საქართველო**

შესავალი

ზედაპირული წყლების – მდინარეების, ტბების, წყალსაცავების კარბონატული წონასწორობა საკმარისად დეტალურად არის შესწავლილი, რაც ძირითადად ქვეყანაში გაზრდილი პრაქტიკული საჭიროებითაა გამოწვეული. კერძოდ, ჰიდროელექტროსადგურების და წყალშემკრები რეზერვუარების მშენებლობებზე მოთხოვნების გაზრდით. ზედაპირულ წყლებთან შედარებით კი, მიწისქვეშა მინერალურ წყლებში, კარბონატული წონასწორობა უმნიშვნელოდაა შესწავლილი. ეს კი გამოწვეულია მიწისქვეშა მინერალური წყლების შემადგენლობის სირთულით და მათი ფორმირების თავისებურებებით [1].

საქართველოს ნახშირმჟავა წყლების წამყვან საბადოდ ბორჯომი ითვლება. ბორჯომის ყველა ბურღილიდან მიღებულია ნახშირმჟავა, ჰიდროკარბონატულ-ნატრიუმიან წყალი. ბორჯომის მინერალური წყლები ხასიათდებიან საშუალო მინერალიზაციით და სუსტი მჟავა რეაქციით ($\text{pH}=6,2-7,0$), თავისუფალი ნახშირმჟავას დიდი რაოდენობის შემცველობის გამო, რომლის საერთო შემცველობაც ზოგიერთ ჭაბურღილში 2,5 გ/ლ-ს აღწევს.

ნახშირორჟანგი მინერალურ წყლებში იმყოფება როგორც ხსნადი, ასევე სპონტანური სახით. ამასთან, რაც უფრო მაღალია ტემპერატურა, მით უფრო მეტი რაოდენობის ნახშირორჟანგი გამოიყოფა სპონტანური სახით. ნახშირორჟანგის დესორბციის გამო წყალში კარბონატული წონასწორობა ირღვევა და კალციუმის და მაგნიუმის ჰიდროკარბონატები (ხსნადი ფორმა) კარბონატებში (ძნელად ხსნად ფორმაში) გადასვლის გამო, ილექებიან. წყლიდან ნალექის გამოყოფის ძირითადი მიზეზია თავისუფალი ნახშირორჟანგით გაღარიბება და ჰაერიდან ჟანგბადის შთანთქმა. ნალექი ძირითადად კალციუმის კარბონატისგან შედგება. ნალექის წარმოქმნას ხელს უწყობს საექსპლუატაციო ქსელში ტემპერატურის დაცემა, წყლიდან ნახშირორჟანგის გამოყოფის გამო კარბონატ-ჰიდროკარბონატული წონასწორობის დარღვევა და სხვ. [2]

კარბონატული წონასწორობა ჩვენ მიერ პირველად იქნა შესწავლილი ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს ## 132, 143, 144, 39, 131, 54, 41, 70, 38 ე და 25 ჭაბურღილების მაგალითზე.

ძირითადი ნაწილი

მინერალურ ნახშირმჟავა წყლების სტაბილურობის ანუ კარბონატული წონასწორობის შესწავლა განხორციელდა თეორიული, ეგრეთ წოდებული ლანჟელიეს მეთოდით, რაც კანადელი ქიმიკოსის ლეონ ლანჟელიეს სახელს უკავშირდება. მან პირველმა შემოიღო მცნება წყლის კალციუმის კარბონატით გაჯერების შესახებ [3].

მეთოდის არსი მდგომარეობს შემდეგში: ნახშირმჟავა მინერალურ მიწისქვეშა წყლებში, კარბონატული წონასწორობის ანგარიში შესაძლებელია წყლის კალციუმ კარბონატით გაჯერების კოეფიციენტის (J) გამოთვლით:

$$J = \text{pH}_0 - \text{pH}_s,$$

სადაც pH_0 არის საკვლევი ნიმუშის ექსპერიმენტულად გაზომილი წყალბადური მაჩვენებელი.

pH_s – წყალბადური მაჩვენებელი წყლის კალციუმის კარბონატით გაჯერების პირობებში, რომელიც თეორიულად იანგარიშება.

წყალი ითვლება სტაბილურად, როცა გაჯერების კოეფიციენტი ნულის ტოლია, $J = 0$. ე.ი. სტაბილური წყლებისთვის $pH_0 = pH_s$. იმ შემთხვევაში, როცა $pH_0 > pH_s$, ე.ი. როცა კოეფიციენტი $J(+)$ დადებითია, წყლის სტაბილურობა დარღვეულია და გამოიყოფა ნალექი. ხოლო როცა $pH_0 < pH_s$, ე. ი. როცა შედეგი უარყოფითია $J(-)$, წყალი ხასიათდება მაღალი მქავიანობით და ის აგრესიულია. თუმცა, პრაქტიკულად მიღებულია, რომ $J = \pm 0,25 \div 0,3$ შუალედში, წყალი სტაბილურია.

pH_s -ის გამონგარიშება სხვადასხვა მეთოდითაა შესაძლებელი, მაგრამ ბორჯომის საბადოს ნახშირმქავა მინერალურ წყლებში გაჯერების კოეფიციენტის გამოსათვლელად ვისარგებლეთ ს. ზავონოვის მეთოდით [3], შემდეგი პარამეტრების საფუძველზე:

1. ძირითადი კათიონების და ანიონების კონცენტრაციები მგ/ლ და მგ/კვკვ-ლ, ექსპერიმენტული შედეგები
2. წყალბადური მაჩვენებელი ექსპერიმენტულად გაზომილი ჭაბურღილზე, pH_0
3. წყალბადური მაჩვენებელი თეორიულად გამოთვლილი, pH_s
4. წყლის ტემპერატურა, ექსპერიმენტულად გაზომილი ჭაბურღილზე, $^{\circ}C$
5. იონური ძალა, μ
6. აქტივობის კოეფიციენტი, A
7. კალციუმის აქტივობის კოეფიციენტი, $PYCa^{2+}$
8. ჰიდროკარბონატის აქტივობის კოეფიციენტი, $PYHCO_3^-$
9. პირველი საფეხურის დისოციაციის ($H_2CO_3 \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+$) კონსტანტა, $pK_1H_2CO_3$
10. მეორე საფეხურის დისოციაციის ($HCO_3^- \rightleftharpoons CO_3^{2-} + H^+$) კონსტანტა, $pK_2H_2CO_3$
11. ხსნადობის ნამრავლი, pL^0CaCO_3
12. კალციუმის იონის კონცენტრაცია, $pmCa^{2+}$
13. ჰიდროკარბონატის იონის კონცენტრაცია, $pmHCO_3^-$
14. გაჯერების კოეფიციენტი, J

საველე გამოცდები და ნიმუშების აღება ჩატარდა დე კონსალტინგის აკრედიტებული ლაბორატორიის მიერ შემუშავებული მოქმედი, სტანდარტული და ვერიფიცირებული გაზომვის მეთოდებით. ჭაბურღილებიდან აღებულ წყლის ნიმუშებში, ძირითად კათიონებსა და ანიონებზე გამოცდები განხორციელდა დე კონსალტინგის სტაციონალურ საგამოცდო ლაბორატორიაში.

საკვლევი წყლის ნიმუშებში ჩატარებული გამოცდის შედეგები ასახულია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. საკვლევი ჭაბურღილების ქიმიური მახასიათებლები

#	ჭაბ.#	ლაბ.#	საერთო მინერალიზაცია, მგ/ლ	pH	T $^{\circ}C$	Ca $^{2+}$	Mg $^{2+}$	Na $^{+}$ +K $^{+}$	HCO $_3^-$	Cl $^-$	SO $_4^{2-}$
						მგ/ლ					
1	132	4674	6639,60	6,90	25,0	32,0	28,8	1808,5	4392,0	376,3	<2,0
2	143	4552	2654,96	7,94	24,6	2,8	1,2	739,9	1814,8	92,3	4,0
3	144	4553	3105,33	7,71	23,4	6,0	5,4	869,6	2043,5	177,6	3,3
4	39	4554	3105,40	7,77	23,4	5,0	4,2	870,6	2058,8	166,9	<2,0
5	131	4555	5956,40	6,71	36,8	96,0	43,8	1529,0	3888,8	394,8	4,0
6	54	4556	5770,78	6,63	40,2	144,0	102,0	1301,3	3965,0	258,4	<2,0
7	41	4558	5822,00	6,63	39,6	100,0	40,8	1463,7	3965,0	248,5	4,0
8	70	4562	7055,34	6,86	31,3	32,0	36,0	1926,0	4605,5	455,82	<2,0
9	38ე	4563	5698,70	6,88	33,5	32,0	28,8	1544,2	3751,5	342,2	<2,0
10	25	4564	7199,40	6,88	40,5	32,0	28,8	1968,8	4758,0	411,8	<2,0

ცხრ. 1-ში მოყვანილი ქიმიური მახასიათებლების მიხედვით საკვლევ ნიმუშებში გამოანგარიშებული იქნა იონური ძალები. მიღებული შედეგები ასახულია ცხრ. 2-ში.

ცხრილი 2. საკვლევი ნიმუშების იონური ძალის მაჩვენებლები

ჭაბ. #	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	μ, მოლი/ლ
	მგ-ექვ/ლ						
132	0.85	1.20	42.26	5.20	39.00	0.06	0.0453
143	0.14	0.10	32.17	2.60	29.75	0.08	0.0326
144	0.30	0.45	37.81	5.00	33.50	0.07	0.0390
39	0.25	0.35	37.85	4.70	33.75	0.00	0.0388
131	4.80	3.65	66.48	11.12	63.75	0.08	0.0792
54	7.20	8.50	56.58	7.28	65.00	0.00	0.0801
41	5.00	3.40	63.64	7.00	65.00	0.08	0.0763
70	1.60	3.00	83.74	12.84	75.50	0.00	0.0906
38 ე	1.60	2.40	67.14	9.64	61.50	0.00	0.0731
25	1.60	2.40	85.60	11.60	78.00	0.00	0.0916

ცხრ. 1 და 2-ის მონაცემების მიხედვით, კარბონატული წონასწორობა შესწავლილი იქნა ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს საკვლევი ჭაბურღილებში [3], რომლის შედეგები ასახულია ცხრ. 3-ში.

ცხრილი 3. კარბონატული წონასწორობის ანგარიში ბორჯომის ნახშირმყავა მინერალური წყლის საბადოს საექსპლუატაციო ჭაბურღილებში

ჭაბ.	pH ₀	T ⁰ C	μ	A		pYCa	pmCa ²⁺	pYHCO ₃ ⁻	pmHCO ₃ ⁻	f(μ)	pL ⁰ CaCO ₃	L ⁰ CaCO ₃ *10 ⁻⁹	pHs	J	
				pK ₁ H ₂ CO ₃	pK ₂ H ₂ CO ₃										
132	6,90	25,0	0,0453	6,351	10,330	0,5090	0,4243	3,096	0,106381	1,142	0,209	8,416	3,84	6,6827	0,2
143	7,94	24,6	0,0326	6,351	10,330	0,5090	0,2980	4,152	0,074823	1,528	0,147	8,416	3,84	7,9669	0,0
144	7,71	23,4	0,0390	6,363	10,348	0,5070	0,3185	3,822	0,079599	1,478	0,157	8,401	3,97	7,6451	0,1
39	7,77	23,4	0,0388	6,363	10,348	0,5070	0,3178	3,904	0,079599	1,470	0,157	8,401	3,97	7,7184	0,1
131	6,71	36,8	0,0792	6,303	10,238	0,5210	0,4247	2,622	0,106284	1,308	0,204	8,513	3,07	6,1860	0,5
54	6,63	40,2	0,0801	6,296	10,220	0,5240	0,4288	2,445	0,10742	1,188	0,205	8,540	2,88	5,8493	0,8
41	6,63	39,6	0,0763	6,296	10,220	0,5240	0,4217	2,603	0,105324	1,188	0,201	8,540	2,88	5,9980	0,6
70	6,86	31,3	0,0906	6,322	10,280	0,5150	0,4393	3,096	0,11021	1,120	0,214	8,463	3,44	6,5825	0,3
38ე	6,88	33,5	0,0731	6,312	10,259	0,5180	0,4108	3,096	0,102564	1,210	0,198	8,488	3,25	6,5903	0,3
25	6,88	40,5	0,0916	6,294	10,214	0,5250	0,4494	3,096	0,11235	1,106	0,214	8,549	2,82	6,4288	0,5

დასკვნა

1. საკვლევი ჭაბურღილებში (№№132, 143, 144, 39, 131, 54, 41, 70, 38ე, 25), კარბონატული წონასწორობის თეორიული მეთოდით შესწავლის საფუძველზე დადგინდა, რომ ექსპერიმენტულად გაზომილი წყალბადური მაჩვენებლები (pH₀) ზოგიერთ

მათგანში, თეორიულად გამოთვლილ მანვენებლებზე (pHs) მაღალია. შესაბამისად, ასეთი ჭაბურღილების მინერალურ წყალში CaCO_3 -ით გაჯერების კოეფიციენტი (J) დადებითია. რაც იმაზე მიუთითებს, რომ ასეთი ჭაბურღილების პირზე, მიწის ზედაპირზე ამოსვლის დროს, კარბონატული წონასწორობა ირღვევა და წარმოქმნება ნალექი.

2. ექსპერიმენტული კვლევების შედეგების თანახმად, გაჯერების კოეფიციენტი (J) მაღალია იმ წყლებში, რომელთა ტემპერატურაც მაღალია ($36,8 \pm 40,5^\circ\text{C}$), ამასთან, ასეთი მინერალური წყლების ხსნადობის ნამრავლი, ტემპერატურის ზრდასთან ერთად იკლებს.

3. ჩვენ მიერ შესწავლილი 10 ჭაბურღილიდან, 4 ჭაბურღილში (№№131, 54, 25, 41) გაჯერების კოეფიციენტი (J) $0,5 \pm 0,8$ -ის ფარგლებშია, #54 ჭაბურღილში კი ყველაზე მაღალია და $J=0,8$ -ს უტოლდება.

4. დანარჩენ 6 ჭაბურღილში (№№ 132, 143, 144, 39, 70, 38ე), გაჯერების კოეფიციენტი საკმაოდ დაბალია და $0,0 \pm 0,3$ დიაპაზონშია. მათ შორისაა ახალი №132 ჭაბურღილიც, რომლის $J=0,2$. რაც იმაზე მიუთითებს, რომ ამ 6 ჭაბურღილში, ნალექის წარმოქმნის ალბათობა საკმაოდ დაბალია.

ლიტერატურა

1. Г.М. Шпейзер. Карбонатно-кальциевое равновесие в углекислых минеральных водах. / Вестник Бурятского Государственного Университета, 2011/3, сс.68-74.
2. დ. ერისთავი საქართველოს მინერალური წყლები. -თბილისი, საბჭოთა საქართველო, 1966, გვ. 18; გვ. 44-45
3. Заводнов С.С. Карбонатное и сульфидное равновесие в минеральных водах. –Ленинград, Гидрометеоиздат, 1965, 120 с.

SUMMARY

RESEARCH OF CARBONATE BALANCE USING THE EXAMPLE OF THE BORJOMI MINERAL WATER DEPOSIT

Shavgulidze N.A. and Altaev V. R.

Georgian Technical University

IDS Borjomi Georgia

The carbonate balance of surface waters - rivers, lakes, and reservoirs has been studied in sufficient detail, which is mainly due to the increased practical need in the country. In particular, by increasing the requirements for the construction of hydroelectric power stations and reservoirs. Compared to surface waters, the carbonate balance in underground mineral waters has been studied to a lesser extent. This is due to the complexity of the composition of underground mineral waters and the peculiarities of their formation, which have not yet been studied. Borjomi is considered the leading deposit of sparkling waters in Georgia. Carbonated, bicarbonate-sodium water is obtained from all Borjomi grains. Mineral waters of Borjomi are characterized by medium mineralization and a slightly acidic reaction ($\text{pH} = 6.2-7.0$), which is associated with the content of a large amount of free carbon dioxide, the total content of which in some wells reaches 2.5 g/l. Carbon dioxide is present in mineral waters in both soluble and spontaneous forms. In addition, the higher the temperature, the more carbon dioxide is released spontaneously. Due to the desorption of carbon dioxide, the carbonate balance in water is disrupted, and calcium and magnesium bicarbonates (soluble form) precipitate due to the transition to carbonates (sparingly soluble form). The main reason for the release of sediment from water is the depletion of free carbon dioxide and the absorption of oxygen from the air. The precipitate consists mainly of calcium carbonate. The formation of precipitation is facilitated by a decrease in temperature in the operating network, disruption of the carbonate-hydrocarbonate balance due to the release of carbon dioxide from water, etc. The carbonate balance was studied using the example of wells No. 132, 143, 144, 39, 131, 54, 41, 70, 38, and 25 of the Borjomi mineral water deposit.

Keywords: Borjomi mineral water deposit, carbonate balance, Langelier coefficient, water temperature, hydrogen index, carbon dioxide.

სეზონურობის ბავშვანა საირმის საბადოს ჭიმიურ სტაბილურობაზე წყარო
3ა-ს მახალითზე

ნიკოლაიშვილი ი.ზ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესავალი

საქართველოს ბუნებრივი წყლის რესურსებიდან საირმის მინერალური წყალი ერთ-ერთ უნიკალურ სიმდიდრეს წარმოადგენს. საირმის საბადო განლაგებულია აჭარა-იმერეთის ქედის ცენტრალური ნაწილის ჩრდილო ფერდზე, ზღვის დონიდან 880–1000 მეტრ სიმაღლეზე. საბადოს შესწავლა დაიწყო გასული საუკუნის 30-იანი წლებიდან [1].

საირმის მინერალური წყლის ქიმიური შემადგენლობა ფორმირდება საბადოს გეოლოგიურ აგებულებაში მონაწილე წყალშემცველი ქანების გამოტუტვისა და იონურ-გაცვლითი პროცესის ხარჯზე. დღეისათვის საბადოზე ფუნქციონირებს ხუთი წყარო: №1, №3ა, №3ბ, №8 და „ნამარნევი“ (სილამაზის წყარო). აღნიშნული წყაროებიდან ჩვენი კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა წყარო 3ა, რომლის კაპტაჟიცი 1951 წელს მოეწყო. წყარო 3ა ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ბუნებრივ რესურსს წარმოადგენს და დღემდე აქტიურად გამოიყენება მინერალური წყლის ჩამოსხმის საწარმოო პროცესში.

საირმის მინერალური წყარო 3ა მდებარეობს კურორტ საირმის ცენტრალურ ნაწილში, მდ. წაბლარის წყლის მარცხენა ნაპირზე. წყარო თვითდენადია და მიეკუთვნება ნახშირმუავა, ჰიდროკარბონატულ, კალციუმიან-ნატრიუმიან, კაჟმუავიან რკინიან მინერალური წყლების ჯგუფს. წყარო 3ა-ს განლაგების აბსოლიტური ნიშნული 888,4 მ-ს უტოლდება. ბუნებრივი წყლის ტემპერატურა 10–13 °C-ია და დამოკიდებულია ატმოსფეროს ტემპერატურაზე. წყლის ქიმიურ შედგენილობას განაპირობებს როგორც საბადოს გეოლოგიური აგებულება, ასევე ჰიდროგეოლოგიური პირობები [2].

საირმის მინერალური წყარო 3ა, საბადოს სხვა წყაროების მსგავსად, მნიშვნელოვანი სამკურნალო თვისებებით გამოირჩევა. მინერალური წყლის ფარმაკოლოგიურ ქმედებას ძირითადად განსაზღვრავს მასში არსებული კალციუმის, ნატრიუმის, ჰიდროკარბონატის და რკინის იონები. კალციუმის იონები აქტიურად ზემოქმედებენ ნეიროკუნთოვან ადგზნებადობასა და კუნთების შეკუმშვაზე. ასევე უშუალოდ მონაწილეობენ გულის შეკუმშვისა და მოღუნების პროცესში, ნერვული იმპულსების გადაცემაში, სისხლის შედეგებაში და სისხლის ჟანგბადით გამდიდრებაში. ასევე ხელს უწყობს რიგი ენდოკრინული ჯირკვლების სეკრეციის და ორგანიზმის იმუნური სისტემის დაცვას. ნატრიუმი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ქსოვილებში ოსმოსური წნევის რეგულირებაში; აქტიურ ზეგავლენას ახდენს საჭმლის მომწელებელი სისტემის ფუნქციაზე. ჰიდროკარბონატის იონები დიდ როლს ასრულებენ ორგანიზმში მუავა-ტუტოვანი ბალანსის რეგულაციაში [3]. მიკროელემენტი რკინა ფართოდ მონაწილეობს ორგანიზმში მიმდინარე ჟანგვა-აღდგენით პროცესებში, იწენს მაღალ ბიოლოგიურ აქტივობას ფერმენტებთან ურთერთობაში. მინერალური წყალი აწესრიგებს ორგანოთა დარღვეულ ფუნქციებს, შეიწოვება ნაწლავიდან, გადადის სისხლში და შემდეგ კი სხვადასხვა ორგანოებსა და ქსოვილებში [4]. ასეთი უნიკალური ფარმაკოლოგიური თვისებების გამო, საირმის მინერალური წყალი ყოველთვის იყო და არის მნიშვნელოვანი და საინტერესო საკვლევი ობიექტი საქართველოს ბუნებრივი რესურსებიდან.

ძირითადი ნაწილი

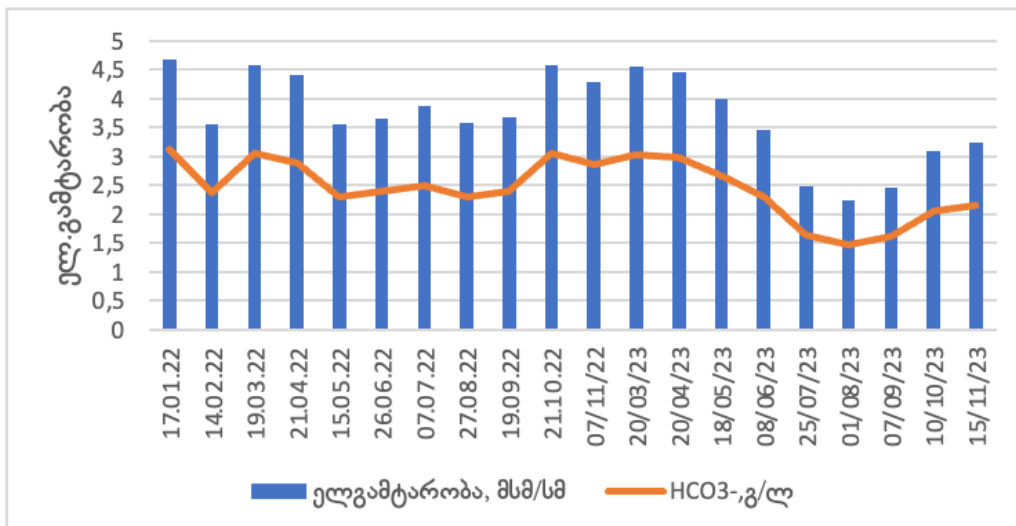
საირმის მინერალური წყლის საბადოს წყაროების ქიმიური შემადგენლობის შესწავლა სეზონურობასა და ნალექიანობაზე დამოკიდებულებით განხორციელდა 3ა წყაროს მაგალითზე. წყაროს კოორდინატებია: X= 312901,98 Y= 4641895,04. საირმის მინერალური წყლის კვება ხდება ადგილზე მოსული ატმოსფერული ნალექებისა და ზედაპირული წყლის (მდ. წაბლარა) ხარჯზე [5]. მინერალური წყლის ქიმიური შემადგენლობა ნალექების სეზონური მინიმუმებითა და მაქსიმუმების გათვალისწინებით,

გარკვეულ ცვლილებას განიცდის, თუმცა აღსანიშნავია, რომ მისი ქიმიური მახასიათებლები მრავალწლიან ჭრილში სტაბილურობით ხასიათდება.

წყარო 3ა-ს ქიმიური პარამეტრების კვლევა განხორციელდა დგ კონსალტინგის აკრედიტებულ საგამოცდო ლაბორატორიაში. 2022–2023 წლების პერიოდში, საკვლევო ობიექტის ქიმიური მახასიათებლების შესწავლისას გამოიკვეთა მაღალი კორელაციური კავშირი წყლის ჰიდროკარბონატსა და ელ.გამტარობას შორის ($r=0.995$). გამოცდის შედეგები ასახულია ცხრ. 1 და ნახ. 1.

ცხრილი 1. 3ა წყაროს წყლის ელ.გამტარობისა და ჰიდროკარბონატ იონის შემცველობები, 2022–2023 წლის მონაცემებით

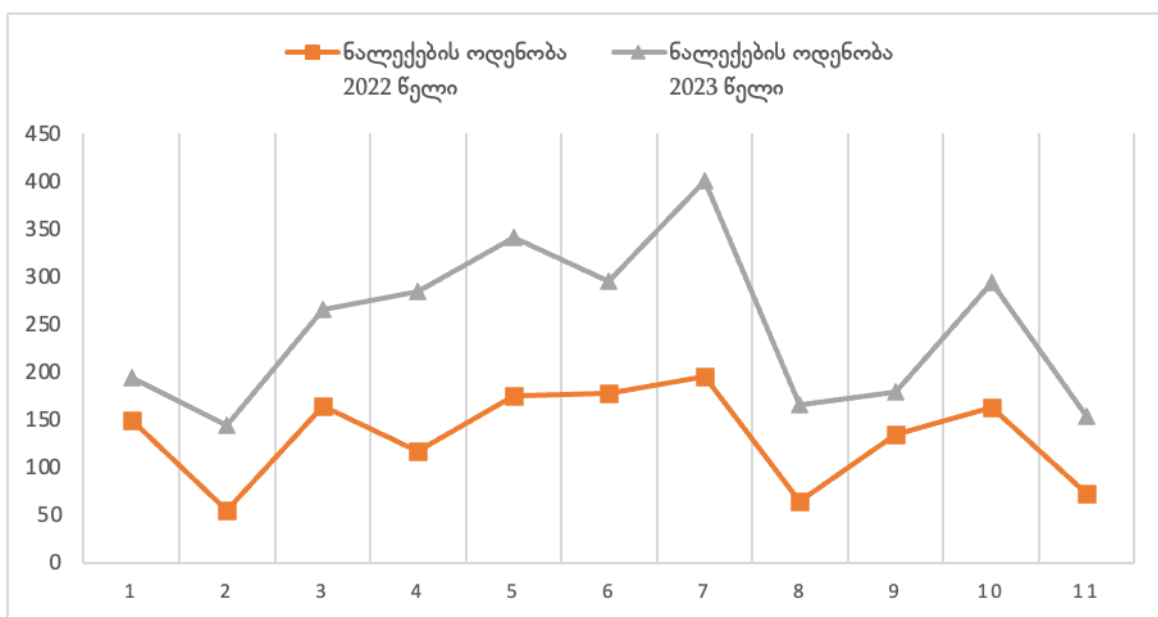
გამოცდის თარიღი	ელ.გამტარობა, მსმ/სმ	HCO ₃ ⁻ გ/ლ
17.01.22	4.69	3.12
19.03.22	4.59	2.96
21.04.22	4.42	2.90
15.05.22	3.57	2.3
26.06.22	3.65	2.4
07.07.22	3.87	2.5
27.08.22	3.38	2.25
19.09.22	3.67	2.4
21.10.22	4.59	3.06
20/03/23	4.57	3.04
20/04/23	4.47	2.98
18/05/23	4.00	2.66
08/06/23	3.45	2.30
25/07/23	2.48	1.65
01/08/23	2.23	1.48
07/09/23	2.45	1.63
10/10/23	3.10	2.06
15/11/23	3.25	2.16



ნახ. 1. 3ა წყაროს წყლის ელ.გამტარობასა და ჰიდროკარბონატს შორის დამოკიდებულების დიაგრამა, 2022–2023 წლის მონაცემებით

არსებულ მონაცემებზე დაყრდნობით (ცხრ.1), საკვლევი წყლის ნიმუშებში, ჰიდროკარბონატ იონის კონცენტრაციის (მგ/ლ) ზრდა იწვევს ელ.გამტარობის ზრდას. როგორც ცხრ. 1-ის მონაცემებიდან ჩანს, საკვლევი ნიმუშების ელ.გამტარობა 2022–2023 წლების სხვადასხვა პერიოდში ნაკლებად განიცდის ცვლილებას, მისი დიაპაზონი მერყეობს 2,23–4,69 გ/ლ შუალედში. სავარაუდოა, რომ წყლის ელ.გამტარობის ცვლილება ატმოსფერული ნალექების თვიურ რაოდენობაზე დამოკიდებული.

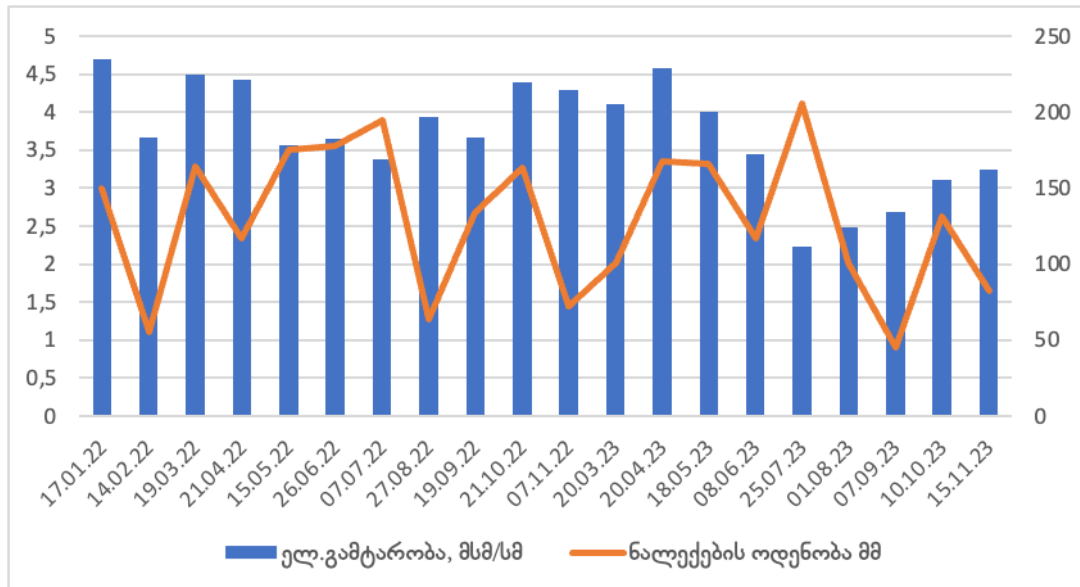
საკვლევი წყარო 3ა-ს ქიმიურ მახასიათებლებზე სეზონურობის გავლენის შესწავლის მიზნით, პირველ ეტაპზე მოვიძიეთ ყოველთვიური ნალექების რაოდენობები და მოძიებულ მონაცემებზე დაყრდნობით, ავაგეთ დიაგრამა კურორტი საირმის ყოველთვიური ნალექების მაჩვენებლების გათვალისწინებით, 2022–2023 წ.წ. პერიოდში, რის საფუძველზეც გამოიკვეთა აღნიშნულ პერიოდში მოსული ნალექების მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობები.



ნახ. 2. კურორტი საირმის ყოველთვიური ნალექების მაჩვენებლები 2022–2023 წ.წ. პერიოდში

დიაგრამიდან ჩანს, რომ 2022 წელს ნალექების მაქსიმალური რაოდენობა დაფიქსირდა ივნისი-ივლისის თვეებში. ნალექების ყველაზე დაბალი მაჩვენებლით კი გამოირჩეოდა 2022 წლის ზამთრის თვეებში. კერძოდ, იანვარი და დეკემბერი. 2023 წლის ყოველთვიური ნალექების მეტია 2022 წლის ნალექების მონაცემებთან შედარებით, ხოლო ნალექების დიაგრამა იდენტურია 2022 წლის. 2022 და 2023 წლებში ნალექების სიმცირით გამოირჩეოდა იანვრის თვე, უხვობით კი ივნისი-ივლისის თვეები.

საკვლევი წყაროს წყლის ქიმიურ მახასიათებლებზე სეზონურობის გავლენის შესწავლის მიზნით, განხორციელდა 2022–2023 წლის პერიოდში წყლის ნიმუშების ელ.გამტარობისა (მსმ/სმ) და ყოველთვიური ნალექების რაოდენობებს (მმ) შორის დამოკიდებულების შესწავლა. 2022–2023 წლის თვიურ ნალექებსა და წყლის ნიმუშების ელ.გამტარობებს შორის დამოკიდებულების დიაგრამა ასახულია ნახ. 3-ზე. წყლის ელ.გამტარობა წარმოადგენს პარამეტრს, რომელიც პირდაპირპროპორციულ დამოკიდებულებაშია მის მინერალიზაციასთან. მათ შორის არსებობს მაღალი კორელაციური კავშირი ($r=0.9999$).



ნახ.3. 3ა წყაროს წყლის ელ.გამტარობის დამოკიდებულება 2022 -2023 წლების თვიური ნალექების რაოდენობაზე

დიაგრამის მიხედვით, ნალექების ოდენობის გაზრდასთან ერთად, წყლის ელ.გამტარობა მცირდება. საკვლევი ნიმუში, ყველაზე მაღალი ელ.გამტარობით (4,69 მსმ/სმ) გამოირჩეოდა 2022 წლის იანვრის თვეში ხოლო 3ა წყაროს წყლის დაბალი ელ.გამტარობა (3,38 მსმ/სმ) დაფიქსირდა 2022 წლის ივლისის თვეში. რაც შეეხება 2023 წლის მონაცემებს ყველაზე მაღალი ელ.გამტარობით (4,57 მსმ/სმ) გამოირჩეოდა 2023 წლის აპრილის თვე, დაბალი მაჩვენებელი კი (2,23 მსმ/სმ) დაფიქსირდა 2023 წლის ივლისის თვეში.

კვლევის ფარგლებში, მოვიძიეთ ისტორიული ინფორმაცია საირმის წყარო 3ა-ს მინერალური წყლის ქიმიური შედგენილობის შესახებ [7]. მოძიებული ინფორმაციისა და ჩვენ მიერ ჩატარებული კვლევების შედეგებისას აღმოჩნდა, რომ საკვლევი წყაროს წყლის ელ.გამტარობა სეზონურად ცვალებადია, თუმცა, მისი ქიმიური მახასიათებლები გრძელვადიან ჭრილში სტაბილურობით ხასიათდება. მონაცემები მოცემულია ცხრ. 2-ში.

ცხრილი 2. 3ა წყაროს წყლის ელ.გამტარობისა და ჰიდროკარბონატ იონის კონცენტრაციები გასული წლებისა და 2022–2023 წლების მონაცემებით

გამოცდის თარიღი	ელ.გამტარობა გ/ლ	HCO ₃ ⁻ გ/ლ
26.06.1957	4,6	2,9
26.05.1972	5,0	3,1
26.04.2022	4,4	2,7
20.04.2023	4,5	3,0

დასკვნა

კვლევის ფარგლებში, 3ა წყაროს მაგალითზე სეზონური ცვლილებების გათვალისწინებით დადგინდა, რომ:

- კურორტ საირმის ნალექების ოდენობის ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი ფიქსირდება გაზაფხულზე და ყველაზე დაბალი კი ზამთრის პერიოდში;
- ნალექების ოდენობის ზრდა უკუპროპორციულ კავშირშია საკვლევი წყლის ელ.გამტარობასთან (მინერალიზაციასთან);
- მინერალური წყლის ელ.გამტარობის (მინერალიზაციის) მაქსიმალური მნიშვნელობა ფიქსირდება ზამთრის პერიოდში, ხოლო მინიმალური – გაზაფხულზე;

- თვიური ნალექებისა და საკვლევი წყლის ნიმუშების ელ.გამტარობის (მინერალიზაციების) მნიშვნელობების ცვლილებები 2022 წლის და 2023 წლის მონაცემებით ერთმანეთის მსგავსია;
- საირმის მინერალური წყლის ქიმიური შედგენილობა ცვალებადია და დამოკიდებულია სეზონურობასა და ნალექების ოდენობაზე;
- საირმის 3ა წყაროს ქიმიური მახასიათებლები მრავალწლიან ჭრილში სტაბილურობით ხასიათდება.

ლიტერატურა

1. ბ. ზაუტაშვილი, ბ. მხეიძე. საქართველოს ჰიდროლოგია. -თბილისი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2011, 186 გვ.
2. „მინერალური და მტკნარი წყლების ადგილწარმოშობის ზონებისა და საზღვრების დადგენა“. თბილისის ბალნეოლოგიური კურორტი 2004წ.
3. Quattrini S., Pampaloni B., Maria Luisa Brandi M Natural mineral waters: chemical characteristics and health effects. Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism, 2016, 13(3), pp.173–180
4. ანგარიში საირმის მინერალური წყლის საბადოს რეჟიმის შესწავლის შესახებ 2004 წელს დამტკიცებული გვ. 10; 21
5. ბაღდათის მუნიციპალიტეტში, სოფ. საირმის ტერიტორიაზე მდებარე მიწისქვეშა მტკნარი წყლის წყაროს საექსპლუატაციო მარაგების ანგარიში, თბილისი, 2019 წ. წიგნი 1, გვ. 14 ბ.
6. Meteoblue weather(https://www.meteoblue.com/en/weather/today/sairam_china_1529224)
7. Цулукидзе И.П., Пертенава Ж.С. Отчет подсчета эксплуатационных запасов минеральных вод месторождения Саирме. Тбилиси, 1979, Том IV.

SUMMARY

THE INFLUENCE OF SEASONALITY ON THE CHEMICAL STABILITY OF THE SAIRME DEPOSIT USING THE EXAMPLE OF SOURCE 3A

Nikolaishvili I.Z.

Georgian Technical University

Among the natural water resources of Georgia, Sairme mineral water is one of the unique resources. The Sairme mineral water deposit is located on the northern slope of the central part of the Adjar-Imereti ridge, at an altitude of 880-1000 meters above sea level. The study of Sairme mineral waters began in the 1930s. The Sairme resort is located in the municipality of Bagdati, characterized by a mountainous subtropical climate. The climate of the municipality, due to its mountainous terrain and proximity to the sea, is moderately humid and varies depending on the altitude. As altitude increases, air temperature and humidity decrease. The frequency of precipitation in the cold season is comparatively less than in the warm season, and the relative humidity in the cold season is lower than in the warm season. The chemical composition of Sairme mineral water is formed due to the leaching of aquifers involved in the geological structure of the deposit and the ion exchange process. Today, there are five springs at the deposit: #1, #3a, #3b, #8, and 'Namarnevi' (spring of beauty). Among the mentioned sources, the object of our study was source 3a, the capture of which was organized in 1951. Source number 3a is one of the most important natural resources and is still actively used in the production process of bottling mineral water. Mineral spring Sairme 3a is located in the center of the Sairme resort, on the river bank, on the left bank of Chestnut water. The source is gravity-flowing and belongs to the group of carbon dioxide, hydrocarbonate, calcium-sodium, and siliceous-ferruginous mineral waters. The absolute elevation of the location of source 3a is 888.4 m. The temperature of natural water is 10-13 °C and depends on the temperature of the atmosphere. The chemical composition of water is determined both by the geological structure of the deposit and hydrogeological conditions. The mineral spring Sairme 3a, like other springs of the deposit, has important healing properties. The pharmacological effect of mineral water is mainly determined by the ions of calcium, sodium, bicarbonate, and iron present in it. Calcium ions actively influence neuromuscular excitability and muscle contraction. They are also directly involved in the process of contraction and relaxation of the heart, transmission of nerve impulses, blood clotting, and enrichment of blood with oxygen. It also helps protect the secretions of several endocrine glands and the body's immune system. Sodium plays an important role in regulating osmotic pressure in tissues and actively affects the function of the digestive system. Bicarbonate ions play an important role in regulating the acid-base balance in the body. The microelement iron is widely involved in redox processes in the body and exhibits high biological activity in combination with enzymes. Mineral water regulates impaired organ functions, is absorbed from the skin, enters the blood, and then into various organs and tissues. Thanks to such unique pharmacological properties, Sairme mineral water has always been and remains an important and interesting object for studying the natural resources of Georgia."

Keywords: Sairme mineral water, chemical composition, total mineralization, conductivity, atmospheric precipitation, correlational connection, chemical stability.

ფენოლოური ნივთიერებებით კონცენტრირებული წითელი ნახევრადტკბილი ღვინო: ქიმიური და სენსორული პროფილი დამზადება-დავარდების პროცესში

ებელაშვილი ნ.გ., კეკელიძე ი.ა., უთურაშვილი ე.ა.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი

ფენოლოურ ნაერთებს ეკუთვნის უმნიშვნელოვანესი როლი წითელი ღვინოების ფერის, ექსტრაქტულობისა და გემური თვისებების ჩამოყალიბებაში; მათი კონცენტრაცია განაპირობებს ხარისხს, ტიპიურობასა და ანტიოქსიდანტურ აქტიურობას. საერთაშორისო ბაზარზე წითელ ღვინოებზე მზარდი მოთხოვნა განპირობებულია მათი ანტიოქსიდანტური აქტიურობით. ანტიოქსიდანტურ აქტიურობასა და ფენოლოურ ნივთიერებებს შორის არსებული დადებითი კორელაციიდან გამომდინარე, მხოლოდ იმ წითელ ღვინოებს აქვთ ანტიოქსიდანტური ეფექტი, რომლებშიც მაღალია ამ კომპონენტების კონცენტრაცია. ფენოლოური ნივთიერებების რაოდენობა დამოკიდებულია ყურძნის ჯიშზე, ვაზის ზრდის ადგილზე, დამზადების ტექნოლოგიაზე [1-6]. ანტიოქსიდანტებით მდიდარ პროდუქტებზე დიდია მოთხოვნა საერთაშორისო ბაზარზე (განსაკუთრებით აშშ-ში), მაღალია მათი ფასიც და რეალიზაციის რაოდენობაც. ფენოლოური ნაერთების კონცენტრაციის გაზრდისთვის წითელი ნახევრადტკბილი ღვინის საცდელი ნიმუშების დასამზადებლად, პირველად ჩვენ მიერ არის გამოყენებული ტექნოლოგიური ხერხები ცალ-ცალკე და კომბინირებულად: ალკოჰოლური დუღილის ჩატარების წინ, დურდოდან ტკბილის სხვადასხვა ნაწილის მოკლება; დურდოს გაცხელება.

კვლევის ობიექტები იყო საფერავიდან სტანდარტული ტექნოლოგიით დამზადებული წითელი ნახევრადტკბილი ღვინის საკონტროლო და ოთხი საცდელი ნიმუში: საკონტროლო ნიმუში დამზადდა არსებული (სტანდარტული) ტექნოლოგიით – კლერტგაცლილი დურდოს ალკოჰოლური დუღილი 25–28 °C-ზე მშრალი საფურვის გამოყენებით; მადულარი დურდოს გამოწნება, როდესაც დაუდულარი შაქრის რაოდენობა 8-9%-მდეა, მადულარი ტკბილის შენახვა დაბალ ტემპერატურაზე, ღვინომასალის ლექიდან გადაღება როდესაც დაუდულარი შაქრის რაოდენობა 5%-მდეა და მისი შენახვა დაბალ ტემპერატურაზე გოგირდის დიოქსიდის (30მგ/ლ) გამოყენებით [6]; საცდელი №1 – კლერტგაცლილი დურდოს გაცხელება 65 °C-ზე, დურდოს 25 °C-მდე გაგრილება; საცდელი №2 – კლერტგაცლილი დურდოდან მისი მოცულობის ნახევარი ტკბილის მოკლება; საცდელი №3 – კლერტგაცლილი დურდოდან მისი მოცულობის ნახევარი ტკბილის მოკლება, დარჩენილი დურდოს გაცხელება 65 °C-ზე, დურდოს 25 °C-მდე გაგრილება; საცდელი №4 – კლერტგაცლილი დურდოდან მისი მოცულობის 1/3 ტკბილის მოკლება, დარჩენილი დურდოს გაცხელება 65 °C-ზე, დურდოს 25 °C-მდე გაგრილება. საცდელი ნიმუშების ალკოჰოლური დუღილი და შემდგომი ტექნოლოგიური პროცესები ჩატარდა საკონტროლო ნიმუშის ანალოგიურად. ნიმუშებში საერთაშორისო სტანდარტული მეთოდების [7] გამოყენებით ჩატარდა გამოკვლევები: ფენოლოური ნივთიერებების ჯამური რაოდენობის, ტიტრული და მქროლავი მჟავიანობის, აქტიური მჟავიანობის, შეფერვის ინტენსიობის – დურდოდან გამოწნევის შემდეგ, ღვინომასალების დამზადებიდან ერთი ორი, სამი და ოთხი წლის შემდეგ. მაღალეფექტური სითხური ქრომატოგრაფიის მეთოდის გამოყენებით [8] ჩატარდა კატეხინებისა და ფენოლკარბონმჟავების რაოდენობის გამოკვლევა ღვინომასალების დამზადებიდან ერთი წლის შემდეგ. კვლევის შედეგები მოცემულია ცხრ. 1–3.

ცხრილი 1. ფენოლური ნივთიერებების ჯამური რაოდენობისა და შეფერვის ინტენსივობის დინამიკა წლების მიხედვით

კვლევის ობიექტები	ფენოლური ნივთიერებების ჯამი, მგ/ლ					შეფერვის ინტენსივობა				
	დკოდოდან გამოწნესის შემდეგ	1 წ.	2 წ.	3 წ.	4 წ.	დკოდოდან გამოწნესის შემდეგ	1 წ.	2 წ.	3 წ.	4 წ.
საკონტროლო	3017.30	2045.34	1850.52	1813.50	1804	31.53	18.65	16.25	14.15	14.10
საცდელი 1	4147.00	2760.93	2456.42	2402.38	2390.48	40.65	26.82	20.24	18.65	18.12
საცდელი 2	5720.00	3866.65	3462.32	3375.76	3360.8	52.25	42.65	36.45	32.65	32.10
საცდელი 3	7150.00	4841.85	4310.65	4224.44	4202.24	62.46	49.95	42.68	36.14	35.10
საცდელი 4	6417.13	4242.99	3818.80	3738.60	3721.4	58.64	44.50	38.15	34.25	33.35

ცხრილი 2. ფენოლური ანტიოქსიდანტები დამზადებიდან ერთი წლის შემდეგ, მგ/ლ

კვლევის ობიექტები	(+)-კატეხინი	(-)-ეპიკატეხინი	გალისმუჟა	ქლოროგენის მუჟა	ვანილისმუჟა	ჟავისმუჟა	იასმნის მუჟა	ვანილინის ალდეჟიდი
საკონტროლო	102.036	158.842	12.39	1.17	3.65	7.083	3.468	1.940
საცდელი - №3	213.91	318.175	14.52	1.32	12.988	16.410	7.220	2.830

ცხრილი 3. ქიმიური მახასიათებლების დინამიკა წლების მიხედვით

კვლევის ობიექტები	ალკოჟოლი, % (მოც.)				ტიტრული მუჟეიანობა, გ/ლ				აქტიური მუჟეიანობა PH				მქროლავი მუჟეიანობა, გ/ლ			
	1წ.	2წ.	3წ.	4წ.	1წ.	2წ.	3წ.	4წ.	1წ.	2წ.	3წ.	4წ.	1წ.	2წ.	3წ.	4წ.
საკონტროლო	11.4	11.4	11.3	11.2	6.6	5.5	5.1	5.0	3.55	3.66	3.70	3.72	0.42	0.42	0.41	0.41
საცდელი 1	11.6	11.6	11.5	11.5	6.6	5.6	5.1	5.1	3.56	3.65	3.68	3.71	0.44	0.42	0.40	0.40
საცდელი 2	11.4	11.4	11.2	11.2	6.8	5.7	5.2	5.1	3.53	3.64	3.68	3.70	0.42	0.41	0.40	0.40
საცდელი 3	11.7	11.7	11.5	11.4	7.1	6.3	5.7	5.5	3.48	3.60	3.64	3.67	0.46	0.44	0.42	0.41
საცდელი 4	11.6	11.6	11.5	11.3	6.7	5.7	5.3	5.4	3.52	3.63	3.66	3.68	0.45	0.44	0.42	0.42

გამოკვლევის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ საერთო ფენოლების ჯამური რაოდენობა საცდელ ნიმუშებში საკონტროლოსთან შედარებით გაცილებით მაღალია; ფენოლური კომპონენტების მაღალი შემცველობით და უკეთესი სადგურსტაციო მახვენებლებით გამოირჩევა საცდელი ნიმუში №3, რომლის დამზადებისას გამოყე-

ნებული იყო ტექნოლოგიური ხერხები: ალკოჰოლური დუდილის ჩატარების წინ კლერტგაცლილი დურდოს მოცულობის ნახევარი ტკბილის მოკლება და დარჩენილი დურდოს გაცხელება 65 °C-ზე. მასში საკონტროლოსთან შედარებით გაცილებით მაღალია ფენოლური ნივთიერებების ჯამური რაოდენობა, ფენოლური ანტიოქსიდანტების (კატეხინები, ფენოლკარბონმჟავები) და ვანილინის ალდეჰიდის რაოდენობა. ნიმუშების დამზადებიდან მეორე და მესამე წელს მნიშვნელოვნად შემცირდა ტიტრული მჟავიანობის რაოდენობა, მათში ღვინის ქვის წარმოქმნისა და გამოლეკვის პროცესის მიმდინარეობის გამო; შესაბამისად შეიცვალა აქტიური მჟავიანობაც. ამ პერიოდში მცირედ მიმდინარეობს მქროლავი მჟავიანობის და ალკოჰოლის მაჩვენებლების შემცირება. ალკოჰოლისა და მქროლავი მჟავიანობის რაოდენობის შემცირება უნდა აიხსნას ამ პერიოდში ჩატარებული ტექნოლოგიური პროცესების განხორციელებისას (დაწმენდა, ლექიდან გადაღება) ნაწილობრივ მათი აორთქლებით, ნაწილობრივ კი მათი ეთერიფიკაციის პროცესში მონაწილეობით. ზემოაღნიშნული ცვლილებები კიდევ უფრო ნაკლებინტენსიურად მიმდინარეობს დამზადებიდან ოთხი წლის შემდეგ. ფენოლური ნივთიერებების ჯამური რაოდენობა მნიშვნელოვნად მცირდება დამზადებიდან პირველ და მეორე წელს ამ კომპონენტების დაჟანგვის, პოლიმერიზაციის, ცილა-ტანატის წარმოქმნისა და ნალექში გადასვლის პროცესების აქტიურად მიმდინარეობის შედეგად. მათი კონცენტრაცია დურდოდან გამოწვევის შემდეგ პირველ წელს მცირდება 32–34 %-ით; დამზადების მეორე წელს, პირველ წელთან შედარებით მცირდება 9,5–11 %-ით; მესამე წელს, წინა წელთან შედარებით, გაცილებით ნაკლებად 2–2, 5%-ით მცირდება მათი რაოდენობა და კიდევ უფრო ნაკლებად მცირდება დამზადებიდან ოთხი წლის შემდეგ. ფენოლური ნივთიერებების შემცირების ანალოგიურად იცვლება შეფერვის ინტენსივობაც. დამზადებიდან ოთხი წლის შემდეგაც ფენოლური კომპონენტების მაღალი შემცველობით, შეფერვის ინტენსივობის უკეთესი მახასიათებლით და მაღალი სადგეუსტაციო მაჩვენებლებით კვლავ გამოირჩევა საცდელი ნიმუში №3. გამოკვლევის შედეგებმა, გვიჩვენა, რომ ნახევრად-ტკბილი წითელი ღვინოების დამზადების ჩვენს მიერ შემუშავებული ინოვაციური ტექნოლოგია, რომელიც ითვალისწინებს სტანდარტული ტექნოლოგიისგან განსხვავებით, ალკოჰოლური დუდილის ჩატარების წინ კლერტგაცლილი დურდოს მოცულობის ნახევარი ტკბილის მოკლებას, დარჩენილი დურდოს გაცხელებას 65 °C-ზე, მნიშვნელოვნად ზრდის ფენოლური ნივთიერებების კონცენტრაციას, ფერის ინტენსივობას, ხარისხს და კვებით ღირებულებას.

ლიტერატურა

1. Karna L. Sacchi, Linda F. Bisson, and Douglas O. Adams; A Review of the Effect of Winemaking Techniques on Phenolic Extraction in Red Wines; *Am. //J. Enol. Vitic.* 2005, 56:3, pp.197-206.
2. Gil M, Kontoudakis N, González E, Esteruelas M, Fort F, Canals JM and Zamora F. Influence of grape maturity and maceration length on color, polyphenolic composition, and polysaccharide content of Cabernet Sauvignon and Tempranillo wines. *//J Agric Food Chem*; 2012, 60, pp.7988-8001.
3. Liang, N.N., Zhu, B.Q., Han, S., Wang, J.H., Pan, Q.H., Reeves, M.J. & Duan, C.Q. Regional characteristics of anthocyanin and flavonol compounds from grapes of four *Vitis vinifera* varieties in five wine regions of China. */Food Res. Int.* 2014, 64, pp.264-274.
4. N.V. Ebelashvili, L.P. Shubladze, I.A. Kekelidze. Variations of Bioactive Substances in Red Wines Produced by Different Technological Techniques of Enzyme Maceration. *//Georgian Engineering News*, 2014, 71, pp.72-74.
5. Luchian CE, Colibaba CL, Codreanu M, Tudose-Sandu-Ville S, Niculaua M, Cotea VV 2018. Assay of antioxidant capacity and phenolic compounds in some Romanian and Cypriot wine. */Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 2018, 46(1), pp.240-246.
6. Г. Г. Валуико, Биохития и технология красных вин. -Москва, Пищевая промышленность, 1973, 296 с.
7. Сборник международных методов анализа и оценки вин и сусел; 1993. Перевод с французского и общая редакция д-ра техн. Наук, член-корр. Академии сельского хозяйства Республики Грузия Н. А. Мехузла. Москва Пищевая промышленность, 318 с.

8. Bonerz D. Nikfardjam M. and Creazy G., A New RP-HPLC Method of Poluphenols, Anthocyanins, and Indole-3-Acetic Acid in Wine. //Am.J.Enol.Vitic. 2008, Vol. 59, No 1, pp. 106-109.

SUMMARY

CONCENTRATED WITH PHENOLIC SUBSTANCES RED SEMI-SWEET WINE: CHEMICAL AND SENSORY PROFILE IN THE PROCESS OF PREPARATION-AGEING

Ebelashvili N.V., Kekelidze I.A. and Uturashvili E.A.

Georgian Technical University

Georgian Agrarian University

To increase the concentration of phenolic compounds in the process of red semi-sweet wine test sample preparation, the first time by us were applied technological techniques separately and in combination: before conducting alcoholic fermentation, removing the various amounts of grape juice from the must, and heating the must. The research objects were prepared from Saperavi grape red semi-sweet wine samples: control – via standard technology and four test samples. In the process of their preparation-ageing, chemical and sensory profiles. The test sample characterized by higher phenolic compound concentration and better tasting indicators is the one in preparation of which there were used technological techniques: before conducting alcoholic fermentation – removal of the grape juice in the amount of half volume from the destemmed crushed must total volume and heating of the remaining must at 65 °C. In this test sample, compared to the control, much higher are: the total phenolic content, among them the amount of catechins, phenolcarbonic acids, and vanillic aldehyde. In the third year after the sample preparation, the amount of titratable acidity decreased significantly, and pH changed accordingly; the amount of volatile acidity, alcohol, phenolic substances content, and colour intensity changed slightly. Even after ageing for three years, a high amount of phenolic substances remains in the test samples compared to the control.

Keywords: red semi-sweet wine, phenolics, chemical compounds.

აღღებენილი რძის სპეციფიკურობა, სამამულო რძის პროდუქტიულობა ღინამიკაში და მიღებული შედეგების განსახილვერ

მაჭავარიანი ი.ზ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რძე მაღალი კვებითი ღირებულების პროდუქტია, რომელიც მდიდარია მინერალური და ბიოქიმიური ნაერთებით. ადამიანი სხვადასხვა ცხოველის რძეს იყენებს, თუმცა ერთპიროვნულ ღირებულებას მინც ძროხის რძე რჩება. ძროხის რძე განსაკუთრებული თვისებების მოყვითალო-მოთეთრო, სპეციფიკური მოტკბო გემოს მქონე სითხეა, რომელიც სარძევე ჯირკვალში მიმდინარე რთული და ღრმა გარდაქმნების შედეგად გამოიშავდება. იგი დაახლოებით ორასამდე სასარგებლო ნივთიერებას – ცილებს, ცხიმებს, ნახშირწყლებს, მინერალურ ნივთიერებებს, ვიტამინებს, ორგანულ მჟავებს, ფერმენტებსა და ჰორმონებს შეიცავს. ცილა რძის ყველაზე ღირებული კომპონენტი. მისი რაოდენობა დაახლოებით 3,2%-ს უტოლდება. რძეში აღმოჩენილია რამდენიმე სახის ცილა, კახეინი, ლაქტალბუმინი, ლაქტოგლობულინი. მცენარეულ საკვებთან კომბინაციისას ეს ცილები ორგანიზმისთვის მეტად საჭირო ნივთიერებებს წარმოქმნის. რძის ცხიმები ორგანიზმისთვის აუცილებელ ყველა ცხიმოვან მჟავას შეიცავს და იოლი მოსანელებელიც არის, ვინაიდან ცხიმების პატარა წვეთებისგან შემდგარ ერთგვარ ემულსიას წარმოადგენს [1].

რძის ცილები, თავისი თვისებებით განსხვავდება სხვა ცილებისაგან, რადგან ღიდი ხნით გაცხელების შედეგად არ იშლება. მჟავიანობის გაღილების შემთხვევაში კი სწრაფად იჭრება და ღუღილის შედეგად ილექება.

რძეში ცხიმი მცირე ბურთულების სახით მოიპოვება, რომელიც დაფარულია თხელი გარსით, ამიტომაც ერთმანეთს არ ეწყება. ცხიმის ბურთულაკები ხასიათდება დაბალი ხვედრითი წონით, რის გამოც რძის წყნარ პირობებში დაყენების შედეგად თანდათანობით ზევით ამოტივტივდება და ქმნის შესქელებულ ცხიმოვან მასას. ამ უკანასკნელიდან კი გაადვილებულია სხვადასხვა სახის რძის პროდუქტის მიღება [1].

მინერალურ ნივთიერებათა შორის რძეში ყველაზე მეტი ქლორ-კალციუმისა და ფოსფორის მარილებია, მათთან ერთად, კალციუმი და მაგნიუმი. გაზაფხულის რძე მდიდარია A, B, C და D ვიტამინებით, ხოლო ზამთრის რძე შედარებით ღარიბია, რადგან ცხოველი გადასულია მშრალი საკვების მიღებაზე. რძეში მოიპოვება აგრეთვე, აქროლადი ცხიმოვანი მჟავები, რომლებიც მას სპეციფიკურ სუნს აძლევს [2].

რძე ითვლება მიკროორგანიზმების გამრავლების წყაროდ, მათ შორის შეიძლება იყოს ისეთი მიკროორგანიზმებიც, რომლებიც მავნეა ადამიანის ორგანიზმისათვის. ამიტომ რძის მიღების დროს საჭიროა მკაცრად დავიცვათ სანიტარულ-ჰიგიენური პირობები. რძეში არსებული ნივთიერებები ადვილად და თითქმის მთლიანად შეითვისება ადამიანის ორგანიზმის მიერ. ერთი ლიტრი ძროხის რძის კალორიულობა საშუალოდ 650–700-მდე აღწევს [2].

მსხვილფეხა რქოვანი პირუტყვის (მრპ) რძის ქიმიური შედგენილობის ზოგადი მონაცემები წარმოდგენილია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. მრპ-ს რძის ქიმიური შედგენილობა

მრპ-ს სახე	%ში					
	წყალი	ციხიმები	ცილები	რძის შაქარი	მინერალური მარილები	ხვედრითი წონა
ძროხა	87,3	3,7	3,5	4,8	0,7	1,031

სტანდარტის დიაპაზონის მიხედვით ძროხის რძე გამოღის ორი სახის: მოხდილი და მოუხდილი. მოუხდელ რძეს ცხიმი არ აქვს აცლილი, ხოლო მოხდილ რძეს, რომელიც მიღებულია რძის სეპარატორში გატარებით, თითქმის მთლიანად

მოცილებული აქვს ცხიმი (დარჩენილია მხოლოდ 0,2 %-მდე). ასეთი რძის ხვედრითი წონა მოუხდელ რძესთან შედარებით უფრო მაღალია [1].

პრაქტიკაში მიღებულია რძის პასტერიზების შემდეგი რეჟიმი: ხანგრძლივი – რძის გაცხელება 63–65 °C ტემპერატურაზე 20–30 წთ-ის დაყოვნებით, ხანმოკლე – რძის გაცხელება 72–76 °C ტემპერატურაზე 15–20 წმ-ის დაყოვნებით, მომენტალური – რძის გაცხელება 85–87 °C ტემპერატურაზე დაყოვნების გარეშე. პასტერიზების დროს იცვლება რძის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები. ამასთან, ზოგი ცვლილება შეუქცევადია. იცვლება რძის სიბლანტე და ზედაპირული დაჭიმულობა. რძე ღებულობს სპეციფიკურ გემოსა და სუნს. იცვლება რძის შედეგებისა და ჩაკვეთის უნარი მჟავის და ფერმენტის ზემოქმედებისას. კლებულობს მათი სასურსათო ღირებულება ვიტამინების ნაწილობრივი დაშლისა და ფერმენტების ინაქტივაციისას, ცილებისა და რძის სხვა კომპონენტების სტრუქტურისა და აგებულების შეცვლის შედეგად. პასტერიზებით შესაძლებელია მოვსპოთ ან შევასუსტოთ ზოგიერთი რძის გემოსა და სუნის მანკი [3].

მსოფლიოში ნატურალური რძის წარმოება, სამწუხაროდ, შემცირებულია გლობალური გეოსისტემური პროცესებიდან გამომდინარე. სწორედ ამიტომ სხვადასხვა ქვეყანაში აწარმოებენ ალდგენილ რძეს.

ალდგენილი რძის მისაღებად მშრალი საღი რძე იხსნება 45 °C ტემპერატურაზე სპეციალურ აპარატებში, საიდან გახსნილი რძე შემდგომი დამუშავებისათვის გადავიდოდა, მას ატარებენ ლითონის საცერში, რომლის ნახვრეტები არ აღემატება 3 მმ-ს. ეს შესაძლებლობას იძლევა პროდუქტისაგან გამოცალკევდეს გაუხსნელი კოშტები. შემდეგ რძეს აცივებენ 6–8 °C-ზე და 3–4სთ-ს ამყოფებენ რეზერვუარებში ცილის გასაჯირჯვებლად, აგრეთვე ნორმალური სიმკერვისა და სიბლანტის მისაღწევად დაყოვნების შემდეგ რძეს ათბობენ და წმენდენ ქსოვილის ფილტრებით ან ცენტრიდანული რძისაწმენდებით. ამის შემდეგ ხდება რძის ჰომოგენიზება 10–15 მპა წნევის ქვეშ, 50–60 °C-ზე. ალდგენილი რძის წარმოების შემდგომი პროცესი არის მისი პასტერიზება, გაცივება და ჩამოსხმა. ჩამოსხმის შემდეგ დაუყოვნებლივ უნდა გაიგზავნოს სარეალიზაციოდ. თუ ამის საშუალება არ არის მას ათავსებენ მაცივარ-კამერებში, სადაც ინახავენ 8 °C-ზე. ცალკეულ შემთხვევებში ალდგენილი რძის ხარისხის გაუმჯობესებისათვის მას ურევვენ საღ რძეს. ერთისა და მეორე სახეობის რძის თანაფარდობას ადგენენ საღი რძისა და ალდგენილი რძის ხარისხის მიხედვით [3].

საქართველოში დადგენილია 12 ლანდშაფტი. რძის პროდუქტებს აწარმოებენ როგორც ბარში, ასევე მთასა და მთის წინეთში. ეს ზონები წარმოდგენილია შემდეგი სახით: სველი სუბტროპიკული, სუბტროპიკული, კონტინენტალური, სუბკონტინენტალური, სადაც ასიმილირებულია მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის ჯიშები და იგი წარმოდგენილია ქვესახეობების სახით. მათ გენეტიკური ფაქტორი ძირითადი დნმ შენარჩუნებული აქვთ, თუმცა ვიზუალურად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან ასიმილაციიდან გამომდინარე. ქვემოთ მოცემულ ცხრილებში წარმოდგენილია მწვანე მასითა და თივით გამოკვებილი მრკ-სგან მიღებული რძის ძირითადი მაჩვენებლები.

ყველა ქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზი შესრულებულია რაოდენობრივი, ბაზისური, ვალიდირებული მეთოდებით და არა თვისებითი ანალიზის საფუძველზე [4].

ცხრილი 2. მწვანე მასით გამოკვებილი მრკ-სგან მიღებული რძის ქიმიური შედგენილობა

მრკ-ს სახეობები	წყალი, გ	ცხიმი %	ცილა, %	ხვედრითი წონა, %	მშრალი ნივთიერება, გ	რძის შაქარი, %
მეგრული წითელი	86,5	4,2	3,6	1,030	13,5	4,7
კავკასიური წაბლა	86	3,3	3,0	1,028	14	3,9
შვიცური	86	3,8	2,5	1,027	14	4,1
ხევსურული	85,6	4,4	3,8	1,031	14,4	4,5

ცხრილი 3. მწვანე მასით გამოკვებილი მრპ-სგან მიღებული რძის ნაცრის ელემენტების რაოდენობა

მრპ-ს სახეობები	ნაცრის ელემენტები, %
მეგრული წითელი	0,57
კავკასიური წაბლა	0,42
შვიცური	0,48
ხევსურული	0,56

ცხრილი 4. თივით გამოკვებილი მრპ-სგან მიღებული რძის ქიმიური შედგენილობა

მრპ-ს სახეობები	წყალი, გ	ცხიმი %	ცილა, %	ხვედრითი წონა, %	მშრალი ნივთიერება, გ	რძის შაქარი, %
მეგრული წითელი	86,3	4,4	3,7	1,029	13,7	4,7
კავკასიური წაბლა	85,9	3,5	3,3	1,028	14,1	3,8
შვიცური	85,7	3,9	2,6	1,027	14,3	4,0
ხევსურული	85,4	4,5	4,0	1,032	14,6	4,5

ცხრილი 5. თივით გამოკვებილი მრპ-სგან მიღებული რძის ნაცრის ელემენტების რაოდენობა

მრპ-ს სახეობები	ნაცრის ელემენტები, %
მეგრული წითელი	0,58
კავკასიური წაბლა	0,43
შვიცური	0,49
ხევსურული	0,57

ზემოთ მოცემულ ცხრილებში (ცხრ. 2–5) ასახულია მწვანე მასითა და თივით გამოკვებილი მრპ-სგან მიღებული რძის ქიმიური და ბიოლოგიური მაჩვენებლები, რომლებშიც მიღებულია განსხვავებული შედეგები. ნატურალიზაციის ნიშან-თვისებათა ერთობლიობის თანახმად მცირეოდენი ცვლილებაც კი მნიშვნელოვანია, თუ მიღებულ პროდუქციას გადავიანგარიშებთ დიდ მასშტაბებზე.

რძე სასურსათო პროდუქტებიდან ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი და მოთხოვნადია, როგორც მთელ მსოფლიოში, ასევე საქართველოში. რძეზე და რძის პროდუქტებზე მოთხოვნა თანდათან იზრდება, ამიტომ სასურველია ჩვენს ქვეყანაში რძის ინდუსტრიის სათანადო განვითარება.

რძე ერთ-ერთი აუცილებელი სასიცოცხლო პროდუქციაა, რომელსაც ბავშვი შეიგრძნობს დაბადებიდანვე. რძის პროდუქტი მდიდარია მინერალური ნაერთებით, მაგრამ მნიშვნელოვანია მისი ბიოქიმიური შედგენილობა. რძის პროდუქტიულობა დამოკიდებულია სათიბ-საძოვრებზე ვერტიკალური ზონალობის მიხედვით, სანიტარულ-ჰიგიენურ პირობებზე, აბიოტურ ფაქტორთა ერთობლიობაზე. საქართველოში ასიმილირებული მრპ-სგან მიღებული რძის პროდუქცია სანიტარულ-ჰიგიენური პირობების მიხედვით აკმაყოფილებს სტანდარტის დიაპაზონს. საქართველოში არსებული ქვესახეობებისგან მიღებული რძე მიეკუთვნება ძირითადად პირველ და მეორე ხარისხის რძის კატეგორიას.

ლიტერატურა

1. გ. დანელია, თ. ფალავანიძე. კვების პროდუქტების სასაქონლო ექსპერტიზა და სამართლებრივი საფუძვლები. -თბილისი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2017, გვ.150-160.
2. გ. დანელია. კვების პროდუქტების ექსპერტიზის საფუძვლები. -თბილისი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2001, გვ. 51-56.

3. ა. ხარაზიშვილი, დ.კვიციანი. რძისა და რძის პროდუქტების ტექნოლოგია – სახელმძღვანელო შედგენილია გაეროს განვითარების პროგრამის ხელშეწყობით და შვეიცარიის განვითარებისა და თანამშრომლობის სააგენტოს დაფინანსებით. -თბილისი 2010, გვ. 67-82.
4. გ. დანელია, თ. ფალავანდიშვილი, ნ. ბარათელი. ლაბორატორიული პრაქტიკული კვების პროდუქტების ეკოქიმიურ ექსპერტიზაში. თბილისი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2011, გვ. 11-17.

SUMMARY

SPECIFICITY OF RECONSTITUTED MILK, DOMESTIC MILK PRODUCTIVITY IN DYNAMICS, AND DETERMINATION OF OBTAINED RESULTS

Matchavariani I.Z.

Georgian Technical University

Milk is rich in mineral compounds. Milk productivity depends on the vertical zonation of pastures, sanitary-hygienic conditions, and a combination of abiotic factors. Milk products obtained from assimilated cows in Georgia meet the standard range according to sanitary-hygienic conditions.

Keywords: milk, milk productivity, abiotic factors, vertical zonation, assimilation, pasteurization.

საკვები ბოჭკოებით გამდიდრებული ხორცპროდუქტების ტექნოლოგიის შემუშავება

ბერულავა ი.ო., აფხაძე ქ.რ., კახაია გ.მ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

თანამედროვე დროში შეინიშნება ხორცის და ხორცპროდუქტების მოხმარების ზრდის ტენდენცია. იმისათვის, რომ ხორცპროდუქტებს მიენიჭოს ჯანსაღი საკვების ხასიათი, რომელიც აკმაყოფილებს მომხმარებელთა მოთხოვნებს, მათში ზრდიან სასურველი ინგრედიენტების, შეუცვლელი ცხიმოვანი მჟავების, საკვები ბოჭკოების შემცველობას და ამცირებენ არასასურველი მარილებისა და ნიტრიტების შემცველობას [1,2].

საკვები ბოჭკოებით ხორცპროდუქტების გამდიდრების უმარტივესი გზაა მათ წარმოებაში ფუნქციური ინგრედიენტით მდიდარი ბუნებრივი პროდუქტების გამოყენება. ორგანოლექტიკური თვისებების გაუმჯობესების და კალორიულობის შემცირების მიზნით ხორცის დაკეპილ ნახევარფაბრიკატებში ფარშის კომპონენტად გამოიყენება მცენარეული დანამატები: კომბოსტო, სტაფილო, ჭარხალი, კარტოფილი და სხვა.

სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს ხორცის პროდუქტების, კერძოდ, ქათმის კატლეტის სამომხმარებლო თვისებების გაუმჯობესება არატრადიციული მცენარეული ნედლეულის, ბარდის ფქვილისა და სტაფილოს ფხვნილის დამატებით.

კვლევათი სამუშაოს საწყის ეტაპზე ჩვენ მიერ შერჩეული იქნა დასავლეთ საქართველოში გავრცელებული მცენარეული ნედლეული – სტაფილო და ბარდა, რომელთა შრობას ვაწარმოებდით თერმოსტატში სხვადასხვა ტემპერატურულ პირობებში. ოპტიმალური პარამეტრებად ჩაითვალა: სტაფილოს ფხვნილის მომზადებისას – ტემპერატურა 75–80 °C და დროის ხანგრძლივობა 3–4სთ, ხოლო ბარდის ფქვილის მომზადებისას – ტემპერატურა 105 °C და დროის ხანგრძლივობა 1 სთ. აღნიშნულ პირობებში სტაფილოსა და ბარდის მშრალ კონცენტრატებს შენარჩუნებული აქვს გემო და არომატი, რაც შეეხება ფერს – სტაფილოს ფხვნილს აქვს მისთვის დამახასიათებელი ფერი, ხოლო მწვანე ბარდის ფქვილი არის მოთეთრო-კრემისფერი (სურათი) [4].



ბარდის ფქვილი



სტაფილოს ფხვნილი

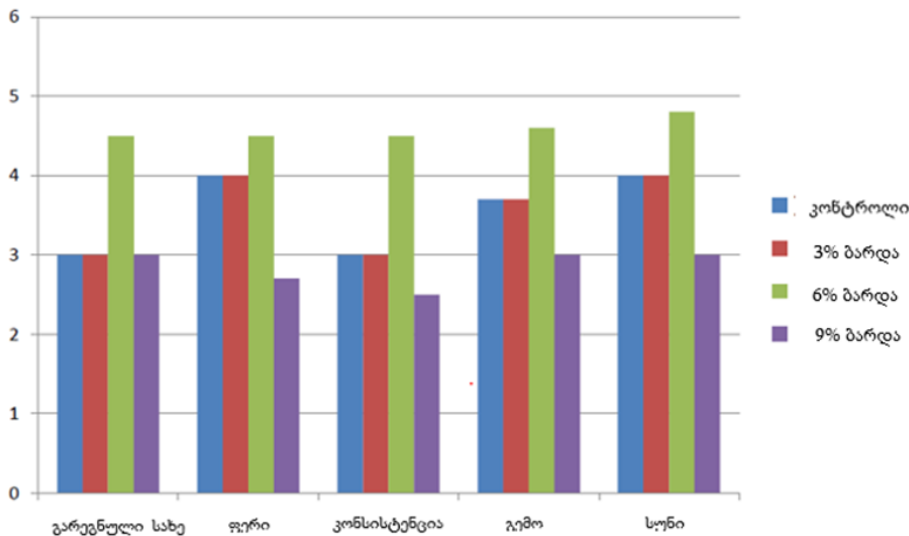
საკვები დანამატების მიღების შემდეგ კვლევათი სამუშაოს შემდგომ ეტაპზე ჩავატარეთ ქათმის ხორცის, კერძოდ ქათმის ფილეს და სტაფილოს ფხვნილის ქიმიური შედგენილობის ანალიზი. დადგენილი იქნა, რომ სტაფილოს ფხვნილი შეიცავს საკვებ ბოჭკოებს და ნახშირწყლებს, რომლებიც არ არის ფრინველის ხორცში. სტაფილოს ფხვნილს აკლია ქოლესტერინი და ცხიმოვანი მჟავები, რომლებიც ფრინველის ხორცშია. გარდა ამისა, სტაფილოს ფხვნილი შეიცავს ბეტა-კაროტინს, რომელიც თითქმის 100 %-ით აღემატება ფრინველის ხორცში არსებულ ბეტა-კაროტინს. ვიტამინებისა და მინერალების რაოდენობით ფრინველის ხორცი ჩამოუვარდება სტაფილოს ფხვნილს. ქათმის ხორცი ცილის შემცველობით სტაფილოს ფხვნილს აჭარბებს 60,4 %-ით, ცხიმის 80,5 %-ით [3,4].

შედარებითი ანალიზის შემდეგ კი შემუშავებული იქნა ხორცის ნაწარმის ახალი ასორტიმენტის რეცეპტურა და ტექნოლოგია. საკონტროლო ნიმუში მომზადებული იქნა რეცეპტურით №667 „ქათმის დაკეპილი კატლეტი“. ახალი ნაწარმის ტექნოლოგიის შემუშავების პირველ ეტაპზე რეცეპტურით გათვალისწინებული უმი ხორცის ნაწილი შევცვალეთ სტაფილოს ფხვნილით 3, 5 და 7 %-ის ოდენობით ხორცის მასიდან. ძირითადი ექსპერიმენტი ითვალისწინებდა ბარდის ფქვილისა და სტაფილოს ფხვნილის კომპლექსური დანამატის გამოყენებით ქათმის ნახევარფაბრიკატის (კატლეტის) მომზადებას. ამ მიზნით სტაფილოს ფხვნილის დანამატის გამოყენებისას საუკეთესო ნიმუშად მიჩნეულ კატლეტის რეცეპტურაში (სტაფილოს ფხვნილი 5 %-ის ოდენობით ხორცის მასიდან) სტანდარტული რეცეპტურით გათვალისწინებული ხორბლის პურის მასას ვანაცვლებდით ბარდის ფქვილით 3, 6 და 9 %-ის ოდენობით (ცხრილი).

კომპლექსური დანამატით ქათმის დაკეპილი ნ/ფ რეცეპტურა

ნედლეული	მასა ნეტო, გრ			
	კონტროლი	დანამატი		
		3%	6%	9%
	ქათამი	37	34,78	34,78
ხორბლის პური	9	7,2	5,4	3,6
რძე	13	13	13	13
ორცხობილა პანირებისთვის	5	5	5	5
ცხიმი	2	2	2	2
სტაფილოს ფხვნილი	0	2,22	2,22	2,22
ბარდის ფქვილი	0	1,8	3,6	5,4
ნ/ფ გამოსავალი	63	63	63	63

ქათმის კატლეტის ორგანოლეპტიკური შეფასებისას საკონტროლო ნიმუშის კატლეტები ხასიათდებოდნენ ხორცისათვის დამახასიათებელი გემოთი და სუნით, ხოლო კატლეტებში 3% და 6% ბარდის ფქვილის დამატებით შეიმჩნეოდა გემოსა და სუნის უმნიშვნელო ცვლილება. არ ხდებოდა სტრუქტურულ-მექანიკური თვისებების ცვლილება, კონსისტენცია საკონტროლო ნიმუშის იყო კატლეტისათვის დამახასიათებელი, ხოლო ბარდის ფქვილის დამატებით კი რბილი და წვნიანი. 9% ბარდის ფქვილის დამატების შემთხვევაში კი უკვე საგრძნობლად შეიმჩნეოდა ბარდისთვის დამახასიათებელი სუნი და გემო. ორგანოლეპტიკური მაჩვენებლების მიხედვით საუკეთესო ნიმუშად ჩაითვა ქათმის კატლეტი, რომელშიც ხდებოდა 6%-ის ოდენობით ბარდის ფქვილის დამატება (ნახაზი).



კომპლექსური დანამატით ქათმის კატლეტის ორგანოლეპტიკური მაჩვენებლები

როგორც დიაგრამიდან ჩანს, ნიმუშმა 6 % ბარდის ფქვილის დამატებით მიიღო უმაღლესი ქულა. ამ პროდუქტს ჰქონდა ერთიანი ოქროსფერი ქერქი, გამოხატული ხორცის არომატი, წვნიანი ტექსტურა და ამ ტიპის პროდუქტის შესაბამისი გემო.

ყოველივე ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ბარდის ფქვილის და სტაფილოს ფხვნილის გამოყენება ხელს შეუწყობს ახალი პროდუქტის კვებითი და ბიოლოგიური ღირებულების ამაღლებას, ამავე დროს შეამცირებს მის ენერგეტიკულ ღირებულებას.

ლიტერატურა

1. W. Bedale, J.J. Sindelar, A.L. Milkowski. Dietary nitrate and nitrite: Benefits, risks, and evolving perceptions. // Meat science, 2016, 120, pp. 85-92.
2. Z. F. Bhat, H. Bhat. Functional meat products: a review. // International Journal of Meat Science, 2011, v. 1(1), pp. 1-14.
3. Borodin N. M. Use of unconventional raw materials in food production./ Qualification thesis. Chelyabinsk 2019, p.58.
4. კახაია გ. არატრადიციული მცენარეული ნედლეულის გამოყენება ხორცპროდუქტების წარმოებაში. სამაგისტრო ნაშრომი. აწსუ.ქუთაისი, 2022, გვ.89

SUMMARY

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR MEAT PRODUCTS ENRICHED WITH DIETARY FIBER

Berulava I.O., Apkhadze K.R. and Kakhaia G.M.

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

The possibility of using non-traditional plant raw materials, pea flour, and carrot powder, in the production of meat products has been studied. A recipe and technology for a new range of chicken cutlets has been developed. It has been established that when using a complex additive of 5 % carrot powder and 6 % pea flour, a chicken cutlet is characterized by better organoleptic characteristics. The use of this complex additive increases the nutritional and biological value of the new product.

Keywords: meat products, dietary fiber, carrot, pea.

სოსისის წარმოების ახალი ტექნოლოგია კენკროვანების დამატებით

ბოკერია ა.შ., ბერიაშვილი ქ.ი., თეთრაული თ.პ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ძეგვეული, კერძოდ კი სოსისი, მთელი მსოფლიოს მასშტაბით მოსახლეობის კვების რაციონის ერთ-ერთ ძირითად შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს. ეს გამოიწვია ძეგვეულის და სოსისების მრავალფეროვნებამ. უამრავი სოსისის სახეობა არსებობს, უამრავი გემოს თუ ფერის მქონე, რაც განაპირობა მისმა მომზადების განსაკუთრებულმა ტექნოლოგიამ, ინგრედიენტების მრავალფეროვნებამ და ტექნოლოგიური კუთხით, დამუშავების ფართო სპექტრმა.

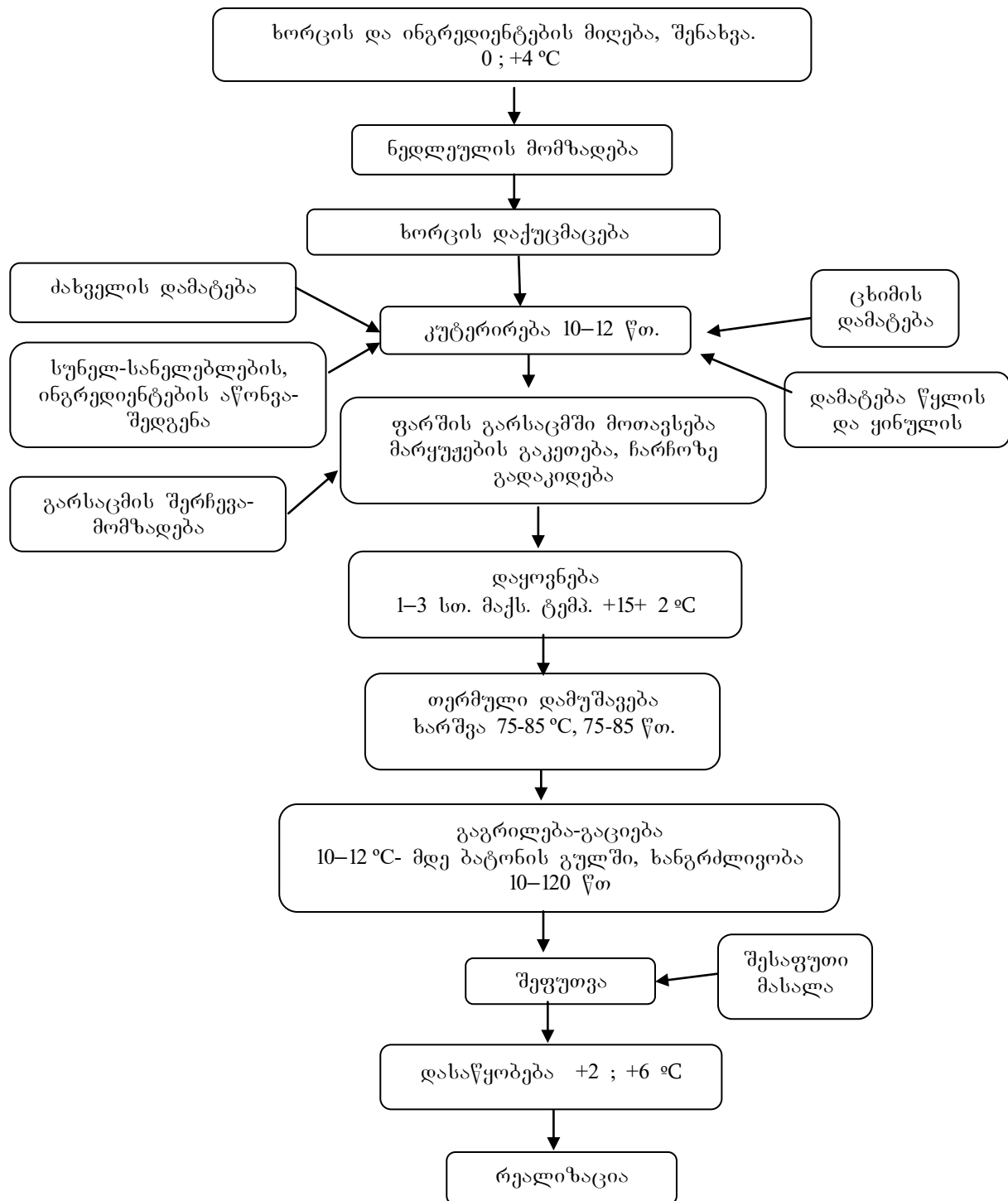
ქათმის მოხარშული სოსისი კენკროვანების დამატებით, კერძოდ, ძახველისა და კოწახურის, არის ერთ-ერთი კარგი საშუალება იმისა, რომ დაკმაყოფილდეს ადამიანის მოთხოვნილება – მიიღოს ჯანსაღი, სასურველი ფერისა და არომატის მქონე ხორცპროდუქტი, რომელშიც არ იქნება გამოყენებული ქიმიური დანამატები. ძახველისა და კოწახურის დამატება ქათმის მოხარშულ სოსისში არის კარგი საშუალება, ავითვისოთ ბუნებრივი კონსერვანტული თვისებებით მდიდარი, ვიტამინებით სავსე, განსაკუთრებული არომატისა და გემოს მქონე მცენარეული დანამატ-სანელებლები.

ტექნოლოგიების წინაშე დადგა ამოცანა შეექმნათ ჯანსაღი პროდუქტი, ნაკლები ქიმიური გზით მიღებული დანამატების გამოყენებით; აგრეთვე შეექმნათ ადამიანისთვის საჭირო და სათანადო კვებითი ღირებულების მქონე ხორცპროდუქტები, რომელიც ხელმისაწვდომი იქნება ყველასთვის

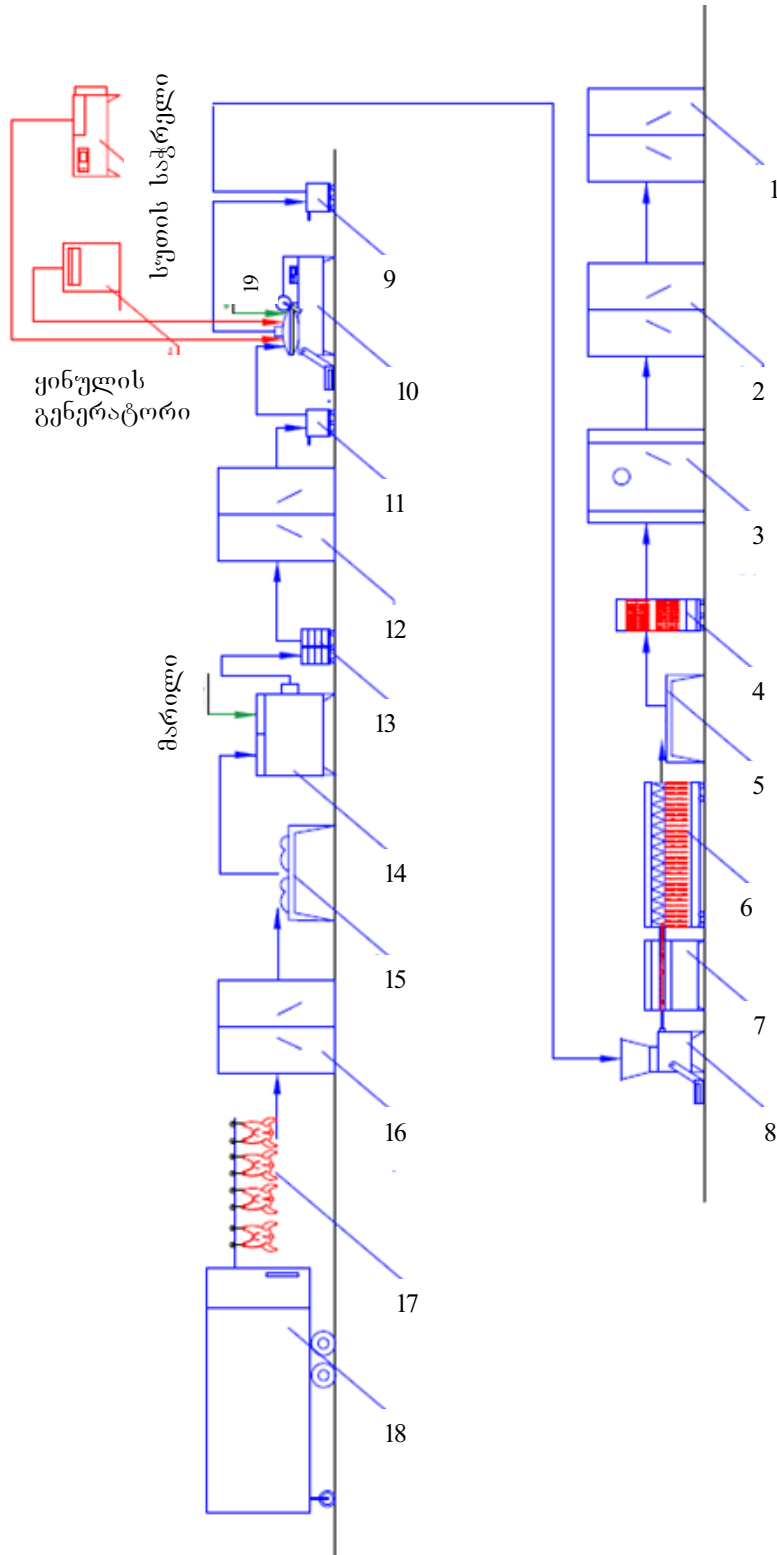
ჩვენ მიერ წარმოდგენილია ახალი სოსისის წარმოების ტექნოლოგიური სქემა კენკროვანების დამატებით (ნახ. 1 და 2). ქათმის ხორცისგან მოხარშული სოსისის წარმოება, კენკროვანების, კერძოდ ძახველის დამატებით, რომელიც მსოფლიოს მასშტაბით არის გავრცელებული; ხარობს მარტივად, როგორც ცივ, აგრეთვე თბილ კლიმატურ პირობებში; მარტივად მოსავლელია; გამოირჩევა თავისი ორგანოლეპტიკური თუ ადამიანის ჯანმრთელობისათვის სასარგებლო ქიმიური მანევენებლებით. ეს ხორცპროდუქტი საშუალებას მისცემს ტექნოლოგებს გამოიყენონ შედარებით დაბალი ფასის და მაღალი კვებითი ღირებულების მქონე ნედლეული, როგორც ქათმის ხორცია; გარდაქმნან იგი ისეთი სახის ხორცპროდუქტად, რომელიც არაფრით ჩამოუვარდება საქონლისა და ღორის ხორცპროდუქტებს, რომელიც დააკმაყოფილებს მომხმარებლის მოთხოვნებსა და გემოვნურ თვისებებს [1-3].

ძახველი (*Viburnum opulus*) – ფოთლოვანი ბუჩქი, მეტად ფასეული, გამორჩეული სამკურნალო თვისებების მქონე მცენარეა, რომელიც თავისი სილამაზითაც გვხიბლავს. ძირითადად ხარობს ევროპაში, რუსეთში, ჩრდილოეთ აფრიკისა და ჩრდილოეთ აზიის ზოგიერთ რეგიონში; მისი 120–200 სახეობა გავრცელებული.





ნახ.1. მოხარშული სოსისის წარმოება კენკროვანების დამატებით - ბლოკ-სქემა:



ნახ. 2. სოსისის წარმოების ტექნოლოგიური სქემა

1. შესანახი მაცივარი; 2. ინტენსიური გაციების კამერა; 3. შესაბოლ-მოსახარში კამერა; 4. სოსისის ჩამოსაკიდი ჩარჩო; 5. სოსისის ასაცმელი მაგიდა; 6. ავტომატური სოსისის გირლიანდების დამკიდი; 7. ავტომატური გარსაცმში ფარშის ჩამტენი; 8. შპრიცი; 9. ფარშის გადასატანი ურიკა; 10. უტერი; 11. ფარშის გადასატანი ურიკა; 12. მოსამწიფებელი კამერა; 13. ფარშის ყუთი; 14. ხორცის საკები გველუკა დანადგარი; 15. ხორცის დასარბირებელი მაგიდა; 16. შესანახი მაცივარი; 17. ფრინველის ტანხორცი; 18. ტანხორცის ტრანსპორტირებისათვის განკუთვნილი ფუთა; 19. დანამატი.

შემუშავებულია ძახველის დამატებით დამზადებული ქათმის მოხარშული სოსისის რეცეპტურა (ცხრილი)

ძახველის დამატებით დამზადებული ქათმის მოხარშული სოსისის რეცეპტურა

დასახელება (ძირითადი ნედლეული)	რაოდენობა (კგ)
ქათმის ფილე	80
ღორის ზურგის ქონი	18
რძის ფხვნილი	2
დანამატები	რაოდენობა (კგ)
მარილი	2
შაქარი	02
პილპილი	0,6
რეჰანი	0,06
ვიტამინი C	0,05
შავი პილპილი	0,05
ძახველი	0,05
მუსკატის კაკალი	0,05
წითელი წიწაკა	0,03
სურნელოვანი პილპირი	0,03
ყვითელი ყვავილი	0,03
ხარჩოს სუნელი	0,03
ნიგოზი	0,03

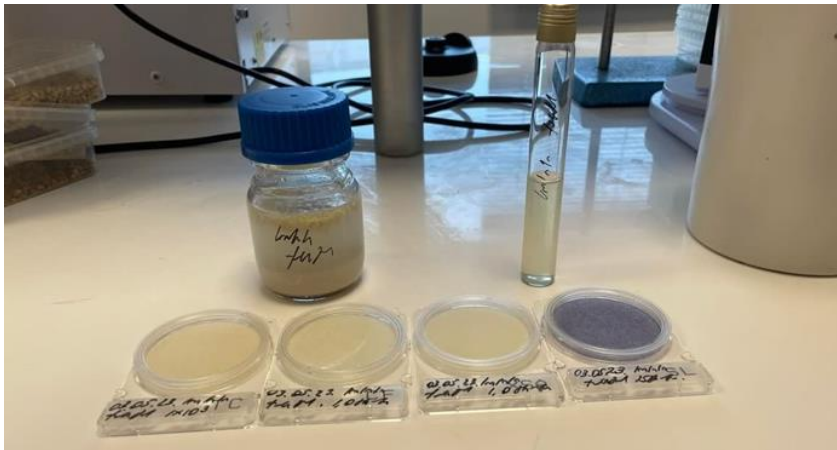
ვიღებთ ნედლ ქათმის ფილეს, რომელიც ქუცმაცდება მგელუკა დანადგარზე. აგრეთვე ვაქუცმაცებთ ღორის ზურგის ქონს დამჭრელზე. ვურევთ მათ „კუტერზე“. ძახველი შუალედურ პროდუქტს ემატება კუტერირების პროცესში, რომლის დროსაც ხდება ნედლეულისა და დანამატების შერევა, დაკეპვა და ერთგვაროვანი მასის მიღება. სწორედ ამ ეტაპზე იწყება ის ქიმიური გარდაქმნები, რომელიც მეტად მნიშვნელოვანია მაღალი ხარისხის სოსისის წარმოებისათვის. იწყება ცილის დენატურაცია, ცხიმისა და წყლის ემულსიფიკაცია, აქტიურდება ქიმიური პროცესები. ძახველში არსებული ასკორბინის მჟავა (ვიტამინი C), α -ტოკოფეროლი (ვიტამინი E), კაროტინოიდები, ქლოროფილები და ფენოლური ნაერთები იწყებენ ურთიერთქმედებას ქათმის ფილესთან, ცხიმთან და წყალთან, ყალიბდება მაქსიმალურად სტაბილური ემულსია, რომელიც მზადაა ფორმირებისთვის. ფორმირება ხდება პოლიამიდურ გარსაცმში, რომელიც საუკეთესოდ უნარჩუნებს სოსისს ტენს, წვნიანობას, არომატს და გემონურ თვისებებს. ამის შემდეგ ვაყოვნებთ შუალედურ ნედლეულს 1–3 საათი მაქს. ტემპ. +15 + 20 °C. შემდეგ ხდება თერმული დამუშავება, ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი პროცესი. სოსისის ხარშვის რეჟიმი მიმდინარეობს დაახლოებით 8–10 წუთი. როდესაც ბატონის გულის ტემპერატურა მიაღწევს 73 °C ვაყოვნებთ პროდუქტს კიდევ 5–10 წუთი, რათა მოხდეს მიკრობების განადგურება.



ფოტო 1. ქათმის მოხარშული სოსისი ძახველის დამატებით

საექსპერიმენტოდ ძახველის დამატებით მომზადებულ ქათმის მოხარშულ სოსისზე (ფოტო 1) ჩავატარეთ ქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევა. საკვლევი ქიმიური პარამეტრები არის C ვიტამინი, შაქარი, ცილა; ხოლო მიკრობიოლოგიური პარამეტრებია: მეზოფილურ აერობული და ფაკულტატურ ანაერობული მიკროორგანიზმები (მაფანმრ), საღმონელა, კოლიფორმული ბაქტერიები, სულფიტმარედუცირებელი კლოსტრიდიები [4,5].

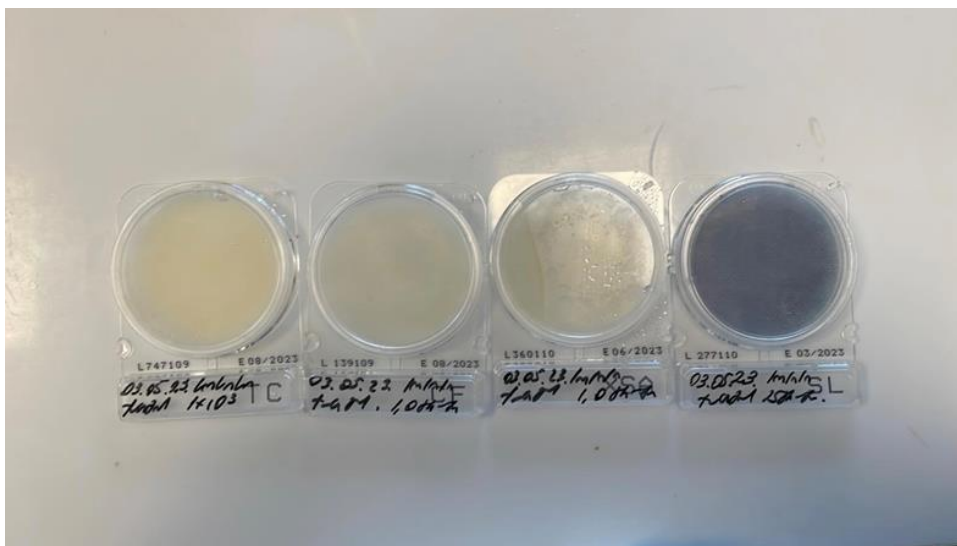
მიკრობიოლოგიური კვლევა ჩატარდა შპს „მარშეს“ მიკრობიოლოგიურ ლაბორატორიაში. სოსისიდან ავიღეთ საანალიზოდ საჭირო რაოდენობის, 20–20 მგ ნიმუშები, მოვათავსეთ 80 მლ ფიზიოლოგიური ხსნარით შევსებულ კოლბაში. დავაყოვნეთ 3 საათის განმავლობაში ბოქსში. მოვახდინეთ ნიმუშების ჩათესვა მეთოდოლოგიის მიხედვით. ჩათესილი ფირფიტები მოვათავსეთ თერმოსტატში 24–48 სთ განმავლობაში +37 °C-ზე (ფოტო 2).



ფოტო 2. მიკრობიოლოგიური კვლევა

ლაბორატორიული კვლევის დასრულების შემდეგ, მიკრობთა რაოდენობა არ დაფიქსირდა.

მომზადებული პროდუქცია გავყინეთ -18 °C-ზე. შევინახეთ 2 თვის განმავლობაში, განმეორებითი კვლევის შედეგების მიხედვით, ძახველის დამატებით დამზადებული ქათმის მოხარშული სოსისი კვლავ სუფთა აღმოჩნდა (ფოტო 3).



ფოტო 3. მიკრობიოლოგიური კვლევის შედეგები

კვლევის შედეგების მიხედვით შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ ძახველის ანტი-ოქსიდანტური და ანტიმიკრობული თვისებების, აგრეთვე დამატებული C ვიტამინის საშუალებით, ორი თვის განმავლობაში პროდუქცია იყო უვნებელი და შეინარჩუნა პირვანდელი სახე და გემოვნური თვისებები. ძახველში არსებულმა ასკორბინის მჟავამ, α -ტოკოფეროლმა (ვიტამინი E), კაროტინოიდებმა, ქლოროფილებმა და ფენოლურმა ნაერთებმა მოახდინეს მაქსიმალურად დაცვა ნედლეულისა და შეუნარჩუნეს მას პირვანდელი, ჯანსაღი და სასარგებლო თვისება.

ამრიგად, ლიტერატურული მონაცემებისა თუ ლაბორატორიული დაკვირვების საფუძველზე, შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ ძახველის ექსტრაქტის დამატებამ გარკვეულწილად იმოქმედა ქათმის მოხარშულ სოსისზე. მივიღეთ სასიამოვნო არომატის, გემოსა და ვიზუალის მქონე ხორცპროდუქტი, რომელშიც არ არის ქიმიური გზით მიღებული ემულგატორები, ფერის ფიქსატორები, კონსერვანტები თუ ანტიოქსიდანტები. ლაბორატორიული კვლევის შედეგებზე დაყრდნობით, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ძახველში არსებულმა სასარგებლო ნივთიერებებმა, როგორებიცაა: ასკორბინის მჟავა (ვიტამინი C), α -ტოკოფეროლი (ვიტამინი E), კაროტინოიდები, ქლოროფილები და ფენოლური ნაერთები, მნიშვნელოვანი როლი შეასრულეს. სოსისს შეუნარჩუნდა ხანგრძლივი დროით უვნებელი სახე და გააჯერეს იგი სასარგებლო ნივთიერებებით.

ლიტერატურა

1. FAO, Agricultural production statistics 2000–2020, FAO STAT Analytical Brief
2. FAO. 2022. Meat Market Review: Emerging trends and outlook. 2022. Rome.
3. Steven M. Lonergan, Dennis N. Marple. in The Science of Animal Growth and Meat Technology (Second Edition), 2019.
4. Gerhard Feiner. Meat products handbook, Practical science and technology. Published in North America by CRC Press LLC, 6000 Broken Sound Parkway, NW, Suite 300, Boca Raton, FL 33487, USA. First published 2006.
5. **Kajszczak D**, Zakł \acute{o} s-Szyda M,A.podsedek, Viburnum opulus L.—A Review of Phytochemistry and Biological Effects. Published online 2020 Nov 5. doi: [10.3390/nu12113398](https://doi.org/10.3390/nu12113398)

SUMMARY

NEW TECHNOLOGY OF SAUSAGES WITH THE ADDITION OF BERRIES

Bokeria A.Sh., Beriashvili K.I. and Tetrauli T.P.

Georgian Technical University

Boiled chicken sausage with the addition of berries, especially - gooseberries and barberries, is one of the finest way to meet people`s needs to get a healthy meat product with the desired color and aroma, where no chemical additives are used. Adding gooseberries and barberries to a boiled chicken sausage enrich product with natural preservative properties, with lots of vitamins, and with a special aroma and taste. The article presents a new direction in innovative technology enriched with vitamins and natural supplements.

Keywords: sausage, boiled sausage, guelder-rose, barberry.

საქართველოში გავრცელებული პამიდვრის (*Solanum lycopersicum*) ნედლეულისგან
ინოვაციური ტექნოლოგიური გზით მიღებული ტომატ-პასტის ბიოლოგიური
სრულფასოვნება და ეკოლოგიური სისუფთავა

ანდრიაჟე გ.თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თანამედროვე უახლესი მეცნიერება ბოსტნეულს განიხილავს როგორც სასიცოცხლოდ აუცილებელ პროდუქტს, რომელიც ნებისმიერი ქვეყნის აგროპოლიტიკის მნიშვნელოვანი ნაწილია. მიუხედავად იმისა, რომ მათი ხვედრითი წილი საკმაოდ მრავალფეროვანია, ბოსტნეულ კულტურებს საქართველოში მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია. ჩვენი არჩევანი შეჩერდა ყველაზე პოპულარულ ბოსტნეულ კულტურაზე – პამიდორზე, რომლის გამოყენება საზოგადოების მიერ ხდება მთელი წლის განმავლობაში როგორც ნედლეულის, ისე დაკონსერვებული სახით. ყურადღება უნდა მიექცეს პამიდვრის გადამუშავების პროცესებს როგორც ტექნიკური სიმწიფის, ისე დაკონსერვების შემდეგ, სადაც დაცული უნდა იყოს სანიტარულ-ჰიგიენური პირობები, რომელიც რეგლამენტით არის შემუშავებული და გააჩნია გარკვეული მოთხოვნები. ჩვენი კვლევის მიზანია შერჩეული ინოვაციური არათერმული დამუშავების ტექნოლოგიების ანალიზი ტომატ-პასტაში, მათი ეფექტურობის დახასიათება ტომატ-პასტის ხარისხისა და შენახვის ვადის უზრუნველსაყოფად, ტექნოლოგიის მდგრადობის ასპექტები და ახალი ტენდენციები. უნარჩუნო ტექნოლოგიით, ემულგატორების გარეშე შევიძუშაოთ ბიოლოგიურად სრულფასოვანი და ეკოლოგიურად სუფთა პამიდვრის პასტა. ჩვენთვის უკვე ცნობილია პამიდვრის ტექნიკური კულტურის პროდუქტიულობა, რომელიც მდიდარია მნიშვნელოვანი მინერალური და ბიოქიმიური პარამეტრებით. ამის გამო მას უდიდესი როლი მიუძღვის საკვები პროდუქტების წარმოების საქმეში და სწორედ ამის გამო გულდასმით აღვნიშნავთ, რომ ჩვენი კვლევის ძირითად მიზანს წარმოადგენს შევისწავლოთ ახალი ინოვაციური მეთოდით მისი ბიოლოგიური სრულფასოვნება, რომელიც აუცილებელი ფაქტორია ადამიანების ჯანმრთელობისათვის.

საქართველოში დღეისათვის დაბალი ქიმიზაციის დონეა, რის საფუძველზეც ლოკალიზაციის ტერიტორიაზე (გორის რაიონები: სვენეთი, ატენი, ხიდისთავი, და მარნეული) ხდება ორგანული სასუქების გამოყენება (ფრეზირებული საქონლის ნაკელი). კვლევის მიზანია ეკოლოგიურად სუფთა და ბიოლოგიურად სრულფასოვანი ჯანსაღი ტომატ-პასტის მიღება. ჩვენს მიერ შემუშავებული იქნა ინოვაციური აპარატი, სადაც შესაძლებელია ტომატ-პასტის დამზადება 46°C ტემპერატურაზე, -0,9 ბარ ვაკუუმში, 40 კმც 60ვტ ულტრაბგერის გამოყენებით – სტერილიზაციისთვის საჭირო მაღალ ტემპერატურაზე (>100 °C) გაცხელების გარეშე. ამ შემთხვევაში ულტრაბგერა თავად ასრულებს სტერილიზატორის ფუნქციას. მიღებულ პროდუქტში შენარჩუნებულია C ვიტამინის რაოდენობა და სხვა მკვებავი ნივთიერებები, რომლებზეც დამოკიდებულია ხარისხი და საგემოვნო თვისებები [1,2].

აღსანიშნავია, რომ ულტრაბგერის გამოყენებით ხილის წვენების და რძის სტერილიზაცია დღეს ფართოდ გამოიყენება [3–5].

ნიადაგების საკვლევი ნიმუშებში კარბონატები განისაზღვრა შეიბლერის მეთოდით; მოძრავი ფოსფორი – მაჩიგინის მეთოდით; გაცვლითი კალიუმი – კირსანოვის მეთოდით; ჰიდროლიზური აზოტი – ტიურინ-კონანოვის მეთოდით. პამიდვრის საკვლევი ნიმუშებში ნიტრატები განისაზღვრა გრისის მეთოდით; მძიმე მეტალები – ატომურ-აბსორბციული მეთოდით; ნაცრიანობა – მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედებით, სხვაობის მეთოდით, მარტივი შაქრები – საველე რეფრაქტომეტრით, ასკობინის მჟავა – სპეციალური სწრაფი ტესტირების ჩხირებით, ჰიგროსკოპული წყალი – მაღალტემპერატურული გამოშრობის მეთოდით, ნედლი უჯრედისი – გენებერგ-შტო-მანის მეთოდით, pH – პორტატული საზომი აპარატით.

ცხრილი 1. პამიდორის ნედლეულის მინერალური და ბიოქიმიური შედგენილობა

შტრიხ-კოდი	ლოკალიზაცია	პამიდორის სახეობა	თავისუფალი წყალი თვეების მიხედვით, % სტანდარტიზაციის ზღვარი 96–85%					ნაცარი, %	ნედლი უჯრედისი, %	ასკორბინის მჟავა, მგ %	ფერუქტოზა, %	სატიტრაცი მუავიანობა, %	ნიტრატები თვეების მიხედვით, მგ/კგ (ზღკ 150 მგ/კგ)					Pb მგ/კგ (ზღკ 0,5 მგ/კგ)	As მგ/კგ (ზღკ 0,2 მგ/კგ)	Hg მგ/კგ (ზღკ 0,02 მგ/კგ)
			VI	VII	VIII	IX	X						VI	VII	VIII	IX	X			
484	მარნეულის მხარე, ჩრდილოეთ მხარე	ჭოპორტულა	96	95	93	93	92	3.5	0.8	10	5.0	0.4	130	120	115	105	75	0.001	0.007	0.004
		სამეფო	–	95	95	94	–	2.5	0.8	10	5.3	0.5	120	119	100	95	78	0.002	0.007	0.003
		საგვიანო	–	–	–	–	96	1.3	1.1	10	4.3	0.3	–	–	–	–	105	0.001	0.005	0.002
	გორის რაიონი	ჭოპორტულა	97	95	94	93	91	1.3	0.8	10	4.5	0.3	180	175	145	99	77	0.008	0.006	0.009
		სამეფო	–	94	93	93	–	2.0	0.9	10	5.0	0.5	128	120	117	114	101	0.1	0.007	0.004
		საგვიანო	–	–	–	–	94	1.5	1.0	10	5.0	0.3	–	–	–	–	98	0.005	0.008	0.002

ცხრილი 2. პამიდორის ლოკალიზაციაზე გავრცელებული ნიადაგების შედგენილობა

ლოკალიზაცია	ნიადაგის ტიპი	სინჯის აღების სიღრმე, სმ	pH	ჰუმუსი, %	კარბონატობა, %	ჰიდროლიზური აზოტი, მგ/%	მოდრაგი ფოსფორი, %	ბაცკლითი კალიუმი, %
მარნეულის შავმიწა ნიადაგები	ყამირი	0–20	7	1,8	4,8	7,2	0,88	11
		20–40	7,3	1,7	4,9	0,5	0,77	9,8
	განოყენებული	0–20	7	1,8	4,8	7	3,6	18
		20–40	7	1,7	4,9	6,5	3,4	16
ყვისფერი ნიადაგების აკუმულაციური ზონა (გორის რაიონები: სვეეთი, ატენი, ხიდისთავი)	ყამირი	0–20	7,1	2,1	5,6	5,6	1	15,5
		20–40	7,4	2,1	1,7	4,7	0,8	15,3
	განოყენებული	0–20	7,7	2,1	11,1	4,6	8,6	12,4
		20–40	8,1	2,1	12,8	4,3	8,4	11,2

ტომატ-პასტაში მიკროორგანიზმების განსაზღვრა ჩატარდა სსტ ისო 4833-1:2013/2015 მეთოდით. ყველა მასალა, რომელიც შეხებაშია საკვლევ პროდუქტთან - დამზადებულია 304 მარკის უჟანგავი ფოლადისგან.

კვლევის პროცესი მოიცავს ივერიის ბარის ნიადაგების ქიმიზაციის, საქართველოში გავრცელებული პამიდურის ქვესახეობების, ტექნიკურ სიმწიფეში მყოფი საწყისი ნედლეულიდან მიღებული ტომატ-პასტის შემადგენლობის და ხარისხის შესწავლას, რომელიც დამოკიდებულია ნედლეულის და ნიადაგის შემადგენლობაზე [6–8]. მიღებული შედეგები მოტანილია ცხრ. 1 და 2-ში.

სხვადასხვა პირობებში მომზადებულ ტომატ-პასტაში ასკორბინის მჟავის რაოდენობის გაზრდის მიზნით, პამიდურის საწყის ნედლეულში დამატებული იქნა წითელი ტკბილი წიწაკის ის რაოდენობა, რომ 100 გრამ ტომატ-პასტაში ასკორბინის მჟავის რაოდენობა ყოფილიყო არანაკლებ მოზრდილი ადამიანის მისაღები დღიური ნორმისა [9, 10]. მიღებული პროდუქტი მოთავსებულ იქნა წინასწარ 104 °C ტემპერატურაზე გასტერილებულ ქილებში – შესანახად. დამზადებიდან 1 წლის შემდეგ მათ ჩაუტარდათ მიკრობიოლოგიური ანალიზი, ტომატ-პასტის შენახვის უნარიანობის დადგენის მიზნით. ტომატ პასტით შევსებული ქილები ინახებოდა მაცივარში 5 °C – 8 °C ტემპერატურულ ზღვრებში.

ოქტომბერში ტომატ-პასტის დასამზადებლად გამოყენებული იქნა პამიდურის სახეობა „საგვიანო“, ივნისში დამზადებული ტომატ-პასტის დასამზადებლად გამოყენებული იქნა პამიდურის ქვესახეობა „სამეფო“ და „ჰოპორტულა“.

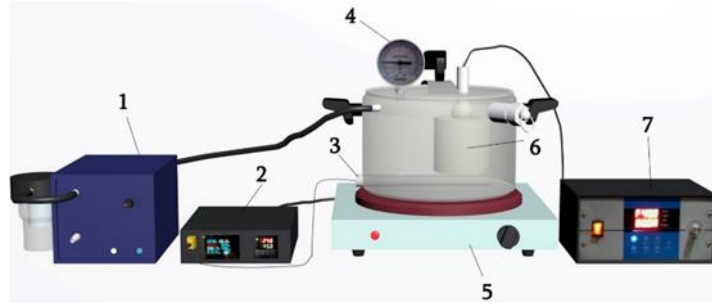
მოდელურ აპარატში დამზადდა ტომატ-პასტა როგორც კლასიკური მეთოდით, ასევე ჩვენ მიერ შესწავლილი ინოვაციური ტექნოლოგიით – ულტრაბგერის გამოყენებით. ულტრაბგერის სიხშირე არის 40 კილოჰერცი, სიმძლავრე 60 ვატი.

ულტრაბგერის გენერატორის მუშაობის დრო ნაწილობრივ დამოკიდებულია გარემოს ტემპერატურაზე, ულტრაბგერის გენერატორის ავტომატური მაკონტროლებელი თიშავს და რთავს მას ტომატ-პასტის დამზადების პროცესისთვის საჭირო – პროგრამულად მითითებული ტემპერატურის შესანარჩუნებლად, ვინაიდან ულტრაბგერის გენერატორი თავად გამოყოფს სითბოს მუშაობის პროცესში და აუცილებელია მისი სინქრონული მუშაობა გამათბობელ ქურასთან ერთად, რათა არ მოხდეს ტემპერატურის შეუსაბამო ცვლილება. გარემოს ტემპერატურის 23°C – 27°C ზღვრებში, ჩვენს მიერ შემუშავებული ინოვაციური დანადგარის ულტრაბგერის გენერატორი მუშაობს მთლიანი დროის 90–92%-ის განმავლობაში. სხვადასხვა პერიოდში დამზადებული ტომატ-პასტის ძირითადი მახასიათებლები შეტანილია ცხრ. 3-ში. მოდელური აპარატურა ნაჩვენებია ნახაზზე.

ცხრილი 3. გაცხელებით და ულტრაბგერის თანხლებით მიღებული ტომატ-პასტის და მისი ნედლეულის ხარისხის ძირითადი მახასიათებლები 1000 გრამ საწყის ნედლეულზე გადაანგარიშებით

პროდუქტი	თანაფარდობა: პამიდური : წიწაკა	თავისუფალი წილი, %	C ვიტამინი, მგ/%	ტომატ-პასტის pH-ის ზღვრები	პროცესის დრო, წთ	დახარჯული ენერჯია, კმვ/სთ	პროცესის ტემპერატურა, °C	გარდატეხის მაჩვენებელ ბრიქსის შკალაზე, %
პამიდურის და ბულგარული წიწაკის პიურეების ნარევი (ივნისი)	2:1	96	36	3,8 – 3,6	10	0,001	23	4
ტომატ-პასტა, 40 კპკ (ივნისი)		75	223		330	0,350	46	25
ტომატ-პასტა, გაცხელებით (ივნისი)		75	126		82	0,870	100	25
პამიდურის და ბულგარული წიწაკის პიურეების ნარევი (ოქტომბერი)		92	20		20	0,002	21,6	8
ტომატ-პასტა, 40 კპკ (ოქტომბერი)		75	61		327	0,340	46	25
ტომატ-პასტა, გაცხელებით (ოქტომბერი)		75	16		79	0,830	100	25

ტომატ-პასტის დამზადებიდან ერთი წლის შემდეგ ჩატარდა ყველა ნიმუშის მიკრობიოლოგიური ანალიზი, არცერთ ნიმუშში არ აღენიშნებოდა აირების დაგროვების და ობის ვიზუალური კვალი. ასევე არცერთ ნიმუშში არ აღმოჩნდა ანაერობული და აერობული მიკროორგანიზმები, რაც მიუთითებს ჩვენს მიერ ინოვაციური ტექნოლოგიით მიღებული ტომატ-პასტის მაღალ ხარისხზე, მისი ეკოლოგიურად სისუფთავსა და მაღალ კვებით ღირებულებაზე.



ულტრაბგერის გენერატორით აღჭურვილი ტომატის წვენის კონცენტრატორი.

- 1) ვაკუუმ-ტუმბო; 2) ტემპერატურის და ქურის მაკონტროლებელი; 3) ტემპერატურის სენსორი;
- 4) მანო-ვაკუუმმეტრი; 5) კონტროლირებადი ქურა; 6) ულტრაბგერის გენერატორი;
- 7) ულტრაბგერის მართვის ბლოკი.

საწარმოო მეთოდით დამზადებულ ტომატ-პასტაში ასკორბინის მჟავა იშლება თერმული დამუშავების ზეგავლენით, ხოლო ულტრაბგერის გამოყენებით დაბალ ტემპერატურაზე (46 °C) დამზადებულ ტომატ-პასტაში შენარჩუნებულია C-ვიტამინი და სხვა საკვები ნივთიერებები. 40 კგ 60 ვტ ულტრაბგერის გავლენით მიმდინარეობს ტომატ-პასტის სტერილიზაცია 46 °C ტემპერატურაზე, როგორც აერობული, ასევე ანაერობული მიკროორგანიზმების დახოცვით. ულტრაბგერის გამოყენებით მიღებული პროდუქტი არის ცოცხალი და ფასეული. პამიდვრის და წითელი ტკბილი წიწაკის (*Capsicum annuum*) თანაფარდობა 100 გრამ ტომატ-პასტაში C ვიტამინის რაოდენობის დღიური ნორმის მისაღწევად არის 21:1.

დადგინდა: ნედლეულის ტექნიკურ სიმწიფეში, პამიდვრის ნაყოფში ისეთ ტოქსიკური ელემენტების შემცველობა, როგორებიც არიან მძიმე მეტალები (Pb, As, Hg) და პოტოქსიკური ნიტრატული აზოტი (NO₃⁻) მინიმალურია – სხვა პერიოდთან შედარებით, ამიტომ ტექნიკური სიმწიფე საუკეთესო მანქვენებელია ტომატ-პასტის დამზადებისათვის.

ინოვაციური ტექნოლოგიის გამოყენება იძლევა ელექტროენერჯის ეკონომიის საშუალებას 2,5-ჯერ, კლასიკური მეთოდის გამოყენებასთან შედარებით და ბევრად ამარტივებს ტემპერატურის კონტროლს, რაც უზრუნველყოფს სასურველი ტემპერატურის სიზუსტეს და ნაკლებ ფლუქტუაციებს წარმოების პროცესში.

ლიტერატურა

1. W. A. Gould. TOMATO PRODUCTION, PROCESSING & TECHNOLOGY (Third Edition). CTI PUBLICATIONS INC, Baltimore, USA: 1992. pages 350-352
2. Sudhir Gupta. Modern Technology of Tomato Processing and Dehydration (Ketchup, Juice, Paste, Puree, Soup and Drying). Engineers India Research Institute Board of Consultants & Engineers. New Delhi: 2015. pages 139-203
3. Danshi Zhu, Yueyi Zhang, Chengcheng Kou, Pushun Xi, He Liu. Ultrasonic and other sterilization methods on nutrition and flavor of cloudy apple juice. Ultrasonics Sonochemistry 84 (2022) 105975. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.105975>
4. Bermudez-Aguirre, D.; Niemira, B.A. Pasteurization of Foods with Ultrasound: The Present and the Future. Appl. Sci. 2022, 12, 10416. <https://doi.org/10.3390/app122010416>

5. Başlar, M., Biranger Yildirim, H., Tekin, Z.H., Ertugay, M.F. (2015). Ultrasonic Applications for Juice Making. In: Ashokkumar, M. (eds) Handbook of Ultrasonics and Sonochemistry. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-287-470-2_63-1.
6. ა. თხელიძე, გ. დანელია. სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია და გარემოს დაცვა. – თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2000, გვ 134-167.
7. გ. დანელია. კვების პროდუქტების ექსპერტიზის საფუძვლები. – თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2000, გვ. 25-30.
8. გ. დანელია, თ. ფალავანდიშვილი. კვების პროდუქტების სასაქონლო ექსპერტიზა და სამართლებრივი საფუძვლები. – თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2017, გვ. 253-275.
9. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminC-HealthProfessional/>. ukanasknelad gadamowmebulia 12/10/2023.
10. Institute of Medicine. Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids external link disclaimer. Washington, DC: National Academy Press, 2000.

SUMMARY

BIOLOGICAL PERFECTION AND ECOLOGICAL PURITY OF TOMATO PASTE MADE FROM THE RAW MATERIALS OF TOMATO (*Solanum Lycopersicum* L.) WIDESPREAD IN GEORGIA USING AN INNOVATIVE TECHNOLOGICAL METHOD

Andriadze G.T.

Georgian Technical University

The latest modern science considers vegetables as a vital product, which is an important part of any country's agricultural policy. Although their specific share is quite diverse, vegetable has an important place in Georgia. We are focused on the most popular vegetable - tomato, which is used by the public throughout the year both raw and canned. Attention should be paid to the technical ripening and canning processes of tomatoes, where sanitary-hygienic conditions, must be followed which are developed by regulations and have certain requirements. The aim of our research is to analyze selected innovative non-thermal processing technologies in tomato paste, to characterize their effectiveness in ensuring the quality and shelf life of tomato paste, aspects of technology sustainability, and new trends. Using advanced technology, we develop biologically valuable and ecologically pure tomato paste without emulsifiers. We already know the productivity of tomato technical culture, which is rich in important mineral and biochemical parameters. Because of this, it plays a major role in the production of food products, and for this reason, we carefully note that the main goal of our research is to study its biological completeness, which is a necessary factor for human health, with a new innovative method.

Keywords: tomato, tomato paste, ultrasound, vitamin C, sterilization.

**ფიტოდანამატი „vitlöksflörte“ ბამოყენებისას ბროილერის კეთილდღეობის
გაზომვადი პარამეტრების შესწავლის შედეგები**

ჩოხელი ნ.თ., კაჭარავა თ.ო., დლიფაშვილი ვ.ა.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2005 წლის 31 მაისს ბრიუსელში ევროკავშირის IP/05/637 კომისიამ მიიღო კანონპროექტი სახორცედ მოშენებული ქათმებისთვის, კერძოდ ბროილერის, კეთილდღეობის გასაუმჯობესებლად. ფრინველის ინტენსიურ მეურნეობებში კვლევებმა ცხადყო, რომ ფრინველთა ჯანმრთელობისა და კეთილდღეობის დონე არასრულყოფილი იყო. ეს კანონპროექტი შეიქმნა ევროკავშირის წევრი ქვეყნებისა და მოქალაქეების ხანგრძლივი მოთხოვნის საფუძველზე. იმ დროისთვის ჯანმრთელობისა და მომხმარებელთა დაცვის კომისის წევრმა მარკოს კიპრიონმა აღნიშნა რომ ფრინველთა კეთილდღეობა არ არის მხოლოდ ეთიკის საკითხი, ეს უპირველესად განსაზღვრავს ხარისხს და ჯანმრთელობას, ხოლო საკითხთა ერთობლიობა ჩართულია იმ უწყვეტ ჯაჭვში რასაც „ერთიანი ჯანმრთელობა“ ეწოდება [1-3]. ამდენად ცხოველთა ჯანმრთელობის მსოფლიო ორგანიზაციის მიერ შემუშავებული დებულებების მიხედვით ფრინველი უნდა იყოს ჯანმრთელი, ჰქონდეს კომფორტული სივრცე, უსაფრთხო და კარგი საზრდო, შეეძლოს თანდაყოლილი ქცევის გამოხატვა და თავისუფალი იყოს ტკივილისგან, სტრესისგან და შიშისგან [1,2]. აგრეთვე განისაზღვრა, რომ ცხოველთა და ფრინველთა კვებიდან ამოღებულ უნდა იქნას სინტეტური ნივთიერებები (ანიბიოტიკები, ბიოსტიმულატორები და სხვ.). ევროკავშირის ბევრ ქვეყანაში და მ.შ. შედეგთში საერთოდ აიკრძალა ასეთი ნივთიერებების გამოყენება ალტერნატივების ჩანაცვლების ხარჯზე. ასეთ ალტერნატივას წარმოადგენს მცენარეული (ბუნებრივი) წარმოშობის პრეპარატების ან/და ფიტოდანამატების გამოყენება [4,5].

გამომდინარე ზემოთ აღნიშულიდან, ჩვენი საკვლევი თემაა „ბროილერის კეთილდღეობის გაზომვადი პარამეტრების შესწავლა განსხვავებულ მოვლა-შენახვის და კლიმატურ პირობებში (საქართველო-თელეთი, შედეგთი-სოდერტალია) ფიტოდანამატი „vitlöksflörte“ გამოყენებისას“.

სიახლეს წარმოადგენს ბროილერის კვებაში, მათი ჯანმრთელობის და კეთილდღეობის ხარისხის ასამაღლებლად, მცენარეების შემცველი ფიტოდანამატის გამოყენება, რომლის 43 % ნიორია, ქიმიური სტიმულატორების და ანტიბიოტიკების ნაცვლად. გამოყენებული ნივრის შემცველი ფხვნილის შემადგენლობაში შედიოდა ნივრის ფხვნილი, რეჰანი, როზმარინი, თავშავა, თიამი, ლიმონის ცედრა და მარილი.

აღსანიშნავია, რომ ეს ფიტოდანამატი ბოლო წლებში გაავრცელებული COVID-19 პანდემიის ფონზე რეკომენდირებულია შედეგთის ფარმაციის მხრიდან ადამიანის საერთო ჯანმრთელობის და რეზისტენტობის ასამაღლებლად. ამავდროულად იგი არ არის გამოცდილი პროდუქტიულ მეცხოველეობაში. ამდენად, ფაქტიურად ჩვენ მსოფლიოში პირველად ვიყენებთ აღნიშნულ ფიტოდანამატს პროდუქტიული (ფერმის) ცხოველებზე. კერძოდ, ბროილერის კეთილდღეობისა და სახორცე პროდუქტიულობაზე გავლენის შესასწავლად.

ჩვენი მიზანია შევიმუშავოთ ბროილერის კეთილდღეობის ისეთი სქემა ბუნებრივი კომპონენტების დამატებით საკვებზე, რითაც შეიძლება მოხდეს ანტიბიოტიკების ჩანაცვლება და ევროკავშირში ერთიანი ჯანმრთელობის საკითხში ინტეგრირება.

დასახული მიზნის მისაღწევად დაგეგმეთ შემდეგი ამოცანების განხორცილება:

შეგვესწავლა ამ კონკრეტული დანამატის გავლენა განსხვავებულ კლიმატურ პირობებში ბროილერის კეთილდღეობის პარამეტრებზე და მათ პროდუქტიულობაზე. ცდის პირველი ეტაპი განხორციელდა შედეგთში, კერძოდ სტოქსოლმში, სოდერტალიას რეგიონში. მეთოდოლოგიურად დაიგეგმა პარამეტრების შესწავლა წიწილების დასმიდან მე-2; 4 და მე-6 კვირას. ჩვენ მიერ შესწავლილია ფრინველის:

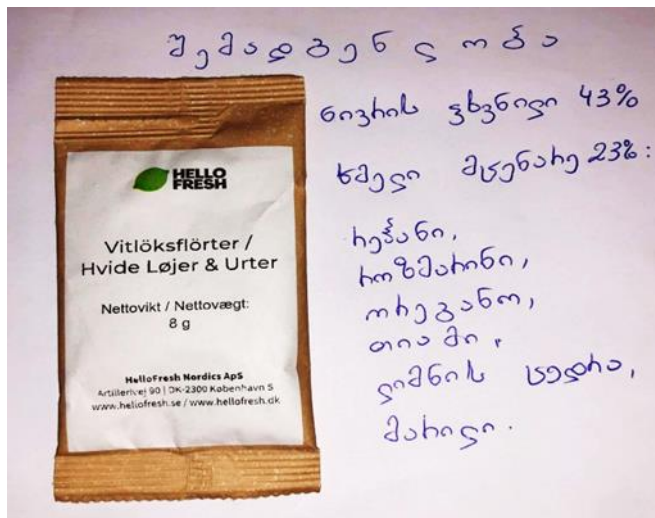
- პულსი;

- სხეულის ტემპერატურა;
- სიკვდილიანობა (დაცემულ ინდივიდთა რაოდენობა მოცემული პერიოდისთვის) დათვლილია მოცემული პერიოდისთვის დაცემული სულადობის რაოდენობა;
- საერთო წონამატი და წონამატი ცდის პერიოდების მიხედვით – საერთო წონამატი განისაზღვრება დასმული წიწილის ც/მ და დაკვლის წინა ცოცხალი მასით, წონამატი პერიოდების მიხედვით განისაზღვრა ინდივიდთა აწონვით ცდის პერიოდების მიხედვით;
- დაკვლის წინა ცოცხალი მასა განისაზღვრა-აწონვით უშუალოდ დაკვლის წინ;

- დადგინდა ნაკლავის გამოსავალი;
- განისაზღვრა ფიტოდანამატის გამოყენების ეფექტურობა გაწეული დამატებითი ხარჯისა და მიღებული შედეგების გაანალიზებით.

გამომდინარე იქედან, რომ შედეგით არის ერთერთი მოწინავე ქვეყანა ფრიველთა კეთილდღეობის და ერთიანი ჯანმრთელობის დაცვის კუთხით. ქვეყანაში აკრძალულია ანტიბიოტიკების, ზრდის სტიმულატორების, გენმოდულიცირებული სოიოს და სხვა ქიმიური ნივთიერებების გამოყენება, სწორედ ამიტომ კვლევის პირველი ეტაპისას მიღებული შედეგები იძენს განსაკუთრებულ მნიშვნელობას.

დასახული ამოცანების მისაღწევად ლიტერატურული წყაროების და მსოფლიოს სხვა ქვეყნებში კვლევების ანალიზის შედეგად შევადგინეთ კვლევის სქემა. გამოყენებული ფიტოდანამატი შეიცავდა ნივრის ფხვნილს, რეჰანს, როზმარინს, თავშავას, ტიამს, ლიმონის ცედრას და მარილს (ფოტო).



ფიტოდანამატის დოზირებისთვის შერჩეული იქნა მინიმალური 0,5 % და საშუალო 1,5 %, ფხვნილის დამატების ეფექტის შესაბამისად. ვინაიდან ფიტოდანამატ „vitlöksflörte“-ში ნივრის შემცველობა 43 %-ია 0,5 %-ის შემთხვევაში მოხდა 11,76 გ დამატება 1 კილოგრამზე, ხოლო 1,5 %-იანის შემთხვევაში 36,14 გ-ისა / კგ-ზე. კვლევისთვის შერჩეული იქნა 1 დღიანი 150 ბროილერ Ross 308-ს წიწილა. რომელიც გადანაწილდა სამ ჯგუფად, თითოეულში 50 ფრთა. ექსპერიმენტი მიმდინარეობდა 49 დღე.

პირველი ჯგუფი (T) იყო საკონტროლო ჯგუფი, ხოლო მეორე (T1) და მესამე (T2) ექსპერიმენტული.

ექსპერიმენტის დასაწყისში სამივე ჯგუფში მოხდა პულსის სიხშირის გაზომვა. ნებისმიერი ჩარევა, რომელიც დაკავშირებულია სინათლესთან, ზედმეტ ხმაურთან ან დაჭერასთან, აღეგულებს წიწილას და მნიშვნელოვნად ცვლის გულის ცემის და პულსის სიხშირეს. პულსის გაზომვის დროს მოხდა ფრინველის დაკავება ერთი ადამიანის მიერ, მეორე ახდენდა გაზომვას ფონეიდოსკოპით. ახალგაზრდა წიწილას პულსის სიხშირე ცვალებადობს წუთიერად. ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას საშუალოდ ერთი დღის წიწილას ჰქონდა 240 დარტემა წუთში. ორი კვირიდან 28

დღემდე პულსის სიხშირე მერყეობდა 295-მდე. დაკვლის პერიოდისთვის პულსის სიხშირე დაახლოებით 300 იყო.

მიღებული შედეგებიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ სამივე ჯგუფში (T, T2, T3) ფიტოდანამატის მიცემას გაველენა არ მოუხდენია პულსის ცვლილებაზე და მათ ნორმალურ ფუნქციონირებაზე, წიწილაც და ზრდასრული ქათამიც ყველა ეტაპზე ჯანმრთელად გძნობდნენ თავს.

სხეულის ტემპერატურა განისაზღვრა პირველივე დღეს და შემდეგ ყოველ მე-2, მე-4 და მე-6 კვირას. ტემპერატურის გაზომვა მოხდა Chick Vent -ის საშუალებით, თითოეულ ჯგუფში 5-5 ფრთაზე.

უნდა აღინიშნოს, რომ იმ მომენტისთვის შენობის ტემპერატურა იყო პირველი ორი კვირის განმავლობაში 31-32 °C-მდე, ხოლო შემდეგ 24-25 °C.

კვლევაში აჩვენა, რომ წიწილას უნვითარდება სხეულის ტემპერატურის რეგულირების უნარი. ერთი დღის წიწილის სხეულის ტემპერატურა 39 °C, მაგრამ ორი კვირის შემდეგ სხეულის ტემპერატურა 41,1 °C, რომელიც გრძელდება ზრდასრულ ასაკამდე. ეს მისთვის ფიზიოლოგიური ნორმაა და ფიტოდანამატის მიცემას არ მოუხდენია გაველენა ტემპერატურის ცვლილებაზე.

ბროილერის ცოცხალი მასა მნიშვნელოვანი პარამეტრია მისი კეთილდღეობის შესაფასებლად, რადგან ფერმერების საბოლოო მიზანია რაც შეიძლება მეტი ცოცხალი წონამატის მიღება. რამდენადაც მნიშვნელოვანია ფრინველის ცოცხალი მასა ბროილერის ინდუსტრიაში, არასოდეს ყოფილა ჩვეულებრივი პრაქტიკა ბროილერების რუტინული აწონვა, ძირითადად იმის გამო, რომ ფიზიკური დრო სჭირდება თვითოეულ ჯგუფში. ჩვენც გავითვალისწინეთ ეს პრაქტიკა და ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას მოხდა წონის კონტროლი პირველ დღეს, მე-2; 4 და მე-6 კვირას. შედეგები მოცემულია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. სხეულის ცოცხალი მასა ასაკის მიხედვით

სხეულის წონა (გ)	საკონტროლო (T)	T1 (0,5 %)	T2 (1,5 %)
0	42	42	42
14	403	414	449
28	1230	1276	1268
42	1946	1992	2320

ერთი დღის ასაკის წიწილა სამივე ჯგუფში იწონიდა 42 გ ორი კვირის შემდეგ მოხდა შემთხვევით პრინციპით ხუთ ხუთი ფრთის ამოყვანა და თითოეულის ცალ-ცალკე აწონვა. ამ დროისთვის საკონტროლო ჯგუფის (T) ცოცხალი წონა 403 გ იყო. ექსპერიმენტული ჯგუფი T1 რომელიც იღებდა ფიტოდანამატს 0,5 % ნარევი, 14 გრამით მეტი იყო საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით, ხოლო T2 ექსპერიმენტულ ჯგუფში რომელიც იღებდა 1,5 % ნარევს, ბროილერის წიწილის წონამატი 449 გ შადგენდა. 4 კვირის ასაკში საკონტროლო ჯგუფში (T) წონამატმა მიღწია 1230 გ, ხოლო პირველ ექსპერიმენტულ ჯგუფში (T1) 1276 გ, მეორე ექსპერიმენტულ ჯგუფში (T2) 1268 გ. 6 კვირის თავზე ჩატარებული აწონვის დროს საკონტროლო ჯგუფი (T) იწონიდა 1946 გრ. პირველი ექსპერიმენტული ჯგუფი (T1) 1992 გრ, მეორე ექსპერიმენტული (T2) 2320 გ. ფრინველის წონამატი მნიშვნელოვნად მაღალი იყო ქათამებში, რომლებიც იკვებებოდნენ 1,5 % ფიტოდანამატის ნარევით, საკონტროლო ჯგუფთან და T1 ჯგუფთან შედარებით, რომელიც იკვებებოდა 0,5 % ფიტოდანამატის ნარევით. კვლევის მიმდინარეობისას მნიშვნელოვანი განსხვავებები ცოცხალ მასაში აღინიშნებოდა მე-4 და მე-6 კვირას.

14 დღის ასაკში T1 საკონტროლო ჯგუფში ცოცხალი მასა გაიზარდა დაახლოებით 2,72 % საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით, ხოლო T2 ექსპერიმენტულ ჯგუფში 11,41 %.

4 კვირის ასაკში პირველ ექსპერიმენტულ ჯგუფს T1 დაუფიქსირდა 3,73 % მატება საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით, ხოლო მეორე ექსპერიმენტულ ჯგუფს T2

3,08 %. შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მეორე ექსპერიმენტული ჯგუფის (T2) წონამატის განვითარება შედარებით შენედა ორი კვირის შემდეგ.

6 კვირის ასაკში ყველაზე მაღალი 18,19 % ცოცხალი წონის მატება აჩვენა პირველმა ექსპერიმენტულმა ჯგუფმა (T1). ხოლო მეორე ექსპერიმენტულ ჯგუფში აღინიშნებოდა 2,36 % ცოცხალი წონის მატება საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით, კვლევის შედეგები მოცემულია ცხრ. 2-ში.

ცხრილი 2. ცოცხალი მასის პროცენტული ზრდა ასაკის მიხედვით, საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით

ასაკი	T	T1	T2
14	0 %	2,72 %	11,41 %
28	0 %	3,73 %	3,08 %
42	0 %	18,19 %	2,36 %

ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას საკონტროლო ჯგუფი მიყვებოდა ნორმით დადგენილ წონამატს.

სხეულის საბოლოო წონამატის გამოანგარიშება მოხდა საწყის წონასთან შედარებით. სხეულის საწყისი წონის განსაზღვრა კი მოხდა პირველივე დღეს, ხოლო საბოლოო წონამატის განსაზღვრა 42-ე დღეს, როგორც სხვაობა სხეულის საბოლოო წონასა და სხეულის საწყის წონას შორის. საკვების ამოღება მოხდა ფრინველის აწონვამდე 2 საათით ადრე და სწორედ ამ დღეს შეწყდა ფიტოდანამატის მიღებაც.

საკონტროლო ჯგუფში გვქონდა 1904 გ მატება, განსხვავებით პირველ ექსპერიმენტული ჯგუფისა, სადაც მატება იყო 1950 გ, ხოლო ყველაზე მაღალი საბოლოო ცოცხალი წონის მატება აჩვენა მეორე ექსპერიმენტულმა ჯგუფმა – 2278 გ.

დაკვლამდე ერთი კვირით ადრე მოხდა ფიტოდანამატის შეწყვეტა, რათა თავიდან აგვერიდებინა გემოვნური თვისებების შეცვლა. ფრინველის დაკვლა მოხდა 49 დღის ასაკში და დაკვლის წინ ჩატარდა დამატებით ცოცხალი მასის განსაზღვრა – ცხრ. 3.

ცხრილი 3. დაკვლის წინა ცოცხალი მასა

ასაკი	T, გ	T1, გ	T2, გ
42 დღეს	1946	1992	2320
49 დღის	2436	2482	2810

საკონტროლო ჯგუფში დაკვლისწინა ცოცხალი მასა იყო 2436 გრამი, რაც მიუთითებს 3,59 % ზრდას. პირველი ექსპერიმენტული ჯგუფის დაკვლის წინა წონამატმა შეადგინა 2482 გ, სადაც დაფიქსირდა 3,51 % მატება, ხოლო მეორე ექსპერიმენტულ ჯგუფში ბროილერის წონამატი იყო 2810 გ დაკვლის წინ და შეადგინა 3,01 %-იანი მატება.

დღიური ცოცხალი მასის მომატება მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ბროილერის ოპტიმალურ ზრდაში. ნორმალურ პრაქტიკულ პირობებში საშუალოდ ბროილერმა უნდა მოიმატოს 65 გრამი ან მეტი დღეში. საშუალო წონამატის მომატება არ არის ერთგვაროვანი და მნიშვნელოვნად განსხვავდება ასაკისა და სქესის მიხედვით.

დაკვლის წინ ბროილერს ჰქონდა 2 საათიანი შიმშილის პერიოდი, მაგრამ მათ ამ შეეძლოთ თავისუფლად წყლის მიღება. შენობაში, სადაც მოთავსებული იყო დასაკვლავად გამზადებული ქათმები, სინათლის წყარო შეზღუდული იყო, ვინაიდან თავიდან აგვეცილებინა დაჭერის სტრესი. დაკვლის წინ მოხდა ბროილერის გაბრუება. ამისთვის შევადეთე ორი გზა არსებობს 52 % შემთხვევაში მიმართავენ ელექტრონული მუხტით გაბრუებას, 48% შემთხვევაში სპეციალურად შექმნილ გაზის აპარატით გაბრუებას. ჩვენს შემთხვევაში გამოყენებული იყო ელექტრონული მუხტით გაბ-

რეუბა. წიწილის დაკვლა მოხდა სპეციალურდ შვედეთის კანონმდებლობით განსაზღვრულ სასაკლავოზე.

ტანხორცის გამოსავალი თითოეულ ფრინველში შეადგენდა 72,94 %. აქედან სუფთა ხორცი იყო 55,43 %. სუბპროდუქტები რომელიც დაყოფილია ორ ჯგუფად საკვებად ვარგისი და საკვებად გამოუსადეგარი პროდუქტები, შეადგინა ჯამში 27,06 % ცხრ. 4.

ცხრილი 4. ტანხორცის გამოსავალი %

ტანხორცის გამოსავალი	სუფთა ხორცი	სუბპროდუქტები	საკვები სუბ. პროდუქტები	სხვა*
72,94 %	55,43 %	7,99 %	6,65 %	12,42 %

*ბუმბული, სისხლი და ჭუჭყი

ნაკლავის გამოსავალმა საკონტროლო ჯგუფში შეადგინა 1776,81 გრამი რაც 33,56 გრამით ნაკლები იყო პირველ ექსპერიმენტულ (T1) ჯგუფთან შედარებით, რომლის ნაკლავის წონა იყო 1810,37 გრამი. მეორე ექსპერიმენტული ჯგუფი, რომელიც იღებდა ფიტოდანამატს 1,5 %-ს ნაკლავის გამოსავალი იყო 2049,61 გ, რაც მნიშვნელოვნად უსწრებს ორივე ჯგუფს.

სუფთა ხორცი რაოდენობამ საკონტროლო ჯგუფში შეადგინა 1350,27 გრამი, ხოლო T1 ჯგუფში რომელიც იღებდა 0,5% ფიტოდანამატს, შეადგინა 1375,77 გრ., T2 ჯგუფში სუფთა ხორცი 1557,58 გ იყო. სუბპროდუქტების რაოდენობამ ჯამში შეადგინა 659,19 გ საკონტროლო ჯგუფისთვის, სადაც საკვები სუბპროდუქტების წილი იყო 161,99 გ, T1 ჯგუფში სასუბპროდუქტების წილი იყო 671,63 გ, სადაც საკვები სუბპროდუქტების რაოდენობა 165,05 გ, ხოლო T2 ჯგუფში არასაკვები სუბპროდუქტების რაოდენობა 573,53 გ-ია, საკვები სუბპროდუქტები 186,86 გ, ექსპერიმენტების შედეგები მოცემულია ცხრ. 5-ში.

ცხრილი 5. ნაკლავის გამოსავალი (გ)

მაჩვენებლები	T	T1	T2
დაკვლის წინა ც/მ	2436	2486	2810
ნაკლავის გამოსავალი	1776,81	1810,37	2049,61
სუფთა ხორცი	1350,27	1375,77	1557,58
სუბპროდუქტები	194,63	198,31	224,51
საკვები სუბ. პროდუქტები	161,99	165,05	186,86
სხვა*	302,57	308,27	349,02

*სისხლი, ბუმბული და ჭუჭყი.

გამომდინარე კვლევის შედეგებიდან ჩანს, რომ ფერმაში შერჩეული იყო მაქსიმალური ოპტიმალური პირობები რადგან ექსპერიმენტის განმავლობაში მოხდა მხოლოდ 3 ფრინველის დაცემა 150 წიწილიდან, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ სიკვდილიანობის %-ის ნორმალური ზღვარი იყო. ეს შედეგი არის საერთო რაოდენობის 2 %. შვედეთისთვის ნორმას კი წარმოადგენს 3%. სამივე შემთხვევაში ჩატრებული იყო ადგილობრივი კანონმდებლობით დადგენილი ლაბორატორიული დიაგნოსტიკა და გამორიცხული იყო ინფექციური დაავადებები. ფრინველის სიკვდილი გამოწვეული იყო გარე ფაქტორების ზემოქმედებით კერძოდ პირველ შემთხვევაში (T1) ფრთის მოტეხვით, ხოლო მეორე (T) და მესამე (T2) შემთხვევა მოხდა ღამის პერიოდში, ზუსტი მიზეზი დაუდგენელია.

ამრიგად, ჩატრებული კვლევების პირველადი ანალიზი გვაძლევს საშუალებას დავასკვნათ, რომ ამ ფიტოდანამატის გამოყენება 1,5 % იყო ყველაზე ეფექტური, მიუხედავად იმისა რომ გაზარდა თვითღირებულება. ცდაში გამოყენებული ფხვნილის ეფექტიანობის შესწავლის გაგრძელების მიზნით შემდგომი კვლევები გაგრძელდა საქართველოში.

ლიტერატურა

1. Shruti Shukla, Vivek K. Bajpai, Myunghee Kim - Plants as Potential Sources of Natural Immunomodulators - Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, March 2014, Volume 13, Issue 1, pp. 17-33.
2. Kacharava T. at all. Medical Herbs and Plant Stress Proteins May Become Cordially New Alternative of Antibiotics and Synergistic feed Supplement. /International Scientific Conference Science, technology and innovation in the era of power and happiness, Turkmenistan, 2014, pp. 56-58.
3. Woodford, N. "Antibiotic resistance: a mechanistic overview", in Gillespie, S. (ed.), Antibiotic Resistance: From genes to global prevalence, The Biomedical & Life Sciences Collection, 2009.
4. Enright, M. "Methicillin resistant S. aureus and other resistances", in Gillespie, S. (ed.), Antibiotic Resistance: From genes to global prevalence, The Biomedical & Life Sciences Collection, 2009.
5. www.cdc.gov/drugresistance/about.html; About Antimicrobial Resistance: A Brief Overview.
6. www.who.int/mediacentre/factsheets/fs194/en/; WHO - Antimicrobial Resistan.
7. www.fda.gov/For Consumers/Consumer Updates/ ucm 378100.htm.
8. Shruti Shukla, Vivek K. Bajpai, Myunghee Kim - Plants as Potential Sources of Natural Immunomodulators - Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, March 2014, Volume 13, Issue 1, pp. 17-33.
9. Jaliashvili T. <http://patentscope.wipo.int/search/en/WO2002024220>, WO2002/024220;
10. www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/amr.htm; EFSA topic: Antimicrobial Resistance
11. ნივრის ექსტრაქტის ეფექტი ფარმაკოლოგიური და ქცევითი კვლევები (Effect of Garlic Extract on Pharmacological and Behavioural Studies), gamomc. LAP LAMBERT Academic Publishing (13 ianvari, 2012) გვ. 5-80; 100-165.
12. ქათმის ჯანმრთელობა (The Chicken Health Handbook, 2nd Edition), gamomc. Story Publishing, LLC (2015, 29 დეკემბერი) გვ. 30-90.
13. ეკოლოგიური ეთიკა და მეცხოველეობის წინაშე მდგარი პრობლემები (სახელმძღვანელო) - ვ. ლლიღვაშვილი თ. ფირცხალაშვილი გ. ლლიღვაშვილი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, 2020; 282 გვ.
14. თ. კაჭარავა, თ. ეპიტაშვილი, ვ. ლლიღვაშვილი. სასარგებლო მცენარეთა ბიორესურსები, მათი წარმოება და მდგრადი გამოყენების ეთნობოტანიკური უნარ-ჩვევები. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, სასწავლო-სამეცნიერო ცენტრი „ბიომრავალფეროვნება და ეთნობოტანიკური უნარ-ჩვევების გამოყენება“-10. -თბილისი, „სახინო“, 2023, 374 გვ.

SUMMARY

RESULTS OF THE STUDY OF MEASURABLE PARAMETERS OF BROILER WELFARE WHEN USING THE PHYTOSUPPLEMENT "Vitlöksflörte"

Chokheli N.T., Kacharava T.O. and Gligvashvili V. A.

Georgian Technical University

The paper discusses the measurable parameters of well-being obtained from the use of phyto supplements used in broiler nutrition to establish the principles of "one health" in Georgia. In particular, body temperature, breathing rate, growth, development, and meat productivity were studied. Since the content of garlic in phyto supplement vitlöksflörter is 43 %, in the case of 0.5 % there was an addition of 11.76 gr per 1 kg, and in the case of 1.5 % - 36.14 g/ kg. 150 Ross 308 broiler chicks were selected for the study. which were divided into three groups, each with 50 chicks. The experiment lasted 49 days. The first group (T) was the control, and the second (T1) and the third (T2) were experimental. The initial analysis of the conducted studies allows us to conclude that the use of this phyto supplement in the amount of 1.5 % was the most effective, although it increased the self-value. To continue studying the effectiveness of the phyto supplement used in the experiment, further studies were continued in Georgia. Our objective is to develop a broiler welfare scheme based on the addition of natural components to replace antibiotics and chemical additives (stimulants) to integrate them into a common health issue in the European Union.

Keywords: poultry welfare, phyto supplement, garlic powder.

თიხის გამოყენება დამხმარე ნივთიერებად ფარმაცევტულ წარმოებაში

ცინცაძე თ.გ., ცივაძე მ.ა, მიშელაშვილი ხ.თ., გაბელაია მ.ა, მეტრეველი ი.ზ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ფარმაციაში თიხები გამოყენება სამკურნალო საშუალებების თითქმის ყველა რეცეპტურაში დამხმარე ნივთიერებად, მიუხედავად იმისა, რომ თიხა ურთიერთქმედებს სამკურნალწამლო საშუალების მოლეკულასთან დამხმარე ნივთიერების ბუნების საპირისპიროდ, ანუ ამ ურთიერთქმედებამ შეიძლება ხელი შეუშალოს/შეაფერხოს პრეპარატის ბიოშედწევადობას ორგანიზმში.

თიხის გამოყენება სუსპენზიებში: ორფაზიან სისტემაში აუცილებელია დამხმარე ნივთიერებები სათანადო დასველების უზრუნველსაყოფად და შედგენილობის სტაბილურობის შესანარჩუნებლად. წამლის ჰიდროფობურობის დასაძლევად და დისპერგირების გასაუმჯობესებლად სუსპენზიას ემატება თიხის მინერალები, როგორც დასველების საშუალება. ბენტონიტი, როგორც დასველების საშუალება გამოყენება ტონალურ კრემებში [1].

თიხა ასევე ხელს უწყობს სტაბილურობის შენარჩუნებას, მოქმედებს რა როგორც სუსპერგირების და შეწებების საწინააღმდეგო საშუალება. ის ხელს უშლის დაღეჟვას, სედიმენტაციას, დისპერსიული თვისების ცვლილებას და ფლოკულაციას. შესაბამისი სუსპენგირებული საშუალების არჩევის კრიტერიუმები დამოკიდებულია თავსებადობაზე, გარეგნულ სახეზე, წარმოშობაზე, ღირებულებაზე და pH-სადმი მდგრადობაზე. სუსპენგირებული საშუალების თვისებები, მათ შორის მაღალი სიბლანტის დაბალი წანაცვლების სიჩქარე, ტემპერატურა და შენახვის სტაბილურობა, არ უნდა იყოს დამოკიდებული ელექტროლიტზე, pH-ზე და არ უნდა იყოს ტოქსიკური.

აგრეგატების წარმოქმნა, რაც თავის მხრივ იწვევს მყარი ნივთიერებების შეწებებას, რაც შეიძლება გახდეს მაღალ კონცენტრაციის პირობებში სუსპენზიის პრობლემა. სუსპენზიის ნაწილაკების ზომის ან სიბლანტის შემცირებამ არ შეუძლია ხელი შეუშალოს შეწებებას. შეწებების თავიდან აცილება შესაძლებელია ფლოკულაციისა და ელექტროსტატიკური სტაბილურობით.

კაოლინის და ტალკის გამოყენება, როგორც სუსპენგირებისა და შეწებების საწინააღმდეგო საშუალება, სუსპენზიის სტაბილურობის ზრდას უწყობს ხელს. სიბლანტის მოდიფიცირებისათვის გამოყენებულ იქნა MAS-ის, aluminium magnesium silicate (2:1:2) შემცველი პექტინის სუსპენზია, წყალში დისპერგირებულ კაოლინთან ერთად, რომელსაც ემატებოდა პექტინი CMC, კარბოქსიმეთილცელულოზა [2].

MAS-ისა და მისი ოთხი ტიპის (IA, IB, IC და IIA) გამოყენება სუსპენზიის სახით აღიარებულია ფარმაკოპეებში, რადგან ისინი გავლენას არ ახდენენ სუსპენზიის დენადობაზე ან გაშლადობაზე.

ბევრ ადგილობრივი გამოყენების ნახევრადმყარ ფორმულებში უმატებენ ზედაპირულად გააქტიურებულ კაოლინს, ჰიდროფობიური სამკურნალო პრეპარატის სტაბილურობისა და წყლთან შერევის გასაუმჯობესებლად.

წყლიან სუსპენზიებზე კაოლინის კრისტალურობის გავლენის შესწავლით დადგინდა, რომ მათი უპირატესი გამოყენება უარყოფითი მუხტის და მუდმივი ელექტროსტატიკური განზიდვის უნარიანაა განპირობებული და გამართლებული.

თიხას ასევე შეუძლია ხელი შეუწყოს სუსპენზიის სტაბილიზაციას მის რეოლოგიურ თვისებებზე ზემოქმედებით, რადგან სიბლანტე განსაზღვრავს დაღეჟვის/სედიმენტაციის სიჩქარეს სტოქსის კანონის შესაბამისად.

სუსპენზიის საბოლოო რეოლოგიური თვისებების დასადგენად გამოიყენება სხვადასხვა ტიპისა და რაოდენობის თიხა. დისპერსიები, რომლებიც ავლენენ დილანტურ ქცევას, შეიცავს თიხის მინერალებს 1:1, ხოლო რომლებიც ავლენენ ფსევდოპლასტიკური ქცევას 2:1 თანაფარდობით, შესაბამისად. სამრეწველო, კომერციული MAS არის 2:1 ბოჭკოვანი თიხა, რომელიც შეიცავს მონტმორილონიტის და სეპონიტის ნარევებს [2].

თიხის გამოყენებამ პოლიმერებთან ერთად დადებითად იმოქმედა მათ რეოლოგიურ თვისებებზე, რაც ნაჩვენებია გრიზოფულვინის სუსპენზიაში MAS-ით და ნატრიუმის ალგინატით სულფამეთოქსაზოლის/ტრიმეტოპრიმის სუსპენზიის მაგალითზე.

CMC სინერგიულმა ეფექტმა MAS-ის თვისებებზე, როგორცაა სიბლანტე, ელექტროლიტების სტაბილურობა, დინების სიგლუვე, განაპირობა Veegum PLUS-ის შემუშავება.

თიხის გამოყენება ემულსიებში: თიხის მინერალები ასევე ემატება ფარმაცევტულ ემულსიას შეწებების, განშრევების, ფაზის ინვერსიის, დაშლის და ფლოკულაციის თავიდან ასაცილებლად. ეს განპირობებულია მათი უნარით შესველდნენ ორი თხევადი ფაზით და სხვადასხვა ფაზის დაცილების თავიდან ასაცილებლად შეასრულონ ბარიერის ფუნქცია.

ფლოკულაციის პრევენცია შესაძლებელია თიხის მასალის საშუალებით მათი ძეგა (ელექტროკინეტიკური) პოტენციალის გამო. ემულსიის სტაბილურობა უმჯობედება დასველების, კონტაქტის კუთხის გაზრდით. მოქმედებენ რა როგორც ზედაპირული მოქმედების საშუალება ებმებიან ფაზათაშორის ფენაში, გამოიყენებიან ემულსიის მექანიკური წარმოებისას, მაგრამ არ ამცირებენ ფაზათაშორისი ფენის დაძაბულობას და გამყოფ ზედაპირს.

ბენტონიტის, როგორც ემულგატორის გამოყენება ცნობილია მთელ კოსმეტიკურ წარმოებაში – ფრჩხილის მინანქრის კრემები. კანის მოვლის კრემების და კანის დამცავ საშუალებებში გამოყენებულ იქნა ემულგატორიად კონცენტრაციით 2,5% წ/ვ, მასური/წილი.

გაწმენდილი ბენტონიტი (Polargel NF) გამოიყენება როგორც ემულგატორი: გამწმენდ ღოსიონში, კრემებში სიბლანტის გამაძლიერებელ საშუალებად, აკნეს საწინააღმდეგო კრემის ემულსიაში MAS-ის გამოყენებით, დამწვრობის კრემის ემულსიებში, ზოგიერთი ვიტამინებით გამდიდრებული კანის კრემებში და სხვა [2].

ემულსიების გრძელვადიანი სტაბილურობა გაუმჯობესებულია კაოლინის დამატებით (15 % w/v, მასური წილი) სხვა დანამატების გარეშე [3].

თიხის გამოყენება როგორც განმაზავებელი ნივთიერება მყარ სამკურნალწამლო ფორმაში: ფარმაცევტული პერორალური პრეპარატები შეიცავს დამხმარე ნივთიერებებს, როგორცაა: განმაზავებელი ნივთიერება, გემოს მიმცემი, შემკვრელი, დეზინტეგრანტი, გრანულირებადი, დამატკბობელი, მფარავი, მასრიალებელი, შემწევა, გამხეთქი საშუალებები.

თითოეულ დამხმარე კომპონენტი თავისებურ გავლენას ახდენს შედგენილობაზე, ისე რომ ხელს არ უშლის სამკურნალი საშუალები აქტიობას, აძლიერებს პრეპარატის ორგანოლეპტიკურ და ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებს. განმაზავებლები შეიჩევა აქტიური პრეპარატის წყალში ხსნადობის და ბიოშედწევადობის საფუძველზე. წყალში ნაკლებად ხსნადი პრეპარატები შეერევიან წყალში ხსნად განმაზავებლებს და პირიქით. კაოლინი არაპიგროსკოპიული და დაბალი ტენიანობის შემცველია, რაც განსაზღვრავს მის ეფექტურობას როგორც განმაზავებელის, რადგან მაღალმა ტენიანობა გავლენას ახდენს შეკუმშვაზე, რეცეპტურის ფიზიკურ და ქიმიურ სტაბილურობაზე.

მაღალმა ადსორბირების უნარმა შეიძლება გამოიწვიოს პრეპარატის ნაკლები ბიოშედწევადობა, ამიტომ კაოლინის დამხმარე ნივთიერებად გამოყენებისას აუცილებელია გაკონტროლდეს ადსორბციის უნარი [4].

რეცეპტურაში განმაზავებლები ძირითადად ემატება მოცულობის გაზრდისა და შეკუმშვის გასაადვილებლად. განმაზავებლები შეადგენს რეცეპტურის შედგენილობის 90%-ს დაბალი დოზის ფორმულაში.

ისეთ პროდუქტებში, როგორცაა slim-well და quantrim შემავსებლად იყენებენ კაოლინს, ხოლო მეცისტინის ჰიდროქლორიდი (გასტრო, კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის რეზისტენტული ტაბლეტი) შეიცავს მაღალი ხარისხის მძიმე კაოლინს. კაოლინის გამოყენება მეტრონიდაზოლთან (ანტიბიოტიკი და სოკოს საწინააღმდეგო პრეპარატი, რიაზოლი) ერთად ამცირებს მის ბიოშედწევადობას, გამონთავისუფლების მახასიათებელს და პრეპარატის დიფუზიას ორგანიზმში [5,6].

კაოლინი ასევე მოქმედებს ისეთი მედიკამენტების ბიოშელწვევადობაზე, როგორცაა: ფენიტინი (კრუნჩხვის საწინააღმდეგო), პრომეთაზინი (სედატიური და ანტიალერგიული), ქლოროქინი (მალარიის საწინააღმდეგო), პროპრანოლოლი (ვაზოდilatატორი), გუანეტიდინი და ჰიდრალაზინი (ანტიჰიპერტენზიული), პროკაინამიდი და ვერაპამიდი (ანტიარითმული) და სხვა.

შეწოვისას მონომოლეკულურ აღსორბციას დაბალ წნევაზე თან სდევს სამკურნალო საშუალების აბსორბცია, რაც აძლიერებს ბიოშელწვევადობას, მაგრამ ანელებს შეღწევადობის სიჩქარეს კაოლინის ამ ტიპის ურთიერთქმედების თავიდან აცილება შესაძლებელია სამკურნალო საშუალების ხსნარის იონური ძალის გაზრდით და ხელატიური ლიგანდებთან კოორდინირების უნარის მქონე $-NH_2$, $-O-$ და ბენზოლის ბირთვის არსებობით [7].

წამლის გამონთავისუფლების სიჩქარე დამოკიდებულია pH-ზე. კაოლინის, როგორც განმახავებელის გამოყენებამ წყალში ხსნად კათიონურ რიბოფლავინში (ვიტამინი B₂) სხვა გამხსნელებთან შედარებით გაზარდა წამლის გამონთავისუფლების სიჩქარე მყარი ელვატინის კაფსულიდან.

პირიდოქსინის ჰიდროქლორიდის (ვიტამინი B₆) პროლონგირებულ ფორმაში განმახავებელად გამოყენებულია კაოლინი. ვიტამინ B₁ (თიამინი) და ვიტამინი C (ასკორბინის მჟავა) შემცველი რეცეპტურები უფრო სტაბილურია კაოლინის დამატებისას, რადგან კაოლინი ხასიათდება დაბალი ტენიანობის შემცველობით [8].

თიხის გამოყენება როგორც შემწებავი მყარ სამკურნალო წამლო ფორმაში: შემწებავეები ხელს უწყობენ მყარი სამკურნალო წამლო ფორმის ფიზიკური მთლიანობის შენარჩუნებას, მათი მექანიკური სიმტკიცის გამო. ისინი ასევე მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ გრანულირებისას, ტაბლეტირებისას, კაფსულირებისას, მოქმედებენ როგორც დისპერსიული მატრიცა რეცეპტურაში არსებული ყველა მასალის ადგეზიის მიზნით. ამ თვალსაზრისით, კაოლინი-ევდრაგიტის ნარევი (8 % w/w, მასური წილი) აღმოჩნდა ერთ-ერთი საუკეთესო შემკვრელი ტაბლეტების დამზადების პროცესისთვის.

კაოლინის არსებობა ასევე ხელს უწყობს ერთგვაროვანი პოლიმერული დისპერსიის მიღებას სისტემაში წყალში უხსნადი და ჰიდროფილური ნაწილაკების დაყოფის ხარჯზე. მათი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების მიუხედავად, ჰიდროფილური სამკურნალო საშუალებები ასევე ერევიან წყალში მცირედ ხსნად პრეპარატთან – კაოლინი-ევდრაგიტის რეცეპტურაში მათი უფრო დიდი შეღწევადობის გამო, მინერალები – პერიკლაზა, კალციტი და მაგნეზიტი, ემატება როგორც შემკვრელი, კუჭის pH-ის გასაზრდელად [9].

თიხის გამოყენება როგორც დეზინტეგრატორი მყარ სამკურნალო წამლო ფორმაში:

პრეპარატიდან სამკურნალო წამლო საშუალების გამონთავისუფლება მისი ორგანიზმში მოხვედრის შემდეგ, ძირითადად დამოკიდებულია რეცეპტურაში გამოყენებული დეზინტეგრატორის, დამშლელის ბუნებაზე. დეზინტეგრატორი ხელს უწყობს, აადვილებს მყარ სამკურნალო წამლის ფორმის დაშლას მცირე ნაწილაკებად. ცუდი ხსნადობა, გელის ცუდი წარმოქმნის და კარგი ჰიდრატაციის უნარი, კარგი ფორმირება, დენადობა და კომპლექსწარმოქმნას უუნარობა არის დეზინტეგრატორებისთვის აუცილებელი კრიტერიუმები.

სმექტიტის გაჯირჯვების, მჟავე გარემოში დაშლის უნარი განაპირობებს მის გამოყენებას დეზინტეგრატორად. როგორც დეზინტეგრატორს ესმარება კაოლინის უარყოფითი მუხტის არსებობა და მუდმივი უარყოფითი ზედაპირული მუხტების წარმოქმნის უნარი. კაოლინი – დეზინტეგრატორი ზან-თან ნარევის რეცეპტურაში, ზრდის მისი შენახვის ვადას ხანგრძლივი დროის განმავლობაში [11].

თიხის გამოყენება როგორც გრანულირებადი საშუალება მყარ სამკურნალო წამლო ფორმაში: გრანულირებადი საშუალების ძირითადი მიზანია შექმნას ერთნაირი ზომის მიკროსფეროები, რომლებიც შეიძლება დაპრესილი იყოს ტაბლეტებში ან შეავსოს კაფსულები, რომლებიც სწრაფად იშლება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში და ამავედროულად თითოეულ გრანულას ახასიათებს ძირითადი პრეპარატი მოქმედება.

სამკურნალწამლო საშუალებას რეცეპტურაში გრანულირებადი საშუალება ემატება დენადობის, სიმკვრივის, გარეგნული სახისა და ერთგვაროვანობის გასაუმჯობესებლად, ისინი ასევე ხელს უწყობენ პერორალურად მისაღები სამკურნალწამლო ფორმების დაწნეხვას [12,13].

კაოლინი წარმოქმნის რა გრანულებს/მარცვლებს, რომლებიც იშლებიან უფრო სწრაფად ვიდრე ბენტონიტის მიერ წარმოქმნილი გრანულები – ეროზიული და დაუშლელი, ამტკიცებს კაოლინის ბენტონიტზე მეტ ეფექტურობას. ბიოპოლიმერთან ერთად კაოლინი ზრდის პრეპარატ ჰიდროქლორთიაზიდის გახსნის სიჩქარეს, მარცვლების წარმოქმნით, რომლებიც სწრაფად იშლება ხსნად გარემოში [14].

კაოლინი, როგორც გრანულირებადი საშუალება ბენტონიტთან, ტალკთან, ვიგუმთან და ბენტონიტის პროდუქტებთან შედარებით წარმოქმნის გრანულებს მაქსიმალური გამოსავლიანობით, სასურველი ზომით და გლუვი, სრიალა გრანულებით SLS-ის დამატებისას (5%). სასურველი ზომის დიაპაზონი და სფერულობა მიღწევა შესაძლებელია კაოლინის მაღალი შემცველობით. აეროსილ 200 (5 %) კაოლინთან (45%) ერთად განსკუთრებულად დადებით გავლენას ახდენს მარცვლების სფერულობაზე [15].

გრანულების მომზადების ყველაზე გავრცელებული მეთოდია სველი და მშრალი გრანულაცია. სველი გრანულაცია მოიცავს დასველებას, შესველებას, შეწეწვას, კოალესცენციას, დაშლის და მილესვის პროცესს, მაშინ როდესაც მშრალი გრანულაცია გულისხმობს პირდაპირ შეკუმშვას, დაჭირხენას ან დახშობას. სასურველი სიმტკიცის, ზომის, კოპეზიურობის, (მყარი სხეულის ან სითხის ნაწილაკების შეჭიდულობა. მათი კონტაქტისას) შეჭიდულობისა და ერთგვაროვნების გრანულები შეიძლება წარმოიქმნას კაოლინის და ნატრიუმის ქლორიდის ნარევით (10 % w/w) სველი გრანულაციის პროცესში [15,16].

თიხის გამოყენება როგორც ხსნადობის, გახსნის დამხმარე ნივთიერება მყარ სამკურნალწამლო ფორმაში: კაოლინი ასევე ეხმარება წამლების კრისტალურიდან ამორფულ მდგომარეობაში გარდაქმნას, აუმჯობესებს რა მათ ხსნადობას, გახსნის სიჩქარეს და ბიოშედწევადობას [17].

კაოლინის უმატებენ იბუპროფენს, კრისტალური ფორმიდან ამორფულ მარილში გადასაყვანად, უფრო მაღალ ხსნადობის და ბიოშედწევადობის ხელშესაწყობად, სტანდარტთან შედარებით. თიხა ასევე გამოიყენება როგორც გამშრობი საშუალება, მათი ჰიგიროსკოპულობის გამო. ტალკი გამოიყენება ფხვნილის შეწევის თავიდან ასაცილებლად რბილი, ცხიმოვანი, საცხისებრი ბუნების გამო. ისინი ასევე გამოიყენება როგორც არომატიზატორები, პრეპარატების გემოს გასაუმჯობესებლად.

თიხის გამოყენება როგორც მფარავი საშუალება მყარ სამკურნალწამლო ფორმაში:

აპკისებრ საფარზე დანამატება აძლიერებს მყარი სამკურნალწამლო ფორმის ორგანოლექტიკურ თვისებებს, ხელს უწყობს სტაბილურობის შენარჩუნებას და წამლის კონტროლირებად გამონთავისუფლებას [17].

კაოლინის დამატებისას პრეპარატების – დიმედროლის ქლორიდის, თეოფილინის და ფსევდოეფედრინის ჰიდროქლორიდის გრანულებიდან გამონთავისუფლების სიჩქარე შემცირდა, ხოლო დიფილინით დაფარული სამმაგი დაპრესილი ტაბლეტების გარე გარსზე, საფარზე კაოლინის შეყვანამ გააუმჯობესა კონტროლირები გამონთავისუფლება.

თიხის გამოყენება როგორც ორგანოლექტიკური თვისებების გამაძლიერებელი საშუალება მყარ სამკურნალწამლო ფორმაში: პრეპარატის ორგანოლექტიკური თვისება შეიძლება შეიცვალოს ტაბლეტების, კაფსულების, სიროფების და კრემების რეცეპტურაში დამხმარე ნივთიერებების დამატებით, როგორცაა პიგმენტები და სხვა. ამის აუცილებლობა გამოწვეულია რამოდენიმე მედიკამენტის მიღებისას გაურკვევლობის თავიდან ასაცილებლად, ასევე სხვადასხვა დოზის იდენტიფიკაციის გამარტივებისათვის და წამლების ფოტოდაჟანგვით დაზიანებისგან დაცვის ხელშესაწყობად.

თიხის მინერალები (კალციტი, რუტილი, ჰემატიტი და მაგნეზიტი) გამოირჩევიან ფერების ფართო სპექტრით: წითელი, მწვანე, შავი, ყვითელი და თეთრი. სინ-

თეზური რეტილი გამოიყენება მზისგან დამცავ ლოსიონში, როგორც სიმკრქალის მიმნიჭებელი ნივთიერება.

ლიტერატურა

1. Viseras C, Aguzzi C, Cerezo P, Lopez-Galindo A. Uses of clay minerals in semisolid health care and therapeutic products. /Applied Clay Science, 2007, v.36, pp.37-50.
2. Sarfaraz N, editor. Handbook of Pharmaceutical Manufacturing Formulations. Cambridge: CRC Press; 2004
References 19 Multifunctional Clay in Pharmaceuticals DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.92408>
3. Kpogbemabou D, LecomteNana G, Aimable A, Bienia M, Niknam V, Carrion C. Oil-in-water Pickering emulsions stabilized by phyllosilicates at high solid content. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2014, 463, pp.85-92.
4. Shalini S. Advantages and applications of nature excipients: A review. //Asian Journal of Pharmaceutical Sciences. 2012, 2(1), pp.30-39.
5. NICE. Drug reports (THR 15670/0020), (PL 14894/0297), (PL: 21727/0018-23). 2017. Available from: <http://www.evidence.nhs.uk/> [Accessed: 12 September 2017]
6. Aleanizy FS, Alqahtani F, Al Gohary O, El Tahir E, Al SR. Determination and characterization of metronidazole-kaolin interaction. /Society of Professional Journalists. 2015, 23, pp.167-176.
7. Yu C, Bi E. Roles of functional groups of naproxen in its sorption to kaolinite. Chemosphere. 2015, 138, pp.335-339.
8. Onyishi VI, Chime SA, Adibe CV. Formulation of pyridoxine hydrochloride sustained release capsules: Effect of propylene glycol co-solvent on the in vitro release. //African Journal of Pharmacy and Pharmacology. 2013, 7(15), pp.809-815.
9. Patel H, Stalcup A, Dansereau R, Sakr A. The effect of excipients on the stability of levofloxacin sodium pentahydrate tablets. //International Journal of Pharmaceutics, 2003, 264, pp.35-43.
10. Mohanachandran PS, Sindhumol PG, Kiran TS. Superdisintegrants an overview. //International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research, 2011, 6(1), pp.105-109.
11. Gopinath H, Venugopal KS, Shanmugasundaram S, Bada PK. A brief review on disintegrants. //Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences, 2012, 5(3), pp.105-112.
12. Manivannan R, Parthiban KG, Sandeep G, Balasubramaniam A, Senthilkumar N. Multiparticulate drug delivery systems: Pellet & pelletization technique. Drug Discovery Today. 2010, 2(5), pp.233-237.
13. Agrawal R, Naveen Y. Pharmaceutical processing – A review on wet granulation technology. //International Journal of Pharmaceutical Frontier Research. 2011, 1(1), pp.65-83.
14. Goyanes A, Souto C, MartínezPacheco R. Chitosan–kaolin coprecipitate as disintegrant in microcrystalline cellulose-based pellets elaborated by extrusions pherionization. Pharmaceutical Development and Technology. 2013, 18(1), pp.137-145.
15. Shanmugam S. Granulation techniques and technologies: Recent progresses. BioImpacts: BI. 2015, 5(1), pp.55-63.
16. Qi S, McAuley WJ, Yang Z, Tipduangta P. Physical stabilization of low-molecular weight amorphous drugs in the solid state: A material science approach. Therapeutic Delivery. 2014, 5(7), pp.817-841.
17. Felton LA, Porter SC. An update on pharmaceutical film coating for drug delivery. Expert Opinion on Drug Delivery. 2013, 10(4), pp.421-435.

SUMMARY

THE USE OF CLAY AS AN AUXILIARY SUBSTANCE IN PHARMACEUTICAL PRODUCTION

Tsintsadze T.G., Tsvadze M.A., Mishelashvili Kh.T., Gabelaia M.A. and Metreveli I.Z.

Georgian Technical University

Clay has been widely used in pharmaceutical production since ancient times. It is one of the excellent excipients that make pharmaceuticals commercially available. In pharmaceuticals, considering the properties of clay, its use is versatile. In particular, in medicinal forms - suspension, emulsion, ointments, gels, tablets, as a drug delivery carrier and as a suspending emulsifier, thickener, binder, solvent, turbidant, and release retarder. A variety of minerals are used both as fillers and as active ingredients. Among these minerals, kaolinite, talc, and gypsum are important. Their inertness, low toxicity, diverse physico-chemical properties, and cost-effectiveness lead to the possibility of their wide use in pharmaceutical production. The majority of minerals exhibit characteristic pharmacological action - antacid, antibacterial, anti-vomiting, and anti-diarrheal, as well as skin-protective effects, etc. Their unique structure (ability to absorb through pores) has led to a wide range of their use in drug delivery.

Keywords: clay, healing agent, auxiliary substance.

ტყავის ჰურჭელი ძველ წერილობით წყაროებში

დარჩიაშვილი ა.რ., წიქარიშვილი ხ.ჯ., ბოლქვაძე ნ.თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

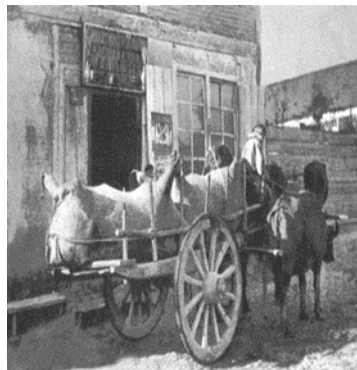
ტყავის ნაკეთობა ძველ საქართველოში დიდი მრავალფეროვნებით გამოირჩეოდა. განსაკუთრებით საყურადღებოა ტყავისგან დამზადებული სხვადასხვა ზომის ჭურჭელი, რაც განპირობებული იყო ქვეყანაში განვითარებული მეღვინეობით. სითხე და ჰაერგაუმატრი ტყავის ჭურჭელი უზრუნველყოფდა წყლისა და ღვინის ტრანსპორტირებას.

ტყავის ჭურჭელთაგან ყველაზე მცირე მოცულობის იყო მათარა. სულხან-საბას განმარტებით, იგი ნატის ანუ მოქნილი ტყავის სასმისს წარმოადგენს. მოცულობით მასზე უფრო დიდი უნდა იყოს ე.წ. „თხიერაკი“, რომელიც, თავის მხრივ, ამ მონაცემით „თხიერზე“ უფრო პატარაა (ამ ორი ჭურჭლის მოცულობის მეტნაკლებობა ჩანს სიტყვაზე დართული კინობითი ნაწილაკით - „აკი“, რითაც საერთოდ ქართულში უფრო მცირე ზომის საგნები აღინიშნება) [1].

ძველქართულ წყაროებში, ეს ორივე ტერმინი ხშირად გვხვდება. მოგვიანებით ისინი რატომღაც შეცვალა ტიკტორამ და ტიკმა. თხიერაკი ანუ ტიკტორა რომ თხიერზე უფრო მცირე მოცულობის იყო, ეს დასტურდება დავით IX-ის იადიგარ დაუდიდანაც, სადაც სათანადო სიტყვებით მითითებულია ნახსენები ტიკტორის მოცულობის სიმცირე („მომცრო ტიკტორა“ ან „პატატა ტიკტორა“) [2,3].

სულხან-საბას მიხედვით, ტიკის შემდეგ მოცულობით კოლოტი უნდა მოდიოდეს (სურ. 1), რაც ძროხის ტყავისაგან მზადდებოდა. ყველაზე დიდი მოცულობით გამოირჩევა რუმბი, ისიც ძროხის ტყავისაგან მზადდებოდა, მაგრამ დიდ ტიკს წარმოადგენდა. შედარებით დიდი რუმბები კამეჩის ტყავისაგან მზადდებოდა და მათი მაქსიმალური მოცულობა 50 ჩაფს შეადგენდა [4,5].

პრაქტიკაში ერთმანეთისაგან განასხვავებდნენ კუპრით დამუშავებულ და დაუმუშავებელ ტყავის ჭურჭლებს. კუპრით დამუშავებულ ტყავებს ზოგჯერ კუპრიელიც ეწოდებოდა და სწორედ ამ ტერმინით არის მოხსენებული ეს ჭურჭელი 1205 წლის სამკურნალო ტრაქტატში – „წიგნი სააკიმოი“. კუპრით დამუშავებული ჭურჭელი ძირითადად ღვინის გადასატანად და შესანახად გამოიყენებოდა, რათა თავიდან აეცილებინათ ამ ძვირფასი პროდუქტის ჭურჭლის კედლებიდან ჟონვა. კუპრით იყო დამუშავებული როგორც ტიკები, ისე ტიკტორები, კოლოტები და რუმბები. რაც შეეხება კუპრით დაუმუშავებელ ტყავის ჭურჭელს, ის ძირითადად გუდის სახელწოდებით მოიხსენიებოდა. საბა ამგუდას განმარტავს ზოგადად, როგორც „ტყავისაგან შთასადებელს“, ხოლო „საგუდალის“ სახელწოდებით ასეთ გუდაში მოთავსებულ პროდუქტს მოიხსენიებს [4,6].



სურათი 1. ტყავის ჭურჭელი - ტიკები და რუმბები

ტიკების, ტიკტორების, კოლოტებისა და რუმბების უმთავრესი დანიშნულება იყო ღვინის ტრანსპორტირება. ტყავი, როგორც ტარა, ფაქტობრივად უწონო იყო, რაც სხვა ჭურჭელთან შედარებით გაცილებით მეტი ღვინის გადატანის საშუალებას იძლეოდა. ამავ დროს ტრანსპორტირებისათვის ასეთი ჭურჭელი მოხერხებული იყო, ვინაიდან ადვილი იყო ორი ასეთი ჭურჭლის გადაკიდება გამწვევ ძალაზე.

სწორედ ასეთმა ჭურჭელმა შეუწყო ხელი საქართველოში „სამთო მეღვინეობის“ განვითარებას. სამთო მეღვინეობა გულისხმობდა ბარში დაკრეფილი ყურძნისაგან დაწურული ტკბილის მთაში ატანას და იქ შენახვა – დაღვინებას. დაწვრილებითი ცნობები სამთო მეღვინეობასთან დაკავშირებით გვხვდება „დასტურლამალში“. მასში საგანგებო თავებიც არის გამოყოფილი, სადაც მოთხრობილია, რომ ამ სოფლების გლეხებს ევალებოდათ ბარში დაკრეფილი ყურძნის დაწურვა და მიღებული ტკბილის ან ყურძნის წვენი კოჯორში, მეფის სახლის მარანში გადატანა. ამისათვის საჭირო უღაყების რაოდენობა 250-ს აღწევდა. აქედან ნათლად ჩანს, თუ რა რაოდენობის ყურძნის წვენი აჰქონდათ კოჯორში [7].

„დასტურლამალში“ ღვინის გადასატანი ჭურჭელი არ მოიხსენიება, მაგრამ ცხადია, რომ ჭურჭლად რუმბებს ან კოლოტებს იყენებდნენ, რადგან მთის გზებზე მათი უპირატესობა სხვა ჭურჭელთან შედარებით ცხადზე ცხადია. იმავე წყაროში, სხვათა შორის, აშკარად ჩანს, თუ რა დიდი მოთხოვნილება იყო იმ დროს ტყავის ჭურჭელზე სასახლის სამზადში, რომელიც ქარხნის სახელწოდებით იყო ცნობილი. „დასტურლამალის“ ერთ-ერთი თავის თანახმად, საქონელი დაკვლის შემდეგ აუცილებლად რუმბისათვის უნდა გატყავებულიყო, თუმცა სამწუხაროდ, არაფერია ნათქვამი იმის თაობაზე ჭურჭელი მოკუპრული იყო თუ მოუკუპრავე [8].

მოუკუპრავედ გამოიყენებულ ჭურჭელთაგან, პირველ რიგში უნდა დავასახელოთ თუშური ყველის გამოსაყვანი გუდა. გუდა მიეკუთვნება იმ სახის ტყავის ჭურჭელს, რომელიც ტყავის ჰაერ- და სითხე გაუმტარობის გამო გარკვეული მოცულობის იზოლირებას უზრუნველყოფდა. მასში ჰაერის ახალი ნაკადის შეღწევა გამორიცხული იყო. ყველის შესანახი გუდა შიგნიდან ბეწვიანი უნდა იყოს. გუდის მატყლი ცხიმით იღვებოდა ჰაერს აღარ ატარებს, ამიტომ თავმოკრულ გუდაში მუდმივი სიგრილე და სინოტივეა. გარდა ამისა ბეწვი იცავს ტყავს წყალთან შეხებისაგან, რომლის ხანგრძლივი ზემოქმედება აფუჭებს გუდას. ასე რომ, სწორედ მატყლის მეშვეობით ხდება გუდაში იმ მიკროკლიმატის შენარჩუნება, რომელიც აუცილებელია ყველის „მომწიფებისა“ და ხანგრძლივი დროით შენახვისათვის.

კიდევ უფრო მეტ წარმატებას მიაღწიეს მოხვევებმა, რომლებიც თავმოკრულ ხორციან გუდას მდინარეში ათავსებდნენ, რაც შედარებით დაბალი ტემპერატურის შენარჩუნებას და დამარილებული ხორცის ჰაერთან შეუხებლობას და ამ უკანასკნელის წელიწადზე მეტი ხნით შენახვას უზრუნველყოფდა. მოხვევების მეთოდი უთუოდ გამოყენებული იყო სხვა მალფუჭებადი პროდუქტების, როგორცაა რძე, ნაღული, ყველი, ქვირითი, ფქვილი და სხვა [9,10].

კახეთში, ეთნოგრაფიული მონაცემების მიხედვით, გუდაში ქონსაც ინახავდნენ, რაზედაც მიუთითებს სახეწოდება „საქონეგუდა“. ტყავის ჭურჭელი ასევე გამოიყენებოდა ზეთების, თხევადი საღებავების, ნავთის, წყლის და სხვა სითხის გადასატანად [5,9].

გუდა-ტიკებს ჰაერგაუმტარობის გამო გამოიყენებდნენ ისეთი პროდუქტის შესანახად, როგორცაა ჩაუმქრალი კირი, თოფის წამლი და სხვ., რითაც ისინი დაცული იყვნენ ჰაერთან და წყალთან კონტაქტისაგან და ინარჩუნებდნენ პირვანდელ მდგომარობას.

ეთნოგრაფიული მონაცემებიდან ირკვევა, რომ ზოგიერთ კუთხეში ბოლო ხანებამდე შემორჩა „ოთხში ამოღებული“ საქონლის ტყავისაგან დამზადებული კარაქის საღებავლები, მას ხის საღებაველთან შედარებით ბევრად ნაკლები წონა აჰქონდა და ამიტომ გაცილებით მოსახერხებელი იყო მისი გამოყენება [10].

აქამდე საუბარი გვქონდა ტყავის ჭურჭლის გამოყენების შესახებ, ჰაერისგან სრული იზოლირების ანუ ჰერმეტიზაციის უზრუნველყოფის მიზნით. არანაკლებ მნიშვნელოვანი იყო „ოთხში ამოღებული“ საქონლის ტყავისაგან დამზადებული ჭურჭლის გამოყენება სრულიად განსხვავებული მიზნით. გუდას ჰაერით ბერავდნენ და

თავს მაგრად უკრავდნენ, რომ ჰაერი ვერ გამოსულიყო. ასეთი გაბერილი გუდა წყალში არ იძირება საკმაო დატვირთვის შემდგომაც, ამიტომ მას იყენებდნენ ლასტებისა და ტივების ქვემოთ ამოსაკრავად, რის შედეგადაც ტივი ან ლასტი წყლის ზედაპირზე მდგრად მდგომარეობას ინარჩუნებდა. ასეთი მოწყობილობა ქართულ ყოფაში ცნობილი იყო ნავტიკის სახელწოდებით. ნავტიკის გუდას, ისევე როგორც ღვინის ტიკებს, შიგნიდან კუპრი ჰქონდა წასმული. ნავტიკი უძველესი დროიდან გამოიყენებოდა მდორე მდინარეზე გადასასვლელად ან ტბებზე სათევზაოდ. იგი ხშირად მოიხსენიება ძველ ქართულ წყაროებში, სულხან-საბას განმარტებით „ნავტიკი არის მცირე ტივი გუდებკრული“ [5, 8].

ჰაერით გაბერილ გუდას ძველ საქართველოში ნავტიკისაგან სრულიად განსხვავებული გამოყენებაც ჰქონდა, რაც ეფუძნებოდა გაბერილი გუდიდან ჰაერის წნევით გამოშვებას. ეს ხორციელდებოდა თავსაკრავი კვანძის შესხნით და გუდაზე დაწოლით. გუდა ინტენსიურად გამოიყენებოდა საბერველად (იყენებდნენ არჩვის ტყავს) ძველ მეტალურგიულ საწარმოებში, ქარხნებსა და სამჭედლოებში იმერელი და რაჭველი ოსტატების მიერ. საბერველის საინტერესო განმარტება აქვს სულხან-საბას, „ქარის შესაბერელი“. უძველესი დროიდან საბერველების არსებობა ქართულ სარეწებში დასტურდება არქეოლოგების მიერ აღმოჩენილი ტყავის საბერველთან მიერთებული თიხის შტირებით [4,11].

ამრიგად, ტყავის ჭურჭელს განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს ქართულ ყოფაში.

ლიტერატურა

1. სულხან-საბა ორბელიანი, ლექსიკონი ქართული, ტ. I, მერანი, თბილისი, 1991, 636 გვ.
2. იაბულაძე, ძველი ქართული ენის ლექსიკონი, მეცნიერება, თბილისი, 1973. 577 გვ.
3. იაღიარ დაუდი, გამოსაცემად მოამზადა ლ. კოტეტიშვილმა. მედიცინა ძველ საქართველოში XVI საუკუნე, საქბიომედიკაში, თბილისი, 1938, 741 გვ.
4. სულხან-საბა ორბელიანი, ლექსიკონი ქართული, ტ. II, მერანი, თბილისი, 1991, 654 გვ.
5. მასალები საქართველოს შინამრეწველობისა და წვრილი ხელოსნობის ისტორიისათვის. აკადემიკოს ივ. ჯავახიშვილის საერთო რედაქციით, ტ. II, ნაწ. II, მეცნიერება, თბილისი, 1979. 321 გვ.
6. წიგნი სააქიმო, გამოსაცემად მოამზადა ლ. კოტეტიშვილმა, მედიცინა ძველ საქართველოში. XIII საუკუნე, სახელგამი, თბილისი, 1936, 381 გვ.
7. ი. დოლიძე. ქართული სამართლის ძეგლები, ტ. I, მეცნიერება, თბილისი, 1965, 798 გვ.
8. ი. დოლიძე. ქართული სამართლის ძეგლები, ტ. II, მეცნიერება, თბილისი, 1970, 1319 გვ.
9. ინანობაშვილი. ტყავის დამუშავების ხალხური წესები საქართველოში. მეცნიერება, თბილისი, 1973, 197 გვ.
10. ა. დავითაძე. ქართული მატერიალური კულტურის ისტორიიდან. საბჭოთა აჭარა, ბათუმი, 1974, 185 გვ.
11. ნ. რეხვიაშვილი. მჭედლობა რაჭაში. ქართული მეტალურგიის ისტორიიდან. I. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა. თბილისი, 1976.

SUMMARY

LEATHER VESSELS IN ANCIENT WRITTEN SOURCES

Darchiashvili A.R., Tsikarishvili Kh.J. and Bolqvadze N.T.

Georgian Technical University

Leather products in ancient Georgia were distinguished by great diversity. In the old Georgian written sources, there are many reports about different sizes of vessels made of leather. A properly treated leather vessel was impermeable to liquid and air. Therefore, it was a particularly indispensable vessel during the transportation of wine. Leather vessels were also used to store various perishable foods or agricultural products.

Keywords: Leather products, different sizes of vessels. transportation of wine. various perishable foods, agricultural products.

OUR AUTHORS (2023)

A

Abdrakhmanova A.Z. – 2023,1.
 Abesadze R.K. – 2023,2.
 Abuladze T.E. – 2023,2.
 Aiymbet R.T. – 2023,1.
 Altaev V.R. – 2023,3.
 Andriadze G.T. – 2023,3.
 Antadze G.S. – 2023,2.
 Apkhadze K.R. – 2023,2;3.
 Aptsiauri L.G. – 2023,1.
 Arabidze Kh.T. – 2023,1.
 Arkania Z.M. – 2023,1.
 Aronishidze M.N. – 2023,1.

B

Bagrati-Davitashvili A.N. – 2023,1(2); 3 (2).
 Bagrationi N.J. – 2023,1.
 Berdzenishvili I.G. – 2023,1.
 Beriashvili K.I. – 2023,3.
 Beridze T.R. – 2023,3.
 Berulava I.O. – 2023,3.
 Bibileishvili G.V. – 2023,1(2); 2(11); 3(4).
 Biushvili G.T. – 2023,2.
 Bokeria K.Sh. – 2023,3.
 Bolqvadze N.T. – 2023,3.
 Buadze T.G. – 2023,3.
 Butchuzi T.G. – 2023,2 (4).
 Butskhrikidze E.L. – 2023,1.
 Buziashvili T.G. – 2023,3.

C

Chachkhiani-Anasashvili N.R. – 2023,1.
 Chanishvili A.G. – 2023,1.
 Chiaureli G.G. – 2023,1.
 Chiqovani A.B. – 2023,2.
 Chitiashvili G.B. – 2023,2.
 Chkhartishvili N.N. – 2023,1.
 Chokheli N.T. – 2023,1; 3.
 Chubinidze K.R. – 2023,1.
 Chumbadze M.T. – 2023,1(2); 2(2).

D

Dadianidze G.A. – 2023,1.
 Darchiashvili A.R. – 2023,3.
 Demetradze M.B. – 2023,1.
 Devdariani N.G. – 2023,2.
 Dochviri B.M. – 2023,1.
 Dolidze M.V. – 2023,1.
 Dolidze N.D. – 2023,1.
 Dzneladze S.J. – 2023,1(2).

E

Ebanoidze L.O. – 2023,1;2(3);3(2.)
 Ebelashvili N.V. – 2023,3.
 Ekvtimishvili G.D. – 2023,2.
 Epitashvili I.Z. – 2023,2(2).

G

Gabelaia M.A. – 2023,3.
 Gabunia T.I. – 2023,2.
 Gabunia V.G. – 2023,1.
 Gagolishvili M.Sh. – 2023,2.
 Gamishidze G.Z. – 2023,2.
 Gamishidze Z.M. – 2023,2.
 Gasitashvili Z.A. – 2023,1.
 Gelashvili M.A. – 2023,1.
 Geleishvili I.T. – 2023,1.
 Geliashvili Z.E. – 2023,1.
 Giorgadze V.A. – 2023,3.
 Gligvashvili V. – 2023,3.
 Gogesashvili N.N. – 2023,1; 2(4); 3(2).
 Gogiashvili J.G. – 2023,1.
 Gogiberidze I.B. – 2023,2.
 Gogiberidze I.B. – 2023,2.
 Gogorishvili I.G. – 2023,1.
 Gokadze D.G. – 2023,1.
 Gordeziani K.G. – 2023,3.
 Gorgidze D.A. – 2023,1.
 Gvasalia L.E. – 2023,1.

I

Iakobashvili G.T. – 2023,3.
 Iashvili N.G. – 2023,2(2).
 Iremadze D.M. – 2023,3.
 Iremadze M.E. – 2023,3.

J

Javashvili Z.D. – 2023,2(6);3(2).
 Javshanashvili N.B. – 2023,1.
 Jikidze K.K. – 2023,1.
 Jishkariani M.N. – 2023,2.
 Jishkariani T.S. – 2023,1; 2.
 Jokhadze P.D. – 2023,1.
 Julukhidze A.G. – 2023,1(2); 2(2).

K

Kacharava T. – 2023,3.
 Kakabadze E.G. – 2023,2(4);3.
 Kakhia G.M. – 2023,3.
 Kakhiani M.P. – 2023,3(2).
 Kanchaveli Sh.S. – 2023,1(2).
 Kapanadze G.L. – 2023,1(2).

Kapanadze M.B. – 2023,2.
 Kavelashvili L.B. – 2023,3.
 Kazieva G.D. – 2023,1.
 Kebabze N.M. – 2023,2.
 Kebutadze E.L. – 2023,1.
 Kekelidze I.A. – 2023,3.
 Kenzhebayeva Zh.E. – 2023,1.
 Kevkhishvili N.A. – 2023,1.
 Kevxisvili G.Sh. – 2023,2.
 Kezeherashvili M.G. – 2023,1(2); 2(2); 3(3).
 Kharashvili M.G. – 2023,3.
 Khartishvili M.P. – 2023,1.
 Khechinashvili Z.J. – 2023,1.
 Khuchua N.P. – 2023,1.
 Khutsishvili L.S. – 2023,1.
 Khutsishvili S.A. – 2023,1.
 Khvadagiani A.I. – 2023,3.
 Khvedelidze A.I. – 2023,2.
 Kiladze M.T. – 2023,1.
 Kochiashvili M.G. – 2023,3.
 Kopaleishvili M.N. – 2023,2.
 Kozashvili T.I. – 2023,1.
 Ksaverieva M.V. – 2023,1.
 Kufaradze L.P. – 2023,1(2);2(3);3.
 Kurdadze G.U. – 2023,3.
 Kvaviashvili T.M. – 2023,1.

L

Lobzhanidze G.M. – 2023,3.
 Loladze T.O. – 2023,2.
 Lomiashvili K.S. – 2023,2.
 Loria J.B. – 2023,2.

M

Makhashvili K.A. – 2023,1;2(2).
 Mamardashvili N.G. – 2023,1.
 Mamulashvili M.A. – 2023,2(4);3(2).
 Maspindzelashvili B.I. – 2023,3.
 Matchavariani I.Z. – 2023,3.
 Melikyan M.N. – 2023,1.
 Melkadze R.G. – 2023,1.
 Meskhi G.G. – 2023,1.
 Metreveli D.Z. – 2023,3.
 Metreveli I.Z. – 2023,3.
 Miqaberidze M.P. – 2023,1.
 Mirijanashvili Z.M. – 2023,1(2).
 Mishelashvili Kh.T. – 2023,3.
 Molodinashvili Z.F. – 2023,2.
 Moralishvili N.A. – 2023,3.
 Murdzhikneli G.G. – 2023,1.

N

Nagervadze N.M. – 2023,2.
 Namchevadze Ts.V. – 2023,1;2.
 Namicheishvili O.M. – 2023,1.
 Narimanishvili G.Z. – 2023,2.
 Natsvlishvili M.G. – 2023,1.
 Nebieridze N.V. – 2023,2; 3(2).
 Nikolaishvili G.U. – 2023,1.
 Nikolaishvili I.Z. – 2023,3.
 Nozadze N.I. – 2023,3.

P

Pamazashvili M.T. – 2023,1.
 Papava D.G. – 2023,1.
 Papidze Z.A. – 2023,3.
 Parjanadze T.M. – 2023,1;2.
 Pavliashvili K.M. – 2023,1.
 Petriashvili G.Sh. – 2023,1.
 Ponjavidze N.T. – 2023,1.

R

Razmadze M.T. – 2023,1.
 Razmazishvili G.G. – 2023,3.

S

Sadunishvili M.A. – 2023,1.
 Sakharova T.B. – 2023,1.
 Samitashvili T.V. – 2023,1.
 Sanikidze L.P. – 2023,1.
 Shalamberidze M.Sh. – 2023,1;3.
 Sharashenidze J.A. – 2023,1.
 Shatakishvili T.N. – 2023,2.
 Shatirishvili I.Sh. – 2023,1.
 Shatirishvili Sh.I. – 2023,1(2).
 Shavgulidze N.A. – 2023,1;2;3.
 Shildelashvili I.I. – 2023,2.
 Sigua L.R. – 2023,1;2.
 Silagadze S.R. – 2023,1.
 Skhirtladze I.A. – 2023,1.
 Sordia E.K. – 2023,1(2).
 Stepnadze I.S. – 2023,1.
 Sulaberidze G.P. – 2023,1(2).
 Sulaberidze M.M. – 2023,1.
 Surmanidze D.D. – 2023,1.

T

Takashvili T.G. – 2023,3.
 Tananashvili L.A. – 2023,1;2.
 Tavdidishvili D.R. – 2023,2.
 Tavzarashvili S.P. – 2023,1.
 Tetrauli T.P. – 2023,3.
 Tchikaidze M.N. – 2023,2.
 Tkemaladze G.Sh. – 2023,1.

Tomaradze O.K. – 2023,1.
Topuria R.M. – 2023,3.
Tsikarishvili Kh.J. – 2023,3.
Tsinadze Z.O. – 2023,1(2);2(2);3(3).
Tsintsadze T.G. – 2023,3.
Tsivadze M.A. – 2023,3.
Tskipurishvili T.Z. – 2023,3.
Tutunjyan A.A. – 2023,1.

U

Ukleba K.Z. – 2023,1(2).
Uturashvili E.A. – 2023,3.

Z

Zedginidze R.Sh. – 2023,1.
Zivzivadze B.L. – 2023,3.
Zivzivadze L.B. – 2023,1.
Zivzivadze V.G. – 2023,3.
Zurabishvili Ts.I. – 2023,1.