

საქართველოს
საინჟინერო
სიანხლენი

GEORGIAN
ENGINEERING
NEWS

N2, vol. 101, 2024

საქართველოს საინჟინრო სიახლენი GEORGIAN ENGINEERING NEWS, vol. 101, 2024

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 (ყირგიზეთი), 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

სარჩევი

A SYSTEM IMNE 9 AND METHOD OF PULSED PHOTON IRRADIATION WITH PHOTONS IN A WIDE SPECTRAL RANGE FOR MODERN ELECTRONICS TECHNOLOGIES <i>Jibuti L.Z., Jibuti Z.V., Bibilashvili A.P. and Dolidze N.D.</i>	5
ESTABLISHING A SYSTEM OF HAZARD IDENTIFICATION AND RISK ASSESSMENT, AND EXISTING FLAWS <i>Darakhvelidze M.V., Ratiani N.G. and Razmadze N.A.</i>	14
შეფეს სამკომპონენტური გეგმების სრული კუბური მოდელისთვის ექსპერიმენტული წერტილების გენერაციის მახასიათებლების განსაზღვრა საზომ საშუალებებში შეცდომების არსებობისას <i>ბერია ნ.ო., ტოკაძე ლ.შ., მეკუნოვი ა.ა.</i>	21
PROBLEMS AND SOLUTIONS OF AUTOMATIC REGISTRATION OF HARMFUL SUBSTANCES EMITTED FROM AIRCRAFT ENGINES <i>Khachidze R.M.</i>	27
საყოფაცხოვრებო ნარჩენების განადგურების ელექტრონიკური გადაწყვეტილების კრისტალიზატორის სქემა და გადაწყვეტილების საჭირო დენის გაანგარიშება <i>სილაგაძე ს.ნ., ზივზივაძე ლ.ბ., კაკაურიძე ა.ჯ., მალამბერიძე მ.მ.</i>	32
გოგორათვლების დადუღებული ქიმების ცვეთის მოდელირება <i>ყიფიანი ჰ.ნ., გერაძე ჰ.ი., მინდაძე ს.ო., თიგიშვილი დ.რ.</i>	37
ტექნოლოგიური ფაქტორების გავლენა დადუღებული ლითონის ხარისხზე ამწის გოგორათვლის გაცვეთილი ზედაპირის დადუღებით აღდგენისას <i>ყიფიანი ჰ.ნ., მინდაძე ს.ო., გერაძე ჰ.ი., ფხაკაძე თ.ი., თიგიშვილი დ.რ.</i>	44
თვითგავრცელებადი მაღალტემპერატურული სინთეზის მეთოდით მიღებული ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორის ელემენტების ფორიანობის და პარამეტრების განსაზღვრა <i>თოფურია რ.მ., ხვადაგიანი ა.ი., ირემაძე მ.ე., ზალკალიანი დ.გ., ირემაძე დ.მ., ქოჩიაშვილი მ.გ., ზივზივაძე ვ.ბ.</i>	50
INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN FERROSILICONMANGANESE PRODUCTION <i>Kurdadze G.U.</i>	59
LECA-ს მისაღები სანდლეულო ბაზის გასაფართოებლად ადგილობრივი სილიკატური ნედლეულის შერჩევა და ტექნოლოგიურობის შეფასება <i>ჭიშვილი თ.შ., სხვიტარიძე რ.ე., ლოლაძე გ.ზ., ზაქარაია მ.შ., მუხათგვერდელი ნ.ნ., სხვიტარიძე ა.რ., გურასპაშვილი ა.ნ.</i>	65
მანგანუმისა და სილიციუმის ოქსიდების ტყიბულის ნახშირით აღდგენის თერმოდინამიკა და კინეტიკა <i>ქევიშვილი გ.მ., ჯულუხიძე ა.გ., ჭუმბაძე მ.თ., სიგუა ლ.რ.</i>	73
ტყიბულის ნახშირისა და მისი გამდიდრების ნარჩენების თერმული დამუშავება <i>ქევიშვილი გ.მ., ჯულუხიძე ა.გ., ჭუმბაძე მ.თ., აბესაძე რ.კ., სიგუა ლ.რ.</i>	75
მდგრადი ალტერნატივები სამოქალაქო საინჟინრო წყლის სისტემებისთვის <i>ჩიტიაშვილი გ.ბ., ცინაძე ზ.ო.</i>	77

წყალტუბოს თერმული წყლის ჰიდროქიმიური ბუნება და მასში შემავალი ზოგიერთი მიკროელემენტი ბოკუჩავა ნ.ვ., დევდარიანი ნ.გ., ანდლულაძე მ.ნ., გონაშვილი ნ.გ.	82
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЫЛ Сираძე მ.გ., ბერძენიშვილი ი.გ., კუკულაძე მ.ვ., მეძმარიაშვილი ნ.გ., ჩხაიძე ე.ტ., ნეპარიძე ნ.ს., ძნელაძე ს.დჯ.	85
ПРИМЕНЕНИЕ ХЛОПКОЛАНСАНОВОЙ ТКАНИ ПРИ ФИЛЬТРОВАНИИ ГИДРИРОВАННЫХ ЖИРОВ Сираძე მ.გ., კუკულაძე მ.ვ., ნეპარიძე ნ.ს., ძნელაძე ს. დჯ., მეძმარიაშვილი ნ.გ., ბერძენიშვილი ი.გ., ჩხაიძე ე.ტ.	88
ХИМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ СТЕКЛА ПАРФЮМЕРНЫХ ФЛАКОНОВ Сираძე მ.გ., კუკულაძე მ.ვ., ბერძენიშვილი ი.გ., ნეპარიძე ნ.ს., მეძმარიაშვილი ნ.გ., ჩხაიძე ე.ტ., ძნელაძე ს. დჯ.	91
მაგარი ყველის ტექნოლოგია თაფლის დანამატით ბოკერია ა.მ., ხუციშვილი რ.ა., ძნელაძე ს.ჯ., სორდია ე.კ.	94
ახალი რძემჟავა პროდუქტი მაწონი თაფლით ბოკერია ა.მ.	97
მანდარინის ქერქიდან საკვები დანამატის მიღება და მისი სამრეწველო გამოყენება გრიგორაშვილი გ.ზ., კალატოზიშვილი ე.ი., ხვედელიძე ნ.ზ., იჩქიტაძე მ.ი.	101
A COMPARATIVE ANALYSIS OF DRYING EGGPLANTS IN A POLYETHYLENE-COATED SOLAR DRYER AND NATURAL DRYING IN THE SUN Archvadze K.T., Chachava I.R., Liparteliani R.G., Khotenashvili N.Z. and Tabukashvili Z.Sh.	103
ვაზის ჯიშის – „ახმეტის წითელი“ სამეურნეო-ტექნოლოგიური თვისებები ბატიაშვილი მ.ბ., კლანდია ა.გ., ბუიშვილი გ.თ.	109
INFLUENCE OF VARIOUS FACTORS ON THE DEVELOPMENT OF PLANT DISEASES Kanchaveli Sh.S. and Pavliashvili K.M.	112
EFFECT OF ORGANIC-MINERAL PREPARATION WITH CHELATE ON RESISTANCE TO TRACHEOMYCOSIS WILT OF FRUIT TREES Kanchaveli Sh.S. and Pavliashvili K.M.	115
A NEW APPROACH TO DEVELOPMENT AND STUDY OF ANTICANCER COMBINATIONS Nadiradze I.V.	118
პაციენტის დამყოლობა მკურნალობაზე: გამოწვევები და გაუმჯობესების რეკომენდაციები შაშიაშვილი ნ.ვ.	125
კონსენსუსზე დაფუძნებული მეთოდების მიმოხილვა ჯანდაცვის სისტემების მარეგულირებელი ჩარჩოების შემუშავებისთვის შაშიაშვილი ნ.ვ.	128
კოგნიტიური ინჟინერიის გამოყენება პაციენტის გადაწყვეტილებების მიღების პროცესის შესაფასებლად იერარქიული ამოცანების ანალიზის საშუალებით შაშიაშვილი ნ.ვ.	131

A SYSTEM IMNE 9 AND METHOD OF PULSED PHOTON IRRADIATION WITH PHOTONS IN A WIDE SPECTRAL RANGE FOR MODERN ELECTRONICS TECHNOLOGIES

Jibuti L.Z., Jibuti Z.V., Bibilashvili A.P. and Dolidze N.D.

**LEPL Institute of Micro and Nanoelectronics, Tbilisi, Georgia
Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia**

Abstract: A system for pulsed photon irradiation in a wide spectral range and a tested method are proposed and described. The setup allows direct irradiation of structures on both sides of the sample in a wide radiation range (190 – 4100 nm) during operation. It also provides shorter wavelength (UV, VIS) irradiation in continuous mode, as well as longer wavelength (VIS, IR) radiation in pulsed mode. The system provides for changing the spectrum and intensity of light incident on the test sample. Photostimulated technologies can be carried out at relatively low temperatures in air or in an environment of inert gases. Based on this setup, a method for low-temperature photostimulated diffusion and activation of impurities in semiconductors was developed.

Keywords: Rapid thermal annealing (RTA); Rapid thermal processes (RTP); Flash lamp annealing (FLA); Pulsed photon irradiation (PPI); Photostimulated diffusion; Photostimulated activation.

1. Introduction

As is known, the main methods for modifying physical properties of semiconductor materials, for example, doping with impurities from a diffusant deposited on the surface of a semiconductor, ion implantation, transformation, or annealing of structural and radiation defects, are diffusion-activation processes. In traditional technologies, these processes are carried out by thermal exposure in a furnace, that is, by long-term (hours) heating of the material at a high temperature (close to the melting point). Accordingly, it becomes especially difficult to carry out controlled diffusion-activation processes in thin (nano-sized) films. The above is extremely important for modern electronic technologies when the thickness of films is reduced to nanosizes. For example, during ion implantation, a large number of radiation defects are formed in the crystal, which greatly changes the physical properties of the semiconductor. Solving this problem using high-temperature thermal annealing in a furnace does not always give the desired result. Heating with partial annealing of defects leads to their transformation, and a significant part remains in the crystal up to high temperatures. High temperatures, in turn, cause irreversible changes in the physical properties of the starting material.

“Rapid thermal annealing” (RTA) or “rapid thermal processes” (RTP) have proven to be an effective means of eliminating defects. It was found that short-term exposure of ion-implanted semiconductor layers to electromagnetic waves was sufficient for more efficient annealing of radiation defects than thermal annealing in a furnace. This method is also effective for photostimulated diffusion of diffusants deposited on the surface of a semiconductor. Today this process is realized through exposure to powerful radiation from lasers and various types of lamps.

2. Research aim and objective

It should be noted that, despite the efforts of researchers, one could not see and carefully assess a number of other important factors, in addition to thermal heating during the absorption of light in a semiconductor, such as the concentration of generated antibonding electron-hole pairs, selective absorption of impurities and defects, change in their charge state, etc. These factors, in our opinion, play an important role in the processes of photostimulated crystallization, annealing of defects, activation or diffusion of introduced impurities [1–6]. Indeed, various “rapid thermal annealing” systems available today are “fast” furnaces that completely ignore the importance of the emission spectrum of the lamps and the associated series of photostimulated athermal processes

occurring in the materials. The transition to nanoscale dimensions in modern electronic technologies has posed new challenges for diffusion methods and devices of material modification. It is not just about obtaining films of strictly controlled nanometer size, but also about the introduction of individual atoms into nanoobjects. Taking this into account, we created a completely new system for pulsed photon irradiation, based on which we developed several diffusion activation methods, for example removal of deformation fields in epitaxial films; effective relatively low-temperature annealing of radiation or structural defects; formation of ohmic contacts and p-n junctions; formation of heavily doped regions, low-resistance or insulating regions; original technology of fast photostimulated solid-phase synthesis, etc. [5-9].

At present, RTP, RTA, and a number of other-purpose pulsed photon irradiation systems, produced by various companies, are finding ever-increasing applications in electronic technologies [10-33]. These systems are designed to perform thermal processing of semiconductor materials faster than thermal furnaces. Processes are usually carried out in a vacuum or controlled gas environment. The heaters are made based on halogen lamps. To achieve prolonged heating at high (up to 1400 °C) temperatures, samples are placed in special chambers that require special cooling (for example, with water). In such devices, the working volumes of the heater and the sample are usually separated. Samples require special supports (e.g. graphite or quartz) for thermal equalization.

Of particular note is the process of flash lamp annealing (FLA) annealing with lamps. For its implementation, an annealing system with a flash lamp has been created. In the system, which is a device for pulsed lamp annealing, the thermal effect is carried out by pulsed lamps in addition to halogen lamps, which reduces the time of thermal exposure on the samples to milliseconds [34-43].

In these systems, the energy accumulator is discharged by means of one or more flash lamps. The generated photon pulse is absorbed by the plate or substrate and converted into heat. A photon reflector maximizes the intensity of light incident on the front side of the substrate, and an additional preheating system on the back side (mostly heating plates or halogen lamps) preheats the wafer to 900 °C. This allows one to obtain the highest possible temperatures in the irradiated object. All of these devices are focused on heating the samples to the appropriate temperature and the main focus is on how efficiently the photon energy is converted into heat. In these devices, samples are placed in a working chamber with quartz windows, which reduces the intensity of light incident on the film surface. Therefore, even in such systems, direct exposure of the lamp radiation to the samples is not provided, which sharply reduces the significance of the lamp radiation spectrum in technological processes and does not allow one to decrease the temperature of the thermal effect.

The system uses flash lamps with a short flash duration of $130 \mu\text{s} \div 80 \text{ms}$, which limits the technological processes. The spectrum of pulsed lamp radiation includes mainly the visible range and the A-UV range of ultraviolet radiation. The B-UV range is weakly expressed and the C-UV range is completely absent, which limits the effectiveness of the system for materials and structures with wide-band conductivity, as well as for several synthesis processes and chemical reactions. The lamps are located only in the upper and lower parts. The single-row arrangement of halogen lamps in the lower part cannot provide uniform illumination of the entire film surface. The system requires preheating, and the radiation from the heating plates and halogen lamps serves to heat the film to high temperatures with all the negative factors associated with thermal effects on semiconductors. The operating principle of the system, one film - one pulse, limits the scope of its application in technology (production), and the additivity factor in the processes cannot be realized.

The following factors can be considered a common disadvantage of all mentioned systems: samples (wafers) are placed in the working chamber, and they are irradiated with electromagnetic waves (EMW) not directly, but through the walls of the chamber (for example, quartz), which reduces the spectrum and intensity of EMW incident on the wafer. Since the purpose of the device is to obtain high temperatures (1000 – 1400 °C), it is necessary to create a vacuum or an inert gas

environment. To reduce temperature inhomogeneity in the wafers a uniform temperature environment should be created, for example, using preheating systems, for which halogen lamps or any other heat source are used. In this system, the radiation from the heating plates and halogen lamps serves to heat the wafer to a high temperature, which entails all the negative factors associated with thermal effects on semiconductors. Care should be taken to cool the walls of the structure using special additional systems, for example, a flow of water or nitrogen gas. The high temperature in the chamber does not allow, if necessary, to control the spectral composition of the light incident on the sample using standard optical filters. The system is large in size and weight and is rather expensive.

All these factors limit the scope of application of these systems. The proposed system - a "broad-spectrum photon pulsed irradiation setup" - will eliminate these shortcomings. The purpose of the presented system and the proposed design are based on our theoretical model of photostimulated processes in materials.

3. Theoretical model of pulsed irradiation with broad-spectrum photons.

We have proposed [5, 44-47] the following model of the electronic mechanism of melting of semiconductors: conduction band electrons and valence band holes are antibonding quasiparticles that "soften" the bonds in the crystal and contribute to its low-temperature melting.

In this case, there must be a certain critical value (n_{cr}) of the concentration of antibonding quasiparticles, after which melting begins. The idea of the derivation of (n_{cr}) is as follows: an antibonding quasiparticle weakens the bond not locally, at any lattice site, but throughout the entire region of its delocalization, that is, in the region whose size is determined by the de Broglie wavelength - $\lambda_D = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{3mkT}}$ (m - an effective mass of conductivity of quasiparticle, T - crystal temperature). Let us denote the sphere volume with a diameter λ_D by V_D , then $nV_D=i$, ($i \geq 1$) corresponds to the concentration of quasiparticles when the quasiparticle (i) is present in the volume V_D . This concentration of quasiparticles weakens the bonds of all atoms of the crystal. The crystal seems to be one giant molecule, the bonds between all the atoms of which are weakened. But for "melting by an electronic mechanism" to occur, the degree of weakening and isotropization of bonds must reach certain critical values. Here we introduce a hypothesis: based on the experimental fact of thermal melting at temperature $T=T_{mel}$ and proceeding from the fact that this means a softening of the bonds between all atoms of the substance, we assume that the concentration of antibonding quasiparticles, (n_{cr}), becomes critical when

$$n_{cr}V_D(T_{mel})=i, \quad V_D(T_{mel})=\frac{\pi}{6}\lambda_D^3(T_{mel}), \quad i \geq 1 \quad (1)$$

"Melting" begins at such a concentration of antibonding quasiparticles when at the melting temperature of the crystal, in the spherical volume of the crystal with a diameter corresponding to the de Broglie wavelength there is at least one quasiparticle. It should be emphasized that $\lambda_D(T_{mel})$ and $V_D(T_{mel})$ are taken as formally designated lengths and volumes that have nothing to do with the actual temperature of the crystal during the process of "melting by an electronic mechanism."

From (1) we obtain the following expression for (n_{cr})

$$(n_{cr})_{c,v} \approx 0.3iN_{c,v}, \quad N_{c,v} \approx 4.82 \times 10^{15} (m_{c,v}T_{mel})^{3/2} \text{ (cm}^{-3}\text{)} \quad (2)$$

where m_c and m_v are the effective masses of electron conductivity and holes in the free electron mass units. If both types of carriers are present simultaneously, we are likely to obtain their concentration in the equation for (n_{cr})

$$n_{cr} \approx 0.3i \frac{N_c N_v}{N_c + N_v} \quad (3)$$

We obtain (n_{cr}) calculated by this formula (at $i=1\div 4$) for Si - $(0.8\div 3.2)\cdot 10^{19}$ cm⁻³. This range of (n_{cr}) values are accepted in accordance with the presence of 4 bonds in covalent semiconductors.

Thus, we concluded that if in the process of pulsed photon irradiation (PPI) a critical concentration of nonequilibrium charge carriers (n_{cr}) (antibonding quasiparticles) generated by light is achieved, the melting of the surface layer of the semiconductor should occur already at $T < T_{mel}$ with subsequent recrystallization, leading to complete annealing of structural or radiation defects as well as to accelerating the diffusion and activation processes.

These processes can be carried out in the solid-phase mode due to the selective absorption of light by defects [47]. Moreover, the PPI process is very effective when carried out under experimental conditions, such as the generation of antibonding quasiparticles by light (even at $n < n_{cr}$), which leads to a weakening of chemical bonds in the material, as well as selective absorption by defects.

The above, using PPI, allows annealing of defects (both structural and radiation), crystallization, activation of an implanted impurity, and obtaining results at relatively low temperatures that are practically unachievable by high-temperature processes.

The PPI method can successfully replace most traditional (thermal) technological processes. It also has a number of advantages: it significantly reduces the heating temperature and the duration of technological processes (energy consumption), ensures a uniform distribution of parameters on the wafer, and allows technological processes to be carried out in air rather than in a vacuum or inert environment. At the same time, the treated surface remains mirror-smooth, whereas, after the thermal melting of the contacts, traces of melting are observed on their surface in all studied structures.

Accordingly, in modern nanoelectronics technologies, the replacement of traditional thermal annealing with low-temperature photon irradiation opens up new, very interesting prospects. Therefore, it is very important to create equipment that will ensure the implementation of the above processes.

4. The System IMNE 9

Based on the mentioned theoretical model, we propose the following system of a device for pulsed photon irradiation:

Fig. 1, 2 shows a diagram of the unit of our system

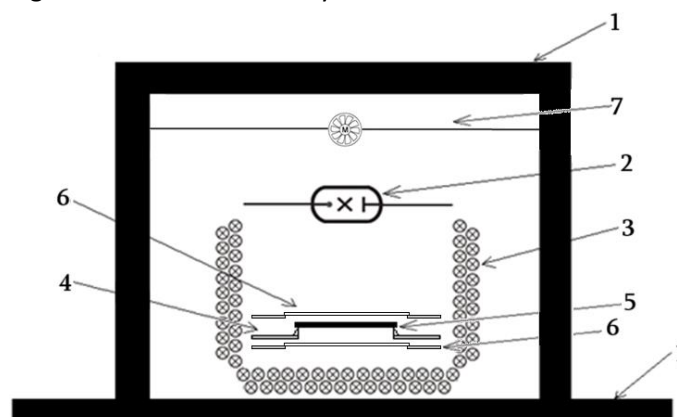


Fig. 1. Pulsed photon irradiation unit of the PPI system

1 – frame; 2 – ultra-high pressure mercury lamps; 3 – halogen lamps; 4 – sample holder; 5 – sample, 6 – optical filters, 7 – cooler.

The unit is a Π -shaped reflective frame made of ceramic or stainless steel with a front and rear opening. The unit allows irradiation on both sides of the sample simultaneously or separately, if necessary, with the light of a different spectrum. Ultra-high-pressure halogen and mercury lamps are used as light sources, although the design allows the installation of any type of lamp, one or more. At the top of the unit, there is an ultra-high pressure mercury lamp (for example, LMP-400D, power density 93 W/cm²). The lamp operates in continuous mode, and the duration of irradiation is determined by technological conditions. The lamp provides a radiation spectrum in the range $\lambda = 190 - 700$ nm. In the lower and side parts of the unit, halogen lamps are arranged in two rows so that the lamps of the second row fill the contact area of two adjacent lamps of the first row, which significantly increases not only the intensity of photons incident on the surface of the sample, but also the uniformity of their distribution

The two-row (rather than three-row or more) arrangement of lamps is due to the fact that it is optimal for irradiating the entire surface of the sample with the most equal intensity, which, in turn, ensures a uniform distribution of the concentration of antibonding particles formed as a result of the absorption of electromagnetic waves along the entire surface of the sample. The presented arrangement of halogen lamps is also optimal and is due to the U-shaped shape of the reflective frame and the flat shape of the surface of the irradiated objects. The lamps operate in continuous or pulsed mode (duration from 0.1 to 1000 s, in increments of 0.1 s). Halogen lamps provide radiation with electromagnetic waves in the optical range $\lambda = 400 - 4100$ nm, with a power density of up to 190 W/cm². In general, the lamps ensure radiation in a wide electromagnetic wavelength range $\lambda = 190 - 4100$ nm (Fig. 3, 4). The system provides a possibility to change the intensity of light incident on the test sample: by turning off some of the lamps, changing the voltage supplied to the lamps as well as the distance from the sample to the lamp. The system involves changing the spectral composition of light incident on the test sample by using optical filters (Fig. 1). Since there is no heating to temperatures above 300 °C in the photon irradiation area, all available optical filters can be used [48-51].

Samples are placed on an optically transparent quartz holder. The system provides dynamic control of the intensity, duration, spectral composition, and heating temperature of the irradiated sample (for example, using a quick-response K-type thermocouple with a diameter of 0.1 mm). The temperature of the sample can be controlled by selecting radiators, removing heated air with a cooler, or flowing liquid nitrogen vapor (not shown in the drawing) from the rear wall. It is possible to carry out the irradiation process in an inert gas environment (not shown) from the rear wall.

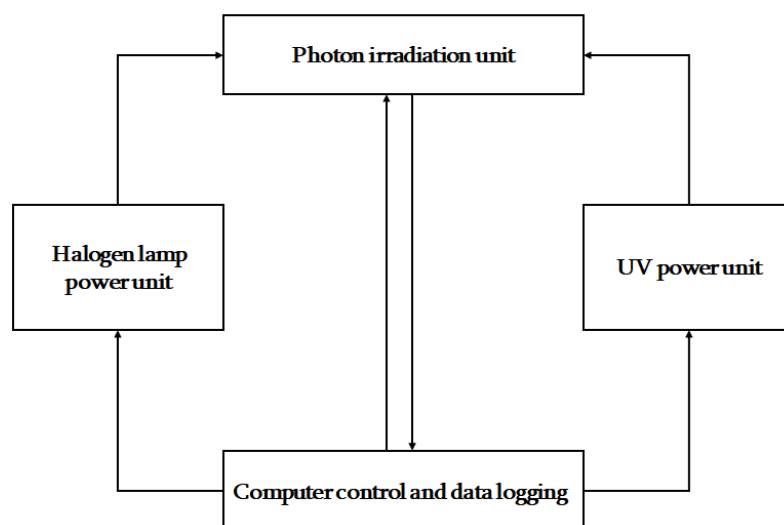


Fig. 2. PPI system block diagram

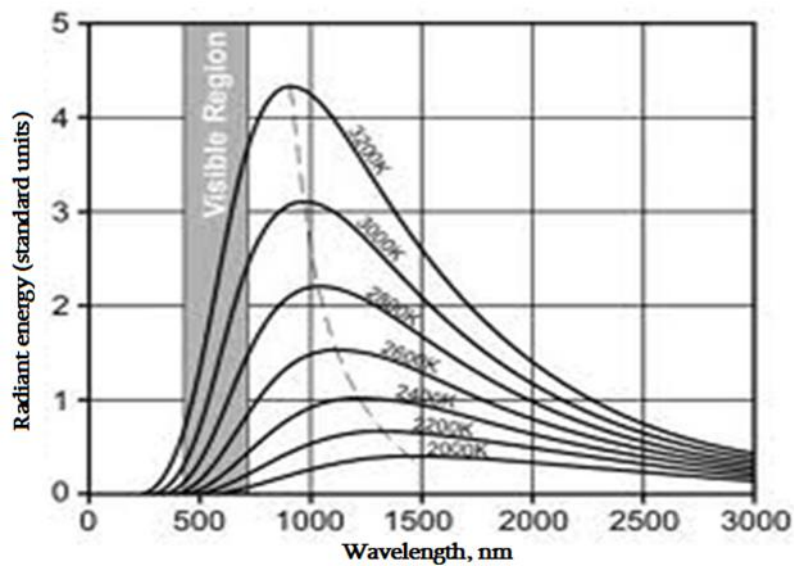


Fig. 3. Emission spectrum of a halogen lamp at different tungsten filament temperatures

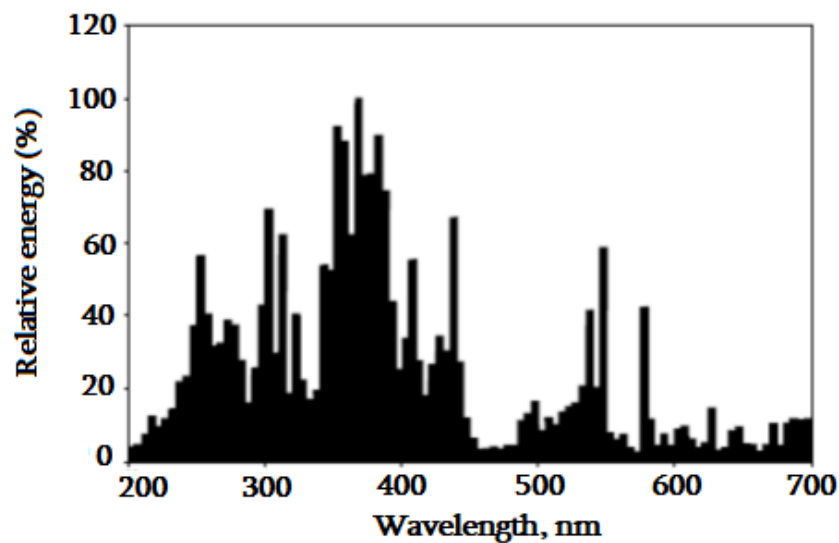


Fig. 4. Emission spectrum of a high-pressure mercury lamp LMP-400D.

Irradiation of the upper (working) side and lower (substrate) side of the samples with electromagnetic radiation of different wavelengths is due to their different thicknesses. In the case of a thinner irradiated object (top side, for example, 0.1 – 3 micrometers thick), to ensure highly efficient absorption, it is necessary to irradiate the samples with electromagnetic waves of such a spectral range (for example, 190 – 700 nm), which provides high absorption efficiency (for example, the absorption coefficient of about $10^7 - 10^5 \text{ cm}^{-1}$). To irradiate a thick (for example, 250 – 3000 μm) bottom layer (substrate) with electromagnetic waves, longer wavelength radiation is required compared to the above (for example, the spectral range of 400 – 4100 nm, the absorption coefficient of about $10^5 - 10 \text{ cm}^{-1}$) to ensure effective absorption to the entire depth [52].

In the spectral range of electromagnetic waves $190 \div 700$ nm, the upper (working) side of the samples is irradiated. The thickness of the surface layer is about $0.1 \div 3$ micrometers, and the absorption coefficient is about $10^7 \div 10^5$ cm^{-1} . Irradiation in this spectral range ensures the generation of antibonding electron-hole pairs in near-surface layers (for example, with a concentration of the order of $10^{16} \div 10^{17}$ cm^{-3}) and selective absorption by defects. Electromagnetic waves with a spectral range of $400 \div 4100$ nm are absorbed by the lower (substrate) side of the samples, where the absorption coefficient is about $10^5 \div 10$ cm^{-1} , and therefore this range of electromagnetic waves provides antibonding of electron-hole pairs throughout the depth of the thick ($250 \div 3000$ μm) sublayer for generation and selective absorption by defects [53]. This is due to the overlapping of the general spectral range ($400 \div 700$ nm) of these two types of lamps.

As a result, an excluded of negative factors arise, such as high-temperature heating of samples during irradiation and the presence of accompanying stresses or thermal defects in the wafers.

The lamp power units consist of a time relay and a triac device for regulating the voltage supplied to the lamps (for example, by regulating the alternating voltage of the electrical network from 220V to 50V with an accuracy of 1V). The lamp power units are connected to a computer, from which the irradiation modes (duration, power, temperature) are controlled by regulating the magnitude and duration of voltage supply to the lamps. The thermocouple of the thermostat is connected to the computer and records the temperature variation with time.

The system is capable of controlling the irradiation process in a wide range of time and irradiation energy, which significantly expands the scope of its application. It does not require an energy storage device and is equipped with simple lamp power units, which significantly reduces the dimensions, weight and hence the cost of the system.

5. Conclusion

Effective application areas of the device can be: various synthesis processes, diffusion, and activation processes. for example, the formation of ohmic contacts, irradiation (post-implantation) or annealing of structural defects; crystallization; post-implantation activation; activation of dopant impurities, formation of ultrafine p-n junctions; formation of heavily doped regions; formation of various types of silicides; solid synthesis of various materials, etc.

These results cannot be obtained using the RTA, RTP, or FLA devices for "fast thermal annealing" available today. Therefore, the presented highly efficient device for pulsed irradiation with wide-spectrum photons acquires great current relevance.

We believe that the practical application of the presented device will provide researchers with new opportunities to expand the scope of their activity; to effectively carry out diffusion processes at temperatures relative below the traditional ones; and to avoid negative factors associated with technological processes involving high thermal exposure.

REFERENCES

1. Sangpyeong Kim, André Augusto, Stuart G. Bowden, Christiana B. Honsbeg IEEE, pp. 2104 – 2108, (2020).
2. Tingyou Lin, Jian-Hsing Lee, Cheng-Tsung Wu, Shao-Chang Huang, Chung-Chin Hung, and Chauchin Su, IEEE, 8B-2, (2020).
3. Woo Sik Yoo, Jung Gon Kim, Toshikazu Ishigaki and Kitaek Kang, IEEE, (2019).
4. Chao Gao, Yunhao Lu, Peng Dong, Jun Yi, Xiangyang Ma, and Deren Yang Appl. Phys. Lett. 104, 032102 (2014).
5. Z.V. Jibuti, N.D. Dolidze and B.E.Tsekvava, New Science publishers, Inc. New York, Chap.6, p.p.43-54, (2011).
6. Zurab Jibuti, Amiran Bibilashvili, Lado Jibuti, Nugzar Dolidze, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 362, 012077, p.p.1-7, (2019).

7. D.Daraselia, D. Japaridze, Z. Jibuti, A.Shengelaya, / Bull. Georg. Acad.Sci., 2011,Vol. 5, No. 1, pp. 116-118.
8. D.Daraselia, D.Japaridze, Z.Jibuti, A.Shengelaya, K.A. Müller. Rapid Solid State Synthesis of Oxides by Means of Irradiation with Light. // J. Supercond. Nov. Magn. 2013, 26.pp. 2987–2991.
9. D.Daraselia, D.Japaridze, Z.Jibuti, A.Shengelaya, K.A.Müller. //Journal of Applied Physics 2017, 121,145104.
10. Company “Semi Teq”- STE RTP 150V . http://www.semiteq.ru/katalog_produkcii/ustanovki_bystrogo_termicheskogo_otzhiga/ustanovka_bystroj_temperaturnoj_obrabotki_ste_rtp150/
11. Company “SemiTeq”- STE RTA 100. http://www.semiteq.ru/katalog_produkcii/ustanovki_bystrogo_termicheskogo_otzhiga/ustanovka_bystroj_temperaturnoj_obrabotki_ste_rta100/
12. Company “NPOS TECHNOLOGIES Inc”- VPO 1000-300. <https://www.npos-usa.com/rapid-thermal-process-oven>; <http://dialural.ru/ustanovka-bystrogo-termicheskogo-otzhiga-vpo-1000-300>
13. Company “NPOS TECHNOLOGIES Inc”- RTP 100; RTP 100-HV. <https://www.npos-usa.com/rapid-thermal-process-oven>; <http://dialural.ru/ustanovka-bystrogo-termicheskogo-otzhiga-rtp-100-hv>
14. Company “NPOS TECHNOLOGIES Inc”- RTP 150; RTP 150-HV . <https://www.npos-usa.com/rapid-thermal-process-oven>; <http://dialural.ru/ustanovka-bystrogo-termicheskogo-otzhiga-rtp-150>
15. Company “NPOS TECHNOLOGIES Inc”- „ReneLab”- Jipelec JetFirst 100. <https://solar.spbau.ru/equipment-10/>
16. Company „ANNEAL SYS” - Ac-One. <https://www.annealsys.com/products/rtp-and-rtcvd/as-one.html>
17. Company „ANNEAL SYS” - As – Master <https://www.annealsys.com/products/rtp-and-rtcvd/AS-Master.html>
18. Company „ANNEAL SYS” - As – Micro. <https://www.annealsys.com/products/rtp-and-rtcvd/as-micro.html>
19. Company „ANNEAL SYS” - As-Premium. <https://www.annealsys.com/products/rtp-and-rtcvd/as-premium.html>
20. Company „ANNEAL SYS” - Jepelec JetLight. <https://www.annealsys.com/products/rtp-and-rtcvd/jipelec-jetlight-eg53001.html>
21. Company “VACUUM TECHNO”- XREACT. <https://interactivegt.com/catalog/1310/>
22. Company „SCREEN”- SCREENLA-830. <https://www.screen.co.jp/spe/en> https://www.tbssemi.ru/equipment/termicheskij_otzhig/screen_la-830/
23. Company „SCREEN”- LA-3100 <https://www.screen.co.jp/spe/en/products/la-3100>
24. Company „Matson Technology - Helios XP <https://mattson.com/technology/rapid-thermal-processing/>
25. Company „Matson Technology - Helios C200. <https://mattson.com/technology/rapid-thermal-processing/>
26. Company “SSI Inc” - Rapid Thermal Processor RTP Solaris 100. <http://ssi-rtp.com/page/products/rtp-solaris-75>
27. Company “SSI Inc” - Solaris 150 RTP System. <http://ssi-rtp.com/page/products/solaris-150uv>
28. Company “SSI Inc”, Rapid Thermal Processor SOLARIS 150. <http://ssi-rtp.com/page/products/rtp-solaris-150>
29. Company “SSI Inc” - Rapid Thermal Processor SOLARIS 200. <http://ssi-rtp.com/page/products/solaris-200>
30. Company “SSI Inc” - Rapid Thermal Processor SOLARIS Eclipse Vacuum. <http://ssi-rtp.com/page/products/solaris-eclipse-vacuum>
31. [Patent US 2008069550 A1, MATTSON TECHNOLOGY INC, 20/03/2008;](#)
32. [Patent US 2006065849 A1, INTEL CORP, 30/03/2006;](#)
33. [Patent US 2014003800 A1, APPLIED MATERIALS INC \[US\], 02/01/2014.](#)
34. Company „HZDR BLITZ LAB” – FLA. <https://www.blitzlab.de/en/fla-flash-lamp-annealing/>; <https://www.hzdr.de/db/Cms?pOid=56060&pNid=3240>
35. L. Rebohle, S. Prucnal, D. Reichel, Springer Series in Materials Science 288, Springer International Publishing, (2019).
36. L. Rebohle, M. Neubert, T. Schumann, W. Skorupa, International Journal of Heat and Mass Transfer 126, pp.1–8, (2018).
37. Doping by flash lamp annealing, Prucnal, L. Rebohle, W. Skorupa, /Materials Science in Semiconductor Processing, 2017,62, pp.115-127.
38. Skorupa, T. Schumann, L. Rebohle. Surface & Coatings Technology, 2017, 314, pp.169–176.
39. Rebohle, S. Prucnal, W. Skorupa, semiconductors and beyond, IOP Publishing, Semiconductor Science and Technology, 2016,31(10), 103001(38pp).
40. Skorupa and H. Schmidt (Ed.), Cham : Springer International Publishing, 2014.
41. Rebohle, Lars search by orcid ; Prucnal, S. ; Berencén, Y. ; Begeza, V. ; Zhou, S., A snapshot review on flash lamp annealing of semiconductor materials, Publication: MRS Advances, 2022, Volume 7, Issue 36, pp.1301-1309.
42. M. P. Smith, K. A. Seffen, and R. A. McMahon, M. Voelskow and W. Skorupa, //JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, 2006, 100, 063515, p.p. 063515 -1 – 8. ()

43. Noshin Mir, Advanced Rare Earth-Based Ceramic Nanomaterials, 2022.
44. Z. Jibuti, A. Bibilashvili, L.Jibuti, Z.Kushitashvili, IMS 2021, Proceedings of 4th International Conference Modern Technologies and Methods of Inorganic Materials Science , p.p. 69-71, September 20 – 21, Tbilisi. Georgia, 2021.
45. T.Sakharova, M.Heuken, Z.Jibuti, L.Sanikidze, M.Ksaverieva, IMS 2021, /Proceedings of 4th International Conference Modern Technologies and methods of Inorganic Materials Science, 2021, , September 20 – 21, Tbilisi. Georgia, pp.154-157.
46. Zurab Jibuti, Amiran Bibilashvili, Lado Jibuti, Nugzar Dolidze, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 2019, 362, 012077, pp. 1-7.
47. N.D. Dolidze, Z.V. Jibuti and B.E. Tsekvava. Identification and Model of Divacancy in Ge and GaAs, New Developments in Material Science, New Science publishers, Inc. New York, 2011, Chap.7, p.p.55-66.
48. Stained Glass Catalog.
https://portal.tpu.ru/SHARED/e/ELP/teaching/omit/Tab1/Tab/kcs_Каталог%20цветных%20стеклол_compressed.pdf
49. Optical Glass Catalog <https://lzos.ru/upload/iblock/818/818322c0e82195aba7b3c9b1441649b9.pdf>
50. Optical Instruments and Components Catalog. <https://npk-photonica.ru/ir-windows-catalog/?&pp=100&p=2>
51. Semrock Optical Filters Catalog. https://www.idex-hs.com/docs/default-source/catalogs/semrock-catalog-2023.pdf?sfvrsn=50d06c97_7.
52. R.A.Smith, SEMICONDUCTORS. Cambridge University Press; 2nd edition,(1978)
53. S. M. Sze, Kwok K. Ng, Physics of Semiconductor Devices 3rd Edition, BOOK by John Wiley and Sons , (2006).

რეზიუმე

ფართოსპექტრული ფოტონებით იმპულსური ფოტონური დასხივების დანადგარი IMNE 9 და მეთოდი თანამედროვე ელექტრონიკის ტექნოლოგიებისთვის ჯიბუტი ლ.ზ., ჯიბუტი ზ.ვ., ბიბილაშვილი ა.პ., დოლიძე ნ. დ.

სსიპ მიკრო და ნანოელექტრონიკის ინსტიტუტი, თბილისი ივ.ჯავახიშვილის თბილისი სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომში შემოთავაზებული და აღწერილია ფართოსპექტრული ფოტონებით იმპულსური დასხივების დანადგარი და აპრობირებული მეთოდიკა. მოწყობილობა საშუალებას იძლევა მუშაობის პროცესში სტრუქტურების პირდაპირი დასხივება განხორციელდეს ნიმუშის ორივე მხრიდან გამოსხივების ფართო სპექტრით (190 – 4100ნმ). ასევე, გათვალისწინებულია უფრო მოკლეტალღოვანი (UV, VIS) დასხივება უწყვეტ რეჟიმში და უფრო გრძელტალღოვანი (VIZ, IR) დასხივებაც იმპულსურ რეჟიმში. მოწყობილობაში გათვალისწინებულია საკვლევ ნიმუშზე დაცემული სინათლის ინტენსივობისა და სპექტრის ცვლილება. ფოტოსტიმულირებული ტექნოლოგიების ჩატარება დაბალ ტემპერატურებზე ჰაერზე ან ინერტული აირების გარემოში. აღნიშნული დანადგარის ბაზაზე შემუშავებულია ნახევარგამტარში მინარევების დაბალტემპერატურული ფოტოსტიმულირებული დიფუზიისა და აქტივაციის მეთოდიკა.

საკვანძო სიტყვები: სწრაფი თერმული გამოწვა, სწრაფი თერმული პროცესები, აფეთქების ნათურებით გამოწვა, იმპულსური ფოტონური დასხივება, ფოტოსტიმულირებული დიფუზია, ფოტოსტიმულირებული აქტივირება.

**ESTABLISHING A SYSTEM OF HAZARD IDENTIFICATION AND RISK ASSESSMENT,
AND EXISTING FLAWS**

Darakhvelidze M.V., Ratiani N.G. and Razmadze N.A.

Georgian Technical University

Abstract. The work represents the role of the labor inspection supervision department in identifying hazards in the labor process and assessing risks, along with the implementation of changes in legislation. The importance of studying the international practice, including relevant services and parties concerned, analyzing their experience, and applying it to Georgian reality is also emphasized. The importance of compiling a risk assessment document, which enables employers to identify hazards in their business entities fully, is highlighted. The work also analyzes the difficulties of risk identification and management, illustrating several flaws accompanying the process of existing hazard identification and risk assessment and documentation in Georgia nowadays.

Keywords: risk, hazard, risk assessment system, adopted technical regulations.

Introduction. According to the supreme law of Georgia – the Georgian constitution – the state has an obligation to protect human rights to have safe working conditions. An obligation to control the implementation of labor legislation appeared in the amendment to the Georgian Labor Code in 1997 [1]. It was then that the focus of attention fell not only on passing the law but also on implementing it. However, state labor inspection, responsible for the supervision of labor and health safety in Georgia, was abolished in 2006. Along with the annulment of this institution, the legislation connected with the labor conditions in the country was almost completely done away with. In 2015 a Labor Inspection Service was created in the Ministry of Labor, Health and Social Affairs of Georgia. A work on amendments to the existing legislative acts began in the same period. In 2018 the Georgian Parliament passed the law “On Occupational Safety”, which was granted an organic law status on February 19th, 2019 [2].

Identification of hazards and risks assessment. Up to January 2020, the Georgian law did not specifically determine what information a document of hazard identification and risk assessment should contain, nor the form it should be presented in [3]. The assessment was conducted in various ways by business entities [4, 5]. Nevertheless, the general document depicting the information on existing hazard identification and risk assessment contained the following: a description of the hazard, the specified number of individuals who could be potentially affected, the type of injury, the existing control precautions, additional control measures, the initial and the residual risk, determining the person responsible, and the period of implementation of these measures [6].

The study of detected breaches during the inspection carried out by Labor Inspection department in these years revealed that one of the major problems is undervaluing the risks, or incomplete evaluation of ones based on the identified hazard. This fact caused the department to work on the information regarding the necessary elements for the complete assessment of risks. As a result, a decree № 01-15/n “On the Approval of the Procedure for Risk Assessment in the Workplace,” was issued by the Minister of Internally Displaced Persons from the Occupied Territories, Health, Labour and Social Affairs of Georgia on January 30th, 2020. According to this decree, the aim of “the risk assessment rule in the workplace” (hereafter referred to as “the rule”) is to determine the minimum requirements and procedures of occupational risk assessment in the workplace, and to assist employers in carrying out preventive measures of labor health and safety among the employees [7, 8].

name of the evaluator				date:								
time:		work area			inner parameters of the building							
work to be assessed												
description of the hazard/risk	persons who can be potentially injured	the type of the injury/ damage	the existing measures of risk control	initial risk			additional control measures	residual risk		person/ service responsible for the measures to be taken	dates and means of actions and implementation	
				p	o	r		p	o			
							additional precautions			r	Safety specialist/ person in charge, work producer	immediate/ according to plan

Source: LELP Labor Inspection Office

Risk assessment involves five stages:

- a) Hazard identification.
- b) Determining the group of individuals;
- c) Risk assessment – determining and implementing the control measures;
- d) Determining the person responsible for implementing the control measures, and deciding on the terms of preventive measures.
- e) Documenting and monitoring the outcomes.

The document also includes a risk assessment form, which contains the essential information required by law to be presented by the entity in the document for identifying hazards and assessing risks. This form is a recommendation. The employer has the opportunity to follow the form they prefer. However, it is mandatory to fill in all the information specified in this appendix, namely: hazard identification, photo/video materials for each hazard, identification of the individuals concerned, the type of harm that may be caused by this hazard, existing control measures at the facility during this period, the initial likelihood and consequences, any necessary additional control measures, residual risk, actions to be taken, the person responsible for implementation, the time required for completion, and the review date. It should also be noted, that the update of the document for identifying hazards and assessing risks is defined by Resolution No. N80 of the Government of Georgia dated February 6, 2020, "On the Approval of Methods for Defining Priority Sectors of Economic Activity and the Procedure for Risk Assessment" [9].

As mentioned above, one of the important components of identifying hazards and assessing risks at the facility is the presence of a competent person who has undergone training and is capable of effectively carrying out this process. For this purpose, Decree No. 01-25/n was issued by the

Minister of Internally Displaced Persons from the Occupied Territories, Labor, Health, and Social Affairs of Georgia on October 31, 2018, "On the Approval of the Scope, Implementation Procedure, and Conditions of the Accredited Program for Occupational Safety Specialists" [10].

Risk Assessment Form №1

name of the evaluator								date					
name of the facility								time					
brief description of the work													
hazard identification	safety assessment photo/video materials	number of people	the type of injury/ damage	existing control measures	initial risk			additional control measures	residual risk			measures to be implemented	estimated revision date:
					p	o	r		p	o	r		

p (probability), o (outcome), r (rating)

According to Georgian legislation and established practice, the identification of hazards and assessment of risks at the facility is carried out by an accredited occupational safety specialist. In Georgia, the lack of risk assessment remains a challenge, as well as the incomplete identification of hazards at the facility and their inadequate evaluation. This is evidenced by the inspections conducted by the Department of Labor Conditions Inspection and subsequently by the Legal Entity of Public Law Labor Inspection Service from 2018 until September 2021 in the construction sector. According to these inspections, despite the presence of accredited specialists at the facility and the approval of procedures for risk assessment, there are still incorrectly assessed risks and poorly planned control measures [11].

On September 13, 2021, Decree No. N01-81/n was issued by the Minister of Internally Displaced Persons from the Occupied Territories, Labor, Health, and Social Affairs of Georgia "On the Approval of the Scope, Implementation Procedure, and Conditions of the Accredited Program for Occupational Safety Specialists," amending the Minister's Decree No. 01-25/n from October 13, 2018. This order aims to enhance the knowledge of occupational safety specialists and increase the number of qualified personnel in the country [12].

Existing flaws. Since 2015, it has become necessary to take certain steps over time to ensure compliance with the labor safety regulations provided by law and to protect employee safety in the workplace. Alongside the establishment of the Department of Labor Inspection and the implementation of certain legislative changes, the state recognized the need for improvements in the area of hazard identification and risk assessment. For this reason, an examination and analysis of international practices began in Georgia, with the involvement of relevant agencies and parties concerned, to adapt these practices to the realities of Georgia. This effort aimed to create a document that would enable employers to effectively carry out hazard identification at their

facilities. As mentioned above, following the study of experiences from various countries, Decree No. N01-15/n was issued on January 30, 2020, "On the Approval of the Procedure for Risk Assessment in the Workplace," which is accompanied by an appendix detailing the information that must be included in the document for hazard identification and risk assessment [13].

Let's discuss a few important points. For example: When do we start creating the document for hazard identification and risk assessment? Considering the existing practice and legislative requirements in Georgia, the creation of this document begins either at the start of construction work or during the first visit of the Labor Inspection Service. In the first case, the legislation does not provide for a preparatory process before the start of the construction process. Risk assessment does not take place in advance; it is not determined where and what hazards may exist before the preparation and commencement of construction activities according to the planned works. If the construction site begins risk assessment at the start of the works, certain tasks must be carried out so that the occupational safety specialist can identify the hazards already present and then outline the methods for elimination, mitigation, or substitution. However, before certain tasks are carried out and the hazards associated with this process become clear, an accident may occur at the site. Therefore, hazard identification should begin not after the start of the works, but before they commence. Regarding the second case, which pertains to hazard identification after the first visit of the Labor Inspection Service, in the absence of critical violations, the first visit serves as a warning. Following this, the occupational safety specialist begins hazard identification and the creation of documentation at the site. Under the current legislation, the facility is required to conduct risk assessments at all stages of work; however, it is not obligated to maintain an updated risk document every 10 days to present to the relevant supervisory authority, demonstrating that hazard identification and risk assessment are indeed being carried out following the law since the start of construction activities. According to the law, the Labor Inspection Service also has no additional means to monitor whether a particular construction site is fully complying with the requirements set forth by Georgian legislation [14,15].

Some of the facilities inspected by the Labor Inspection Service do not present a document for hazard identification and risk assessment during the first visit, while others are flawed and require additional guidance. In some cases, the hazards present at the facility are not fully identified, or the document includes hazards that are not present at that facility at all [16]. Who identifies the hazards at the facility and prepares the relevant document along with the implementation of the necessary measures and compliance with all legislative requirements? An occupational safety specialist who has completed a specialized accredited program, where one of the key topics is risk assessment and document preparation. However, if we look at the reality, 99 % of the documents submitted by facilities are flawed for various reasons. Let's consider an example. Based on the documentation requested following the initial inspection by the Labor Inspection Service, a hazard identification and risk assessment document was submitted for one of the construction sites, consisting of only a single hazard [17].

Following the submission of the document, an interview was conducted with the representatives of the facility regarding this issue, during which it became clear that this document had been updated, but the hazards that the facility considered to have been addressed were no longer included in the updated document. The occupational safety specialist only retained the hazards that, in their assessment, remain and need to be corrected by the facility [18].

Another important issue to consider is the following: when we carry out the identification of a specific hazard, it is accompanied by residual risk. Is it necessary to assess residual risk in the construction sector? As you know, the construction sector involves particularly hazardous working conditions, making each hazard in this sector especially noteworthy and requiring great caution [19, 20]. According to the legislation in Georgia, the process of hazard identification and risk assessment

is completed before assessing residual risk [21]. This risk may not have a significant impact in sectors with relatively low danger; however, when there is still residual risk in the construction sector, it remains a threat to each employee whose workplace encounters this hazard. Therefore, residual risk assessment should be conducted separately and receive appropriate attention [22, 23].

<i>name of the evaluator</i>		<i>Labor Safety Specialist</i>					<i>date</i>		<i>2023-12-01</i>						
<i>name of the facility</i>							<i>time</i>		<i>14:00:00</i>						
<i>address</i>		<i>Tbilisi</i>													
<i>brief description of the work</i>		<i>multi-apartment building construction</i>													
<i>persons involved in risk assessment</i>		<i>Labor Safety Specialist</i>													
<i>No</i>	<i>hazard identification</i>	<i>safety assessment photo/video materials</i>	<i>number of people</i>	<i>the type of injury/damage</i>	<i>existing control measures</i>	<i>initial risk</i>			<i>additional control measures</i>	<i>residual risk</i>			<i>measures to be implemented</i>	<i>Person responsible/term</i>	<i>Estimated revision date:</i>
						<i>p</i>	<i>o</i>	<i>r</i>		<i>p</i>	<i>o</i>	<i>r</i>			
<i>1</i>	<i>performing work/moving around the perimeter without railings</i>	<i>appendix 1. appendix 2.</i>	<i>everyone present at the workplace</i>	<i>severe, fractures, head injuries</i>	<i>the second floor large pane window, adjoining a balcony and a stairwell, is not protected by a railing. The workers have</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>12</i>	<i>elimination of hazards – before the large pane window is installed. the area has to be</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>measures to be implemented (solid railings/ handles must be installed in every area of</i>	<i>work producer and director 23-12-02</i>	<i>23-12-02</i>

Source: LEPL Labor Inspection Office

In summary, the above outlines several shortcomings that currently accompany hazard identification and risk assessment process and documentation in Georgia [24]. These include:

- Starting the process of hazard identification and risk assessment before the commencement of work, rather than afterwards;
- Preparation of hazard identification and risk assessment documentation and management of the process after the first visit of the LEPL Labor Inspection Service;
- Despite completing training through an accredited program, in many cases, the hazard identification and risk assessment document submitted by the facility is incomplete or improperly compiled and assessed;
- Under the current legislation in Georgia, it is not mandatory to maintain an updated risk document at all stages of construction work, and the supervisory authority has no monitoring mechanism in this regard;
- According to the legislation in Georgia, there is no assessment of residual risk or analysis of potential risks arising from it.

It can be said that the unresolved issues mentioned above allow us to conclude that the current system of hazard identification and risk assessment in Georgia is not complete and requires

additional steps to ensure that people employed in the construction sector are protected from accidents and have a safe working environment [25, 26].

REFERENCES

1. Organic Law of Georgia "Labor Code of Georgia"
2. Organic Law of Georgia "On Occupational Safety" - 19/02/2019
3. Summary Report of the Labor Conditions Inspection Department for 2015-2017.
<https://lio.moh.gov.ge/editor/upload/20230425042928-LCID%20Report%20 2015%20-%202017.pdf>
4. Summary Report of the Labor Conditions Inspection Department for 2018
<https://lio.moh.gov.ge/report/2018.pdf>
5. Summary Report of the Labor Conditions Inspection Department for 2019.
<https://lio.moh.gov.ge/editor/upload/20230425042732-LCID-Report-2019-GEO.pdf>
7. Risk management in construction projects - Paweł Szymański – 2017
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1877705817360290?token=8FDD0D968A830A717F12CA7EC449DA9B0B072567950C5DA68CE9879BBD55CCCE6B7BB5DAEE3DF892E70C329E52C7F560&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220725165015>
8. Decree № 01-15/n "On the Approval of the Procedure for Risk Assessment in the Workplace," was issued by the Minister of Internally Displaced Persons from the Occupied Territories, Health, Labour and Social Affairs of Georgia, January 30, 2020
9. A 5 step guide for employers, workers and their representatives on conducting workplace risk assessments– ILO-https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_232886.pdf
10. "On the Approval of the Procedure for Risk Assessment in the Workplace"- Decree of the Minister of Internally Displaced Persons from the Occupied Territories, Health, Labour and Social Affairs of Georgia № 01-15/6 - 30/01/2020
11. "On the Approval of the Procedure for Risk Assessment in the Workplace" Regarding the Amendment of Decree No. N01-15/n of the Minister of Internally Displaced Persons from the Occupied Territories, Labor, Health, and Social Affairs of Georgia dated January 30, 2020." - 18/02/2020
12. "On the Approval of the Scope, Implementation Procedure, and Conditions of the Accredited Program for Occupational Safety Specialists" Regarding the Amendment of Order No. N01-25/n of the Minister of Internally Displaced Persons from the Occupied Territories, Labor, Health, and Social Affairs of Georgia dated October 13, 2018" - Order No. N01-81/n of the Minister of Internally Displaced Persons from the Occupied Territories, Labor, Health, and Social Affairs of Georgia - 09/13/2021.
13. "On the Approval of the Scope, Implementation Procedure, and Conditions of the Accredited Program for Occupational Safety Specialists" - Order No. N01-25/n of the Minister of Internally Displaced Persons from the Occupied Territories, Labor, Health, and Social Affairs of Georgia - 10/31/2018.
14. Georgian Law "On Labor Inspection" - 29/09/2020
15. Summary Report of the Labor Conditions Inspection Department for 2020.
<https://lio.moh.gov.ge/report/2020.pdf>
16. Summary Report of LEPL Labor Inspection Service for 2021. <https://lio.moh.gov.ge/report/2021.pdf>
17. Summary Report of LEPL Labor Inspection Service for 2022. <https://shorturl.at/9rdI6>
18. Summary Report of LEPL Labor Inspection Service for 2023.
https://lio.moh.gov.ge/editor/upload/20240606033109-FINAL%20REPORT_2023_GEO.pdf
19. National Institute of Safety and Health at Work - <https://www.insst.es/>
20. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.-
<https://www.boe.es/buscar/pdf/1995/BOE-A-1995-24292-consolidado.pdf>
21. Order No. 590 of the Government of Georgia – "On the Approval of the Technical Regulation Regarding Minimum Requirements for Safety and Health Protection in the Use of Personal Protective Equipment in the Workplace" - Tbilisi, December 23, 2022.
22. "Association Agreement between Georgia, on the one hand, and the European Union and the European Atomic Energy Community and their Member States, on the other hand."
23. Order No. 35 of the President of Georgia dated February 6, 2003, "On the Establishment of the Public Law Legal Entity – National Information Center for Safety Equipment and Labor Protection."

24. European Social Charter -<https://matsne.gov.ge/ka/document/view/1392164?publication=0>
25. Decree No. N01-10/n of the Minister of Labor, Health, and Social Affairs of Georgia dated April 21, 2015, "On the Approval of the Regulations for the Structural Units of the Ministry of Labor, Health, and Social Affairs of Georgia," regarding the amendment of Order No. N01-1/n of the Minister of Labor, Health, and Social Affairs of Georgia dated January 6, 2015, which approved the "Regulation of the Labor Inspection Department."
26. "National Basic Research on Business and Human Rights" Public Defender of Georgia, 2017. <https://www.ombudsman.ge/res/docs/2020070817231712734.pdf>
27. The Center of Human Rights Education and Monitoring – "The Assessment of Labor Inspection Mechanism and the Labor Rights Conditions of the Employed in Georgia" 2017.

რეზიუმე

საფრთხეების იდენტიფიცირებისა და რისკების შეფასების სისტემის ჩამოყალიბება

და არსებული ხარვეზები

დარახველიძე მ.ვ., რატიანი ნ.გ., რაზმაძე ნ.ა.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში წარმოდგენილია საკანონმდებლო ცვლილებების განხორციელების პარალელურად შრომის ინსპექტირების ზედამხედველობის დეპარტამენტის როლი შრომის პროცესში საფრთხეების იდენტიფიცირებისა და რისკების შეფასების მიმართულებით. გამოკვეთილია საქართველოში შესაბამისი სამსახურებისა და დაინტერესებული მხარეების ჩართულობით საერთაშორისო პრაქტიკის შესწავლის მნიშვნელობა, მათი გამოცდილების გაანალიზება და საქართველოს რეალობაზე მორგება. ხაზგასმულია რისკის შეფასების დოკუმენტის შექმნის მნიშვნელობა, რომელმაც მისცა საშუალება დამსაქმებლებს თავიანთ ობიექტებზე სრულყოფილად განხორციელებინათ საფრთხეების იდენტიფიცირება. ნაშრომში ასევე გაანალიზებულია რისკის იდენტიფიცირების და მართვის სირთულები, წარმოდგენილია რამოდენიმე ხარვეზი, რომელიც თან სდევს საქართველოში დღეს-დღეობით არსებული საფრთხეების იდენტიფიცირებისა და რისკების შეფასების პროცესსა და დოკუმენტაციას.

საკვანძო სიტყვები: რისკი, საფრთხის, რისკის შეფასების სისტემა, მიღებული ტექნიკური რეგლამენტი.

შეფეს სამკომპონენტური გეგმების სრული კუბური მოდელისთვის ექსპერიმენტული წერტილების გენერაციის მახასიათებლების განსაზღვრა საზომ საშუალებებში შეცდომების არსებობისას

ბერაია ნ.ო., ტოკაძე ლ.მ., შვეკუნოვი ა.ა.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესავალი

თანამედროვე ტექნოლოგიები და პროცესები მოითხოვს მუდმივ გაუმჯობესებას და ოპტიმიზაციას მაღალი ხარისხის შედეგების მისაღებად, რაშიც ხშირად საკმაოდ ეფექტურად გვეხმარება ექსპერიმენტის დაგეგმვის მეთოდები. ეს არის ინსტრუმენტი, რომელიც გვაძლევს საშუალებას გადაწყვიტოთ ამოცანები და ჩავატაროთ კვლევები სისტემატური მიდგომის გამოყენებით.

ზოგიერთ შემთხვევაში, ექსპერიმენტის დაგეგმვის მეთოდების გამოყენება მნიშვნელოვნად ამცირებს კვლევებისა და შემუშავებების დროსა და რესურსებს. პროცესების ოპტიმიზაცია და ეფექტურობის გაზრდა შესაძლებელია მონაცემების სტატისტიკური ანალიზისა და სხვადასხვა ფაქტორების გავლენის დადგენის გზით.

ექსპერიმენტის დაგეგმვა ასევე ხელს უწყობს შეცდომების და კვლევის შედეგების დამახინჯების აღბათობის შემცირებას. სისტემური მიდგომის დახმარებით შესაძლებელია ადვილად გამოვლინდეს მალული კანონზომიერებები და დამოკიდებულებები, რაც ხელს უწყობს მივიღოთ დასაბუთებული გადაწყვეტილებები.

გარდა ამისა, ექსპერიმენტების დაგეგმვის მეთოდები საშუალებას იძლევა ჩავატაროთ ახალი ტექნოლოგიების მასშტაბური კვლევა და ტესტირება. ეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია თანამედროვე სამყაროში, რადგან ბაზარზე მაღალი კონკურენცია და საჭიროა ცვლილებებზე და მომხმარებელთა მოთხოვნებზე სწრაფი რეაგირება.

დღეს ერთ-ერთი აქტუალური ამოცანაა სხვადასხვა ნარევეების შემადგენლობის შესწავლა და პროექტირება ექსპერიმენტის მათემატიკური დაგეგმვის მეთოდების გამოყენებით, რისთვისაც, როგორც წესი, გამოიყენება შეფეს ცნობილი სიმპლექს-გისოსური გეგმები, რომელშიც სიმპლექსის წვეროების კოორდინატები წარმოადგენს ცალკეული ექსპერიმენტების ფაქტორების მნიშვნელობებს.

ზოგადად, სიმპლექსის წვეროების რაოდენობა განისაზღვრება შესწავლილი ფაქტორების რაოდენობით, ხოლო მათი კოორდინატები წარმოადგენს ამ ფაქტორების მნიშვნელობას კონკრეტულ ექსპერიმენტებში. სიმპლექსის წვეროებზე შესაბამისი ექსპერიმენტების ჩატარებით შესაძლებელია ამ ფაქტორების გავლენის შესახებ ინფორმაციის მიღება შესწავლილ პროცესზე.

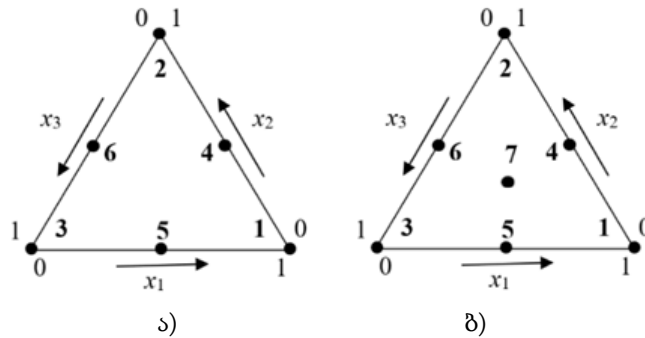
თუმცა, რეალურ პირობებში, იდეალური გეგმებისთვის მიღებული შედეგები არ არის სრულად სანდო, რადგან ფაქტორების დონის დასადგენად გამოყენებულ ყველა ხელსაწყოს აქვს გარკვეული ცდომილებები. შესაბამისად, რაც უფრო დიდია შეცდომა, განხორციელებული გეგმები მით უფრო შორს არის იდეალური გეგმებისგან.

ძირითადი ნაწილი

სტატიაში განხილულია იმიტაციური ცდომილების ზემოქმედების პრინციპი მესამე რიგის იდეალურ სამკომპონენტურ გეგმებზე.

უმაღლესი რიგის სიმპლექს-გისოსური გეგმები მიიღება დაბალი რიგის გეგმების საფუძველზე დამატებითი წერტილების დამატების გზით კუთხეებზე და სიმპლექსის ცენტრში. ასე რომ, არასრული კუბური მოდელის რეალიზაციის შემთხვევაში კვადრატულ ბაღეს (ნახ.1,ა) ემატება მხოლოდ ერთი წერტილი სიმპლექსის სიმძიმის ცენტრში (ნახ.1,ბ).

ხოლო სრულ კუბურ მოდელზე გადასვლისას, სიმპლექსის კიდებზე წარმოიქმნება ორი წერტილი (ნახ.2,ა), კვადრატული და არასრული კუბური მოდელებისაგან განსხვავებით.



ნახ.1. სიმპლექს-გისოსური გეგმა:
 ა) კვადრატული გეგმა; ბ) არასრული კუბური გეგმა

მესამე რიგის სამკომპონენტო სიმპლექს-გისოსური გეგმას აქვს შემდეგი სახე:

ცდის №	x_1	x_2	x_3
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	0	1
4	1/3	0	2/3
5	2/3	0	1/3
6	1/3	2/3	0
7	2/3	1/3	0
8	0	1/3	2/3
9	0	2/3	1/3
10	1/3	1/3	1/3

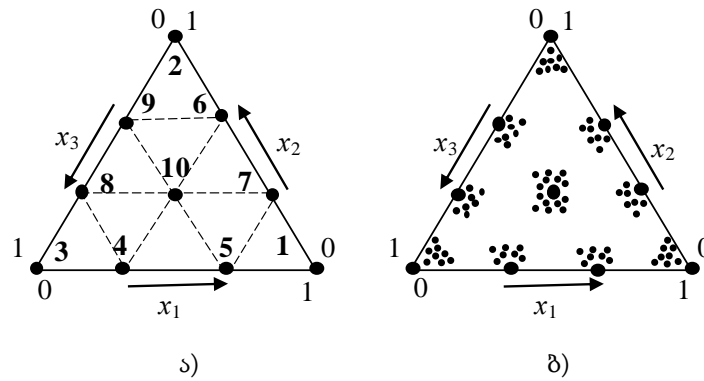
(1)

სიმპლექსური კოორდინატების სისტემის სპეციფიკის გათვალისწინებით [1] სამკომპონენტური ნარევის თვისებები სრული კუბური მოდელის შემთხვევაში აღწერილია შემდეგი პოლინომით:

$$\begin{aligned} \hat{y} = & \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \gamma_{12} x_1 x_2 (x_1 - x_2) + \\ & + \gamma_{13} x_1 x_3 (x_1 - x_3) + \gamma_{23} x_2 x_3 (x_2 - x_3) + \beta_{123} x_1 x_2 x_3 \end{aligned} \quad (2)$$

როგორც ცნობილია, სიმპლექსური ბოჭკოვანი გეგმები გაჯერებულია, ანუ გეგმაში ექსპერიმენტული წერტილების რაოდენობა ტოლია მოთხოვნილი პოლინომის კოეფიციენტების რაოდენობასთან, ხოლო დაგეგმვის მატრიცაში გარდა x_1, x_2 და x_3 სვეტებისა, ასევე იქნება შემდეგი სვეტები: $x_1, x_2; x_1, x_3; x_2, x_3; x_1 x_2 (x_1 - x_2); x_1 x_3 (x_1 - x_3); x_2 x_3 (x_2 - x_3)$ და x_1, x_2, x_3 .

თუმცა, რეალურ პირობებში შეუძლებელია იდეალური თეორიული გეგმების მიღება, რადგან ფაქტორების დონე წარმოდგენილია სხვადასხვა საზომი საშუალებებით, რომლებიც ხასიათდება გარკვეული ცდომილებით.



ნახ.2. მესამე რიგის სამფაქტორიანი სიმპლექს-გისოსური გეგმა:
 ა) იდეალური; ბ) დეფორმირებული

ამიტომ, ძალიან მნიშვნელოვანი ამოცანაა, შეფასდეს შესწავლილი მახასიათებლების გაუარესების ხარისხი და კონკრეტული გეგმის გამოყენების მიზანშეწონილობა გარკვეულ პირობებში. ექსპერიმენტის შეცდომის პირობებში განსახილველი გეგმის თვისებების შემდგომი გაუარესების შესწავლის მიზნით, განხორციელდა იდეალური გეგმის თითოეული წერტილის ირგვლივ ცდომილებების იმიტაცია, ე.წ. წერტილების ღრუბლების წარმოქმნის მიზნით (ნახ.2,ბ), რომელთაგან შესაძლებელია დეფორმირებული გეგმების ნებისმიერი კონფიგურაცია.

შესაბამისად, იდეალური გეგმის (1) კოორდინატებიც შეიცვლება და პირობითად შეიძლება აღინიშნოს, მაგალითად, შემდეგი ცვლადებით:

ცდის №	x_1	x_2	x_3
1	z_1	z_2	z_3
2	p_1	p_2	p_3
3	q_1	q_2	q_3
4	r_1	r_2	r_3
5	s_1	s_2	s_3
6	t_1	t_2	t_3
7	f_1	f_2	f_3
8	g_1	g_2	g_3
9	h_1	h_2	h_3
10	u_1	u_2	u_3

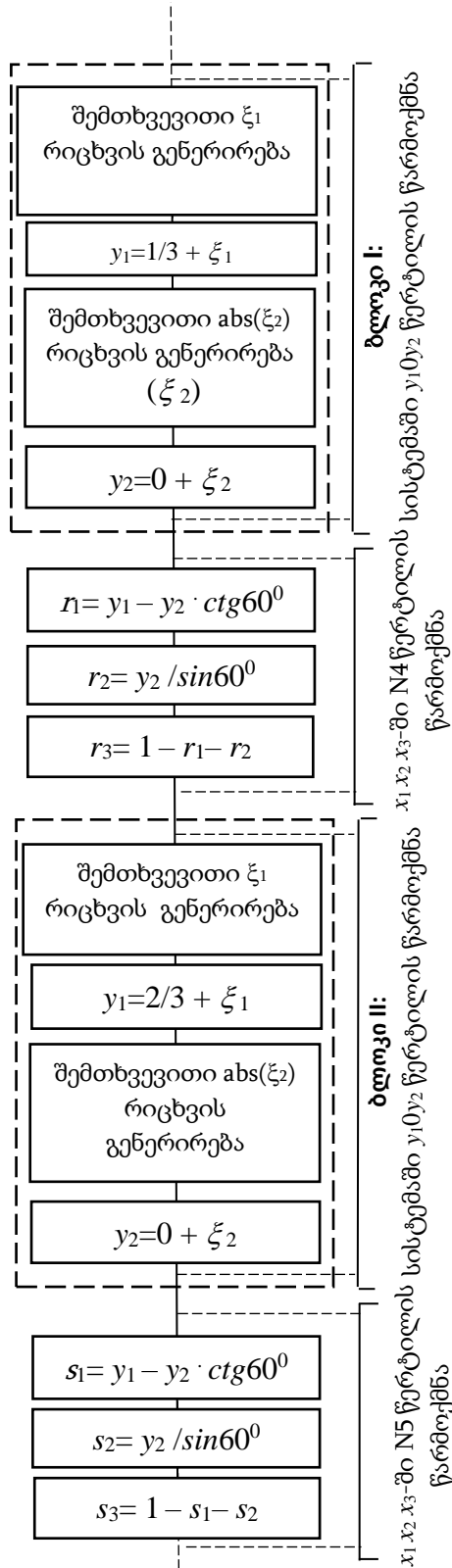
(3)

საზომი საშუალებების ცდომილებების გავლენის იმიტაცია იდეალურ გეგმებზე ხორციელდებოდა მათი კოორდინატებზე ნორმალური კანონის მიხედვით განაწილებული შემთხვევითი რიცხვების დადების გზით. ამ რიცხვების ფორმირება მოხდა შემთხვევითი რიცხვების გენერაციის სტანდარტული პროგრამის მეშვეობით [2].

ამასთან, გასათვალისწინებელია შემდეგი სახის შეზღუდვა: გენერირებული წერტილები არ უნდა გასცდნენ კონცენტრაციული სიმპლექს-სამკუთხედის ფარგლებს.

სიმპლექსურ კოორდინატთა სისტემაში L პირობითი წერტილის კოორდინატების პოვნის ზოგადი პრინციპი და ექსპერიმენტული წერტილების 1, 2, 3 და 10 გენერაციის ალგორითმი ადრე იყო დეტალურად აღწერილი [3,4]. ამ სტატიაში ჩვენ განვიხილავთ შეცდომების გენერირების სპეციფიკას 4–9 წერტილებისთვის.

ექსპერიმენტული 4 და 5 წერტილების გენერაციის ალგორითმის ფრაგმენტი წარმოდგენილია ნახ. 3-ზე. ანალოგიური მეთოდით განისაზღვრება 6, 7 და 8, 9 წერტილების კოორდინატები.



ნახ. 3. ექსპერიმენტის შედეგების პირობებში სამკომპონენტური სიმპლექს-გისოსური გეგმის კუბური მოდელის კოორდინატების გენერირების ალგორითმის ფრაგმენტი

შესაძლო შეცდომების გათვალისწინებით, დაგეგმვის მატრიცის სვეტები შემდეგნაირად გამოიყურება:

$$x_1 = [z_1, p_1, q_1, r_1, s_1, t_1, f_1, g_1, h_1, u_1];$$

$$x_2 = [z_2, p_2, q_2, r_2, s_2, t_2, f_2, g_2, h_2, u_2];$$

$$x_3 = [z_3, p_3, q_3, r_3, s_3, t_3, f_3, g_3, h_3, u_3];$$

$$x_4 = x_1 x_2 = [z_1 z_2, p_1 p_2, q_1 q_2, r_1 r_2, s_1 s_2, t_1 t_2, f_1 f_2, g_1 g_2, h_1 h_2, u_1 u_2];$$

$$x_5 = x_1 x_3 = [z_1 z_3, p_1 p_3, q_1 q_3, r_1 r_3, s_1 s_3, t_1 t_3, f_1 f_3, g_1 g_3, h_1 h_3, u_1 u_3];$$

$$x_6 = x_2 x_3 = [z_2 z_3, p_2 p_3, q_2 q_3, r_2 r_3, s_2 s_3, t_2 t_3, f_2 f_3, g_2 g_3, h_2 h_3, u_2 u_3];$$

$$x_7 = x_1 x_2 (x_1 - x_2) = \left[z_1 z_2 (z_1 - z_2), p_1 p_2 (p_1 - p_2), q_1 q_2 (q_1 - q_2), r_1 r_2 (r_1 - r_2), s_1 s_2 (s_1 - s_2), t_1 t_2 (t_1 - t_2), f_1 f_2 (f_1 - f_2), g_1 g_2 (g_1 - g_2), h_1 h_2 (h_1 - h_2), u_1 u_2 (u_1 - u_2) \right];$$

$$x_8 = x_1 x_3 (x_1 - x_3) = \left[z_1 z_3 (z_1 - z_3), p_1 p_3 (p_1 - p_3), q_1 q_3 (q_1 - q_3), r_1 r_3 (r_1 - r_3), s_1 s_3 (s_1 - s_3), t_1 t_3 (t_1 - t_3), f_1 f_3 (f_1 - f_3), g_1 g_3 (g_1 - g_3), h_1 h_3 (h_1 - h_3), u_1 u_3 (u_1 - u_3) \right];$$

$$x_9 = x_2 x_3 (x_2 - x_3) = \left[z_2 z_3 (z_2 - z_3), p_2 p_3 (p_2 - p_3), q_2 q_3 (q_2 - q_3), r_2 r_3 (r_2 - r_3), s_2 s_3 (s_2 - s_3), t_2 t_3 (t_2 - t_3), f_2 f_3 (f_2 - f_3), g_2 g_3 (g_2 - g_3), h_2 h_3 (h_2 - h_3), u_2 u_3 (u_2 - u_3) \right];$$

$$x_{10} = x_1 x_2 x_3 = [z_1 z_2 z_3, p_1 p_2 p_3, q_1 q_2 q_3, r_1 r_2 r_3, s_1 s_2 s_3, t_1 t_2 t_3, f_1 f_2 f_3, g_1 g_2 g_3, h_1 h_2 h_3, u_1 u_2 u_3]$$

შესაბამისად, შეცდომების მატრიცის სტრუქტურაც შეიცვლება, რომელიც, თავის მხრივ, გეგმების ოპტიმალურობის კრიტერიუმების დიდ ნაწილს უკავშირდება. მათ შორისაა კრიტერიუმები, რომლებიც დამოკიდებულია განსაზღვრის სიდიდეზე, კოვარიაციული მატრიცის კვალზე, შეცდომების მატრიცის მაქსიმალურ საკუთარ რიცხვზე და ა.შ.

დასკვნა

გეგმების ეტაპობრივი (100-ჯერ და მეტი) დაწვრილებითი გამოთვლითი ანალიზი, შემოთავაზებული ალგორითმის შესაბამისად, საზომი მოწყობილობებისთვის დამახასიათებელი ცდომილებების სხვადასხვა დონეზე, საშუალებას მისცემს მკვლევარს შეაფასოს შედეგებზე შეცდომების გავლენა საზომი მოწყობილობების შერჩევისას. ეს საშუალებას მოგვცემს განვსაზღვროთ საზომი მოწყობილობების ოპტიმალური სიზუსტე, რომელიც აუცილებელია რეგრესიული განტოლების კოეფიციენტების შესაფასებლად ნარევიების კომპონენტების გაანგარიშებისას შერჩეული ოპტიმალური კრიტერიუმების შესაბამისად.

ლიტერატურა:

1. Зедгинидзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. – М.: Наука, 1976, 390 с.
2. Н. Берая. Исследование планов второго порядка при наличии ошибок эксперимента. Тбилиси: Технический университет. 2005, 338 с.
3. Beraia N., Tokadze L. Algorithm for generating experimental points for a quadratic model of three-component simplex-lattice plans under experimental errors. Deutsche internationale Zeitschrift für zeitgenössische Wissenschaft / German International Journal of Modern Science, №27 2022, pp. 65-69.
4. Берая Н.О., Токадзе Л.Ш. Алгоритм генерации экспериментальных точек в трехкомпонентных симплексно-решетчатых планах неполной кубической модели с учетом погрешностей измерительных устройств. მართვის ავტომატიზებული სისტემები No 2(34), 2022, გვ. 96-100. ISSN 1512-3979 (print) EISSN 1512-2174 (online) DOI.org/10.36073/1512-3979.

SUMMARY

MEASUREMENT ERRORS IN THE FULL CUBIC MODEL OF THREE-COMPONENT SHEFFÉ PLANS EXERCIAL POINTS FOR THE FULL CUBIC MODEL

Beraia N.O., Tokadze L.Sh. and Shekunov A.A.

Georgian Technical University

Modern technologies and processes require constant improvement to achieve high results. Experimental design methods effectively help to systematically approach problem-solving and research. The study and design of the compositions of various mixtures require the use of mathematical experimental design methods. Widely known Sheffé simplex lattice plans are often used to achieve goals and conduct research. The results of ideal plans may not be completely reliable due to instrument errors. The assessment of the degree of deterioration and the feasibility of implementing a specific plan is of utmost importance. This article discusses the principle of overlaying simulation errors on ideal three-component third-order Sheffe designs. The simulation of the impact of errors on ideal plans was conducted using the generation of random numbers according to a normal distribution. Analysis with step-by-step calculations of plans at various error levels will allow researchers to assess the impact of errors on the experiment's results.

Keywords: simplex experimental design, Scheffé plans

PROBLEMS AND SOLUTIONS OF AUTOMATIC REGISTRATION OF HARMFUL SUBSTANCES EMITTED FROM AIRCRAFT ENGINES

Khachidze R.M.

Georgian Aviation University

Abstract This article discusses the problems of automatic registration of harmful substances, including carbon oxides (CO/CO₂), unburned hydrocarbons (CnHm), and nitrogen oxides (NOx), emitted from civil aviation aircraft engines. Solutions are outlined using recommendations by the International Civil Aviation Organization (ICAO). The discussion raises the issue of studying and assessing the ecological threat caused by air pollution around airports. Attention is drawn to the requirements of the Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA) and the involvement of the Civil Aviation Agency of Georgia in this process.

Keywords: Emission of gases, air pollution, standard take-off cycle, engine operation mode, exhaust gases, emission index.

During aircraft movement both on the territory of the airfield and during take-off and landing, known as the take-off and landing cycle (LTO), as well as during horizontal flight at cruising altitude, engines emit air-polluting chemical substances. These emissions are categorized as carbon oxides (CO/CO₂), unburned hydrocarbons (CnHm), nitrogen oxides (NOx), and suspended solid particles in the form of smoke (SN).

Each of these pollutants, individually and collectively, has a negative impact on the environment and climate. Carbon dioxide (CO₂) has a long atmospheric lifetime (approximately 100 years) and contributes to the greenhouse effect by accumulating in the lower layers of the atmosphere. Carbon monoxide (CO) is produced due to incomplete combustion of fuel and is poisonous to humans and warm-blooded animals when inhaled. It also plays a role in the formation of tropospheric ozone. Nitrogen oxides (NOx) from aircraft engine exhausts adversely affect human respiratory health and have detrimental effects on plants and ecosystems. Suspended particles (SN), emitted directly from the engine or formed through secondary processes, create complex mixtures containing heavy metals, sulfates, nitrates, ammoniums, organic carbons, and other substances with particle sizes of 2.5 micrometers or less. These particles harm human health by damaging the respiratory system and blood vessels, increasing the risk of death and cancer, and also negatively impacting plants and contaminating soil and groundwater.

In 2016, the International Civil Aviation Organization (ICAO) Committee on Environmental Protection reached an agreement on the Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA). According to CORSIA, from 2020 onwards, global aviation should not increase hydrocarbon gas emissions, and by 2050, these emissions should be reduced to half of the 2005 levels. Seventy-three countries, representing 88% of the world's aviation companies, have joined CORSIA.

The Civil Aviation Agency of Georgia has reported that starting January 1, 2020, monitoring of carbon dioxide emissions from airlines registered in Georgia has been implemented. From January 1, 2024, the "Rule of Carbon Emission Reduction and Compensation for International Aviation" came into effect in Georgia.

Additional studies are needed to determine how these pollutants are distributed in the air, soil, and groundwater of each airport and its surrounding environment. Emissions from aircraft engines during the LTO cycle primarily pollute the environment around airports, which often includes residential areas and agricultural fields. The three international civil airports in Georgia (Tbilisi, Kutaisi, and Batumi) have different climatic conditions and environments. Therefore, after determining the emissions from aircraft engines, it is necessary to assess their distribution at each airport, considering prevailing winds, groundwater directions, and other local factors. Numerous studies have been conducted globally and in Georgia on this topic.

ICAO guidance documents state that air pollution from aviation emissions occurs during the standard take-off-landing cycle (LTO), which includes operations up to 3000 feet (915 meters) above the airfield surface. At higher altitudes, exhaust emissions do not affect the airport area.

The concentration and spatial distribution of harmful aircraft exhaust components in the air and on the airport territory depend largely on both local and global meteorological conditions. Wind direction and speed are particularly influential, while other factors, such as air temperature, humidity, and solar radiation, have a more complex and less pronounced impact.

According to ICAO, the standard take-off-landing cycle (LTO) of an aircraft includes the following stages: Taxi-out, Take-off, Climb, and Approach.

Fig. 1 presents the general flight stages of the aircraft as defined by ICAO, and Table 1 shows the characteristics of the operations performed by the aircraft and its engine operating modes in the airport area.

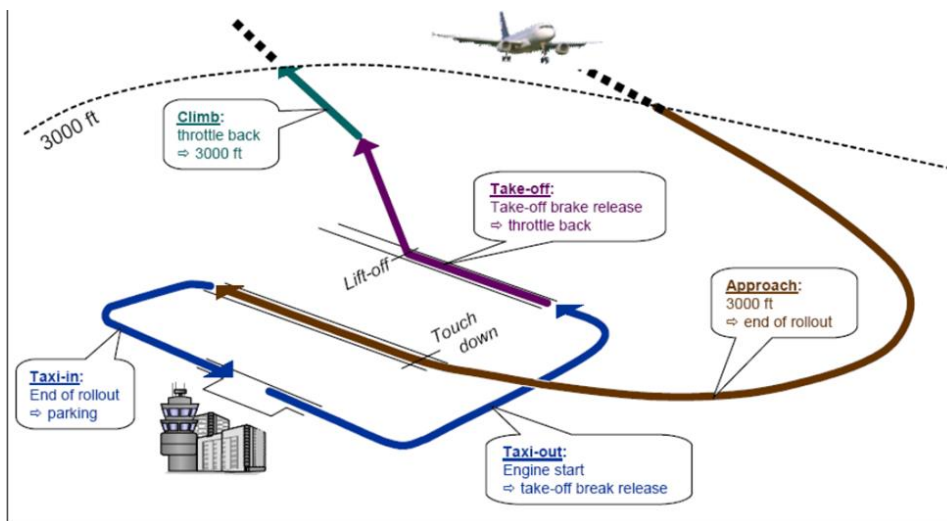


Fig. 1 General stages of aircraft flight

Operations performed by the aircraft and Characteristics of its engine operating modes

Exploitation Mode	Duration of Phase	Engine Power
Taxi-out	19 min	7%
Take-off	0,7 min	100%
Climb	2,2 min	85%
Approach	4,0 min	30%
Taxi-in	7 min	7%

Using the formulas and data provided in relevant ICAO documents, it is possible to calculate aviation emissions during the standard take-off and landing cycle operations in airport areas, given the types of aircraft operating, the types of engines, and the number of flights during the specified period.

The mass of pollutants generated by aircraft engines and released into the atmosphere depends on:

- Engine mode and operating time
- Emission index, which represents the rate of formation of the pollutant
- Operational mode corresponding to fuel consumption

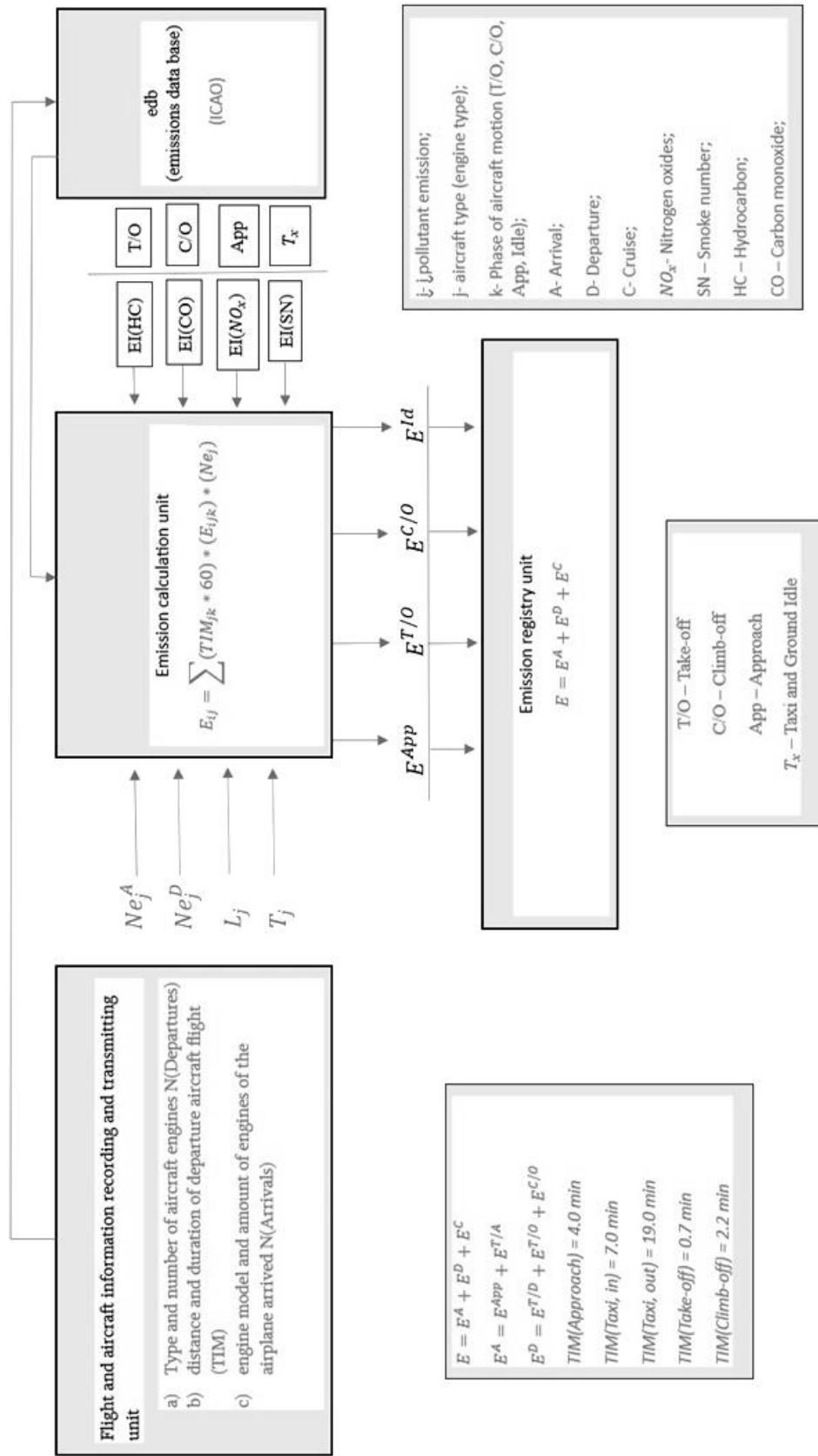


Fig. 2. Calculation scheme of the mass amount of harmful emissions

The ICAO guidance document outlines methodologies for evaluating aviation engine emissions. According to these guidelines, the amount of each pollutant emitted from the aircraft engine during standard take-off and landing cycle operations can be calculated using either a simple, improved, or detailed method.

The simple method calculates the mass M_i (in kg) of aircraft exhaust substances using the following formula:

$$M_i = \sum EI_{ij} \cdot G_j \cdot T_j$$

In contrast, the improved and detailed methods incorporate additional factors, such as meteorological conditions during flight, air pressure and temperature at take-off or landing, airport altitude above sea level, and detailed technical and operational data about the aircraft and its engine.

where i – denotes the pollutant number, j – denotes the engine operation mode number during the standard take-off-landing cycle, EI_{ij} – the emission index of the i -th pollutant for the engine during the j -th mode of operation, G_j – represents the amount of fuel consumed by the engine (kg/s) during mode j , T_j – the duration of engine operation during mode j .

In these calculations, the emission index EI is a crucial parameter, representing the quantity of each pollutant emitted per second per kilogram of fuel burned. The emission indices are specified for each type of certified engine and are provided in the relevant ICAO guidance documents [8].

Utilizing the ICAO database of air emissions for various aircraft engines, and employing the formula along with "Excel" spreadsheets, one can calculate both the individual and total mass of exhaust pollutants from aircraft engines at any airport for any operational period, given the flight schedule, number of flights performed (or to be performed), and types of aircraft and their engines.

Typically, such data are recorded in documents maintained by the relevant airport services. However, obtaining legal permissions to use these documents, retrieving and processing them, and performing calculations using specially developed software requires considerable time and resources. Therefore, it would be advantageous to develop an automated electronic device that, simultaneously with recording information about aircraft departures or arrivals, also receives coded data about these records and calculates the mass of exhaust pollutants during the corresponding stages of the standard take-off-landing cycle for the current flight (departure or arrival). This could be implemented according to the following scheme (fig.2).

The implementation of this scheme necessitates the integration of engineering and programming methods, which is feasible with current technological advancements.

Conclusion

The implementation of the automatic registration method for harmful substances emitted from aircraft engines will enhance the following parameters:

Increased Efficiency and Accuracy: The method will improve the efficiency of determining the mass of each harmful substance emitted from aircraft engines, as well as the accuracy of calculations over any specified period.

Enhanced Environmental Assessment: It will enable each airport to better determine the area and intensity of the spread of harmful substances and to conduct detailed ecological assessments for any given period using appropriate simulation techniques.

Improved Compliance with CORSIA: The method will facilitate the creation of optimal conditions for meeting the Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA) requirements by supporting the implementation of carbon emission reduction and compensation rules.

REFERENCES:

1. Travis M. Norton, Aircraft Greenhouse Gas Emissions during the Landing and Takeoff Cycle at Bay Area Airports, The University of San Francisco USF Scholarship, 2014.
2. ICAO Document 08_CORSA Eligible Emissions Units, 2022.
3. "Regulations for Reducing and Compensating Carbon Emissions in International Aviation," Order No. 235 of the Director of the Civil Aviation Agency, November 22, 2023.
4. Aydin Tokuslu. Calculation of Aircraft Emissions during Landing and Take-Off (LTO) Cycles at Batumi International Airport, Georgia. //International Journal of Environment and Geoinformatics 2021, 8(2), pp.186-192, ISSN: 2148-9173.
5. L. Bedenashvili. Assessment of the Environmental Impact of Airports in Georgia and Development of Mitigation Measures. Dissertation, Georgian University named after Saint Andrew the First-Called, Tbilisi, 2019.
6. R. Khachidze, K. Chokheli, A. Svianadze. Quantitative assessment of aviation emissions for international airport zones in Georgia. // International Scientific Journal, ISSN 1512-4916, Tbilisi, 2022.
7. „Airport Air Quality Manual“, Doc 9889, ICAO, 2020;
8. Emissions databank ICAO, Doc. 9646-AN/943.

რეზიუმე

თვითმფრინავის ძრავებიდან გამონაბოლქვი მავნე ნივთიერებების ავტომატური აღრიცხვის პრობლემები და გადაწყვეტილებები

ხაჩიძე რ.მ.

საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია სამოქალაქო ავიაციის თვითმფრინავების ძრავებიდან გამონაბოლქვი მავნე ნივთიერებების (ნახშირბადის ოქსიდების – CO/CO₂, დაუწვავი ნახშირწყალბადების – C_nH_m და აზოტის ოქსიდების – NO_x) ავტომატური აღრიცხვის პრობლემები და დასახულია მათი გადაჭრის გზები ICAO-ს მიერ რეკომენდებული მეთოდის გამოყენებით. დასმულია საკითხი ჰაერისა და აეროპორტების მიმდებარე გარემოს შესაბამისი დაბინძურებით გამოწვეული ეკოლოგიური საფრთხის შესწავლისა და შეფასების აუცილებლობის შესახებ და გამახვილებული ყურადღება საერთაშორისო ავიაციისათვის ნახშირწყალბადოვანი აირების შემცირებისა და კომპენსაციის სქემის (CORSA) მოთხოვნებზე და საქართველოს სამოქალაქო ავიაციის სააგენტოს ჩართულობაზე ამ პროცესში.

საკვანძო სიტყვები: აირების ემისია, ჰაერის დაბინძურება, სტანდარტული აფრენის ციკლი, ძრავის მუშაობის რეჟიმი, გამონაბოლქვი აირები, ემისიის ინდექსი.

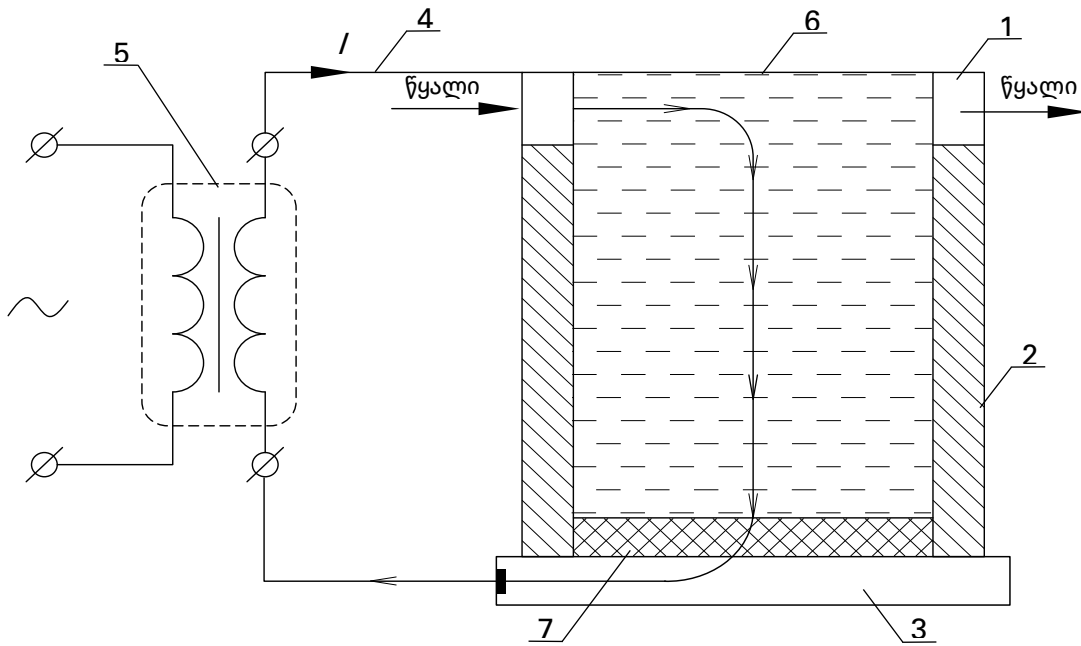
საყოფაცხოვრებო ნარჩენების განადგურების ელექტრონიკური გადადნობის კრისტალიზატორის სქემა და გადადნობისათვის საჭირო დენის გაანგარიშება

სილაგაძე ს.რ., ზივზივაძე ლ.ბ., კაკაურიძე ა.ჯ., შალამბერიძე მ.შ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

ლითონების ელექტრონიკური გადადნობის კრისტალიზატორის ახალი კონსტრუქციის შექმნას დღემდე არა ერთი გამოგონება და სამეცნიერო სტატია მიეძღვნა [1].

აღნიშნული კუთხით მნიშვნელოვანია ბოლო დროს აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტში შექმნილი სექციებიანი არადნობადი და დნობად ელექტროდებიანი ლითონების ელექტრონიკური გადადნობის კრისტალიზატორი [2]. ამ უკანასკნელის მიხედვით კრისტალიზატორის არადნობად ელექტროდებს შორის გამავალი დენი ინარჩუნებს წიდას თხევად მდგომარეობაში; წიდას გადახურება კი ხდება ელექტროდსა და თხევად წიდას შორის გამავალი დენით. გადასადნობი ლითონისგან დამზადებული დნობადი ელექტროდის დნობით მიიღება ე.წ. გაუმჯობესებული ხარისხის ლითონი.



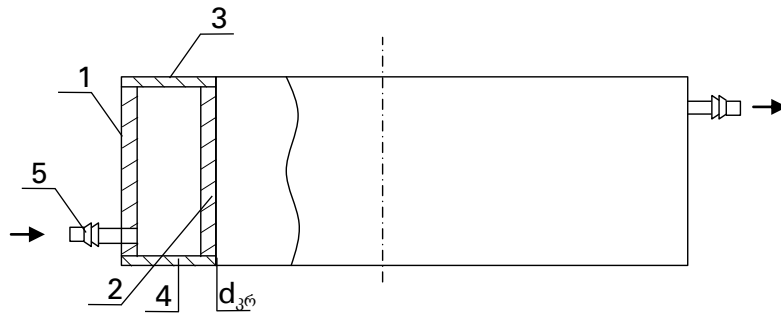
ნახ.1. სექციებიანი არადნობადელექტროდიანი კრისტალიზატორის კონსტრუქციული სქემა.

- 1 – ზედა არადნობადი ელექტროდი; 2 – შუა სექცია; 3 – ქვედა არადნობადი ელექტროდი;
- 4 – დენმიმცვანი; 5 – დენის წყარო; 6 – გამდნარი წიდა; 7 – ნახშირის რგოლი.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია სქემა დნობადი ელექტროდის გარეშე, კრისტალიზატორი შეიძლება წარმატებით იქნას გამოყენებული სხვადასხვა ტექნოლოგიური და საყოფაცხოვრებო ნარჩენების გადადნობისა და განადგურებისათვის (ნახ.1). მაგალითად, შეიძლება გამოყენებულ იქნას სამედიცინო ნარჩენების გასანადგურებლადაც, რადგანაც მარტივდება და მოხერხებული ხდება გადასადნობი არალითონური ნარჩენების მიწოდება კრისტალიზატორის დნობადი ელექტროდისაგან გათავისუფლებულ სივრცეში.

ზედა არადნობადი ელექტროდი (1) მზადდება სპილენძისაგან და გრილდება წყლით. ამასთანავე, ზედა არადნობადი ელექტროდი წარმოადგენს წყლით გაგრილების კედლებიან

ცილინდრს, რომლის შიგა დიამეტრი უდრის კრისტალიზატორის თხევადი წიდით ავსებული სივრცის დიამეტრს (ნახ. 2).



ნახ.2. ზედა არადნობადი ელექტროდის კონსტრუქციული სქემა.

1,2 – გარე და შიგა ცილინდრები; 3,4 – ზედა და ქვედა რგოლები;
5 – გადამყვანი / ბუნიკი

ქვედა ელექტროდი ამავე დროს, ასრულებს კრისტალიზატორის ძირის ფუნქციას.

ცილინდრი ე.წ. კრისტალიზატორის შუა სექცია, დამზადებულია ცეცხლგამძლე მასალისგან. მისი გახურება შესაძლებელია 1200 – 1500 °C -მდე. მას აღნიშნულ ტემპურატურაზე შეუძლია შეინარჩუნოს ფორმა და იმავე ტემპურატურაზე, გაცხელებულ მდგომარეობაში შეინარჩუნოს გამდნარი წიდა.

წარმოდგენილი კონსტრუქციის კრისტალიზატორში, წიდაში I -დენის გავლით გამოყოფილი სითბო ხმარდება გადასადნობი არალითონური მასალის წვისა და გადადნობის პროცესს და ამავე დროს არადნობადი ელექტროდების წყლით გაგრილებით გამოწვეულ დანაკარგების დაფარვას.

კრისტალიზატორი მოსახერხებელია ნაკლები დანაკარგების გამო, სწორედ აღნიშნულის მიღწევა იყო მნიშვნელოვანი ჩვენეული კრისტალიზატორის შექმნის გზაზე და მივალწიეთ არადნობადი ელექტროდებიანი თხევადი წიდის შეხების ფართის მინიმალურობას.

ქვედა არადნობადი ელექტროდის წყლით გაგრილებადი ნაწილის წიდასთან შეხების ფართის შემცირების მიზნით მთლიანი ლითონის ძირის ნაცვლად შეიძლება გამოყენებულ იქნას მაღალი ტემპურატურის გამძლე კერამიკული რგოლი ან ნახშირის ცილინდრი.

არადნობადელექტროდებიან კრისტალიზატორში არალითონური მასალების გადადნობის პროცესი მიმდინარეობს შემდეგნაირად. წიდასადნობ ელექტრორკალურ ღუმელში გამდნარ წიდას ასხამენ კრისტალიზატორში. დენის წყაროს (5) აერთებენ ელექტრული ენერჯიის ქსელთან; წიდაში გაივლის დენი და ინარჩუნებს მას გამდნარ მდგომარეობაში. წიდის საჭირო ტემპურატურის მისაღწევად ახდენენ მასზე CaO-ს დამატებას. იგი ზრდის გამდნარი წიდის ელექტრულ წინაღობას (R) და ამის ხარჯზე იზრდება მასში I დენის გავლის შედეგად გამოყოფილი ე.წ. ჯოულის სითბოს რაოდენობა. შესაბამისად იზრდება წიდის ტემპურატურა (T °C).

$$Q = KI^2 Rt \quad (1)$$

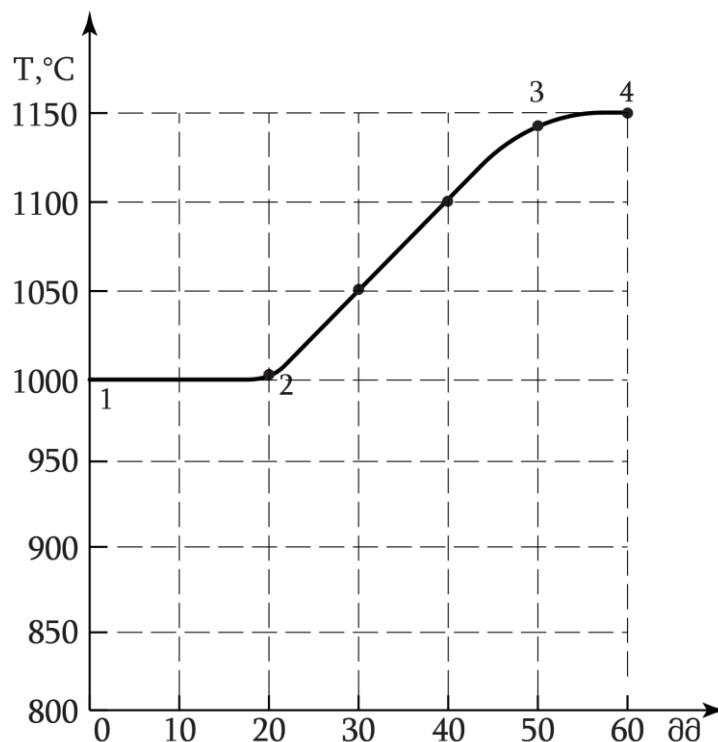
t – წიდაში დენის გავლის ხანგრძლივობა; K – პროპორციულობის კოეფიციენტი.

თავიდან გამდნარ CaF_2 -ს (ე.წ. მინდვრის შპატს) ემატება CaO და კრისტალიზატორი შევსებული რჩება ორკომპონენტიანი წიდით: $CaF_2 + CaO$. მათი პროცენტული შემადგენლობა დამოკიდებულია კრისტალიზატორში გადადნობის პროცესისათვის საჭირო ტემპურატურაზე [3].

ტემპერატურის ცვლილებას წიდის აბაზანის მოცულობაში განსაზღვრავს მასში არსებული ელექტრული ველი ე.ი. დენის გავლის გზა.

არადნობად ელექტროდებიან კრისტალიზატორში ელექტრული ველის კვლევამ აჩვენა, რომ წიდაში დენი ძირითადად გადის კედელთან ახლოს, აქვე ხდება სითბოს ინტენსიური გამოყოფა [4], ხოლო წიდის მოცულობის ღერძის მახლობლობაში ტემპერატურა განპირობებულია ძირითადად თბოგამტარობით, კონვექციით, რაც დაკავშირებულია წიდის გადაადგილებასთან და საჭირო ურთიერთშერევასთან მოქმედი ელექტროდინამიკური ძალების შედეგად [4].

ყოველივე აღნიშნული დასტურდება წიდის აბაზანის ზედაპირზე ტემპერატურის გაზომვებით, რომლის შედეგები მოცემულია ნახ. 3-ზე.



ნახ.3 ტემპერატურის ცვლილება წიდის ზედაპირზე, კრისტალიზატორის ღერძიდან კედლისაკენ დაშორებისას

საიდანაც ჩანს, რომ კრისტალიზატორის ცენტრალურ ნაწილში, ღერძის მახლობლობაში არსებულ წიდაში გამავალი დენით შექმნილი ელექტრული ველის პოტენციალთა მნიშვნელობები უფრო მცირე სიდიდისაა (მონაკვეთი 1–2), ვიდრე კრისტალიზატორის კედლის მახლობლობაში (მონაკვეთი 3–4). რაც იმაზე მიუთითებს, რომ წიდაში გამავალი დენის სიმკვრივე კრისტალიზატორის ცენტრალურ ნაწილში დაბალია, ვიდრე კრისტალიზატორის კედლის მახლობლობაში. თუმცა არალითონური მასალების კრისტალიზატორში გადადნობის ხანგრძლივ პროცესში, თბოგამტარობით ტემპერატურის გათანაბრებას აქვს ადგილი და ერთნაირი ტემპერატურა მყარდება კრისტალიზატორის ცენტრალურ ნაწილში, კედლის მახლობლობაში. აღნიშნულის გათვალისწინებით ტემპერატურის გაზომვა მისი რეალური მნიშვნელობის დადგენისათვის, შესაძლებელია წიდის ზედაპირის ნებისმიერ წერტილში. წიდის ტემპერატურის სიდიდე T საჭიროა ვიცოდეთ მასში დენის გავლით გამოყოფილი სითბოს განსაზღვრისათვის. წიდის სითბოტევადობის c და მასის m სიდიდეების მიხედვით, წიდაში გამოყოფილი სითბო Q_f გამოითვლება გამოსახულებით.

$$Q = cm(T_2 - T_1) \quad (2)$$

აქ T_1 – გადადნობამდე წილის ტემპერატურაა, ხოლო T_2 – დამყარებული რეჟიმის დროს თხევადი წილის ტემპერატურაა. სიმცირის გამო T_1 შეიძლება უგულვებელყოთ, ამ შემთხვევაშიც კი (2) გამოსახულებით წილაში დენის გავლით გამოყოფილი სითბოს გაანგარიშების სიზუსტე, როგორც ჩვენმა კვლევებმა აჩვენა, მაღალია [4,5].

ჩვენს მიერ გამოსახულება (2) წარმოდგენილი იყო შემდეგი სახით [4,6]:

$$Q_{\varphi} = k\pi(d_3)^2 / 4 \cdot h_{\varphi} \cdot c_{\varphi} \cdot \gamma_{\varphi} \cdot T_{\text{დნ}} \quad (3)$$

თუ გადასადნობი წილის შემადგენლობა: 50% ($\text{CaF}_2 + 20\% \text{CaO} + 30\% \text{Al}_2\text{O}_3$), გამოსახულებაში შემავალი პარამეტრები, ჩვენი კვლევების მიხედვით შეიძლება შერჩეული იქნას შემდეგი სიდიდეების სახით:

- კრისტალიზატორის ფორმის კოეფიციენტი $k=0,6$
- კრისტალიზატორის შიგა დიამეტრი: $d_3 = 0,178$ მ;
- წილის აბაზანის სიმაღლე: $h_{\varphi} = 0,25$ მ;
- წილის სითბოტევადობა თხევად მდგომარეობაში: $c_{\varphi} = 0,78$ კჯ/კგ °K;
- თხევადი წილის სიმკვრივე: $\gamma_{\varphi} = 2700$ კგ/მ³; 6
- წილის აბაზანის ტემპერატურა: $T_{\text{დნ}} = 1276$ °K

ამ მონაცემების მიხედვით წილის აბაზანაში დროის ერთეულში გამოყოფილი სითბო

$$Q_{\varphi} = \frac{0,6 \cdot \pi (0,178)^2}{4} \cdot 0,25 \cdot 0,78 \cdot 2700 \cdot 1273 \approx 10311,3 \text{ კჯ}$$

ამავე დროს, 1273°K ტემპერატურამდე გაცხელებულ წილის წინაღობა შეადგენს $T_{\varphi} = 3 \cdot 10^{-3}$ ომი გადადნობისათვის საჭირო დენი:

$$I = \sqrt{\frac{10311,3}{0,24 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}} \approx 3,78 \text{ კა}$$

არალითონური მასალების, ჩვენს მიერ შემოთავაზებულ კრისტალიზატორში, $T=1273^{\circ}\text{K}$ ტემპერატურამდე გაცხელებული გადასადნობი თხევადი წილის მისაღებად საჭიროა $I=3,78$ კა. იგი დაახლოებით 2 კა-ით ნაკლებია ვიდრე წყლით გაგრილების შუა სექციის მქონე კრისტალიზატორის შემთხვევაში [4].

ამრიგად, როცა კრისტალიზატორის ზედა არადნობადი ელექტროდი დამზადებულია სპილენძისაგან, რომელიც გრილდება წყლით და ქვედა არადნობადი ელექტროდი კი წარმოადგენს კრისტალიზატორის წყლით გაგრილების სპილენძის ძირზე მოთავსებულ ნახშირისაგან დამზადებულ ცილინდრს. ხოლო, კრისტალიზატორის შუა სექცია მთლიანად დამზადებულია ტემპერატურის გამძლე კერამიკული მასალისაგან, მაშინ წილის გადადნობისათვის საჭირო დენი მნიშვნელოვნად მცირდება, რაც გამოწვეულია გადადნობის პროცესში თბური დანაკარგების შემცირებით და დაკავშირებულია შემოთავაზებული კრისტალიზატორის მ.ქ.კ.-ის გაზრდასთან.

ლიტერატურა

1. Электрошлаковый переплав. Материалы IV международного симпозиума по процессам электрошлакового переплава (Токио Япония). -Киев, Наука думка, 1975, 373 с.
2. მარლენ შალამბერიძე, აკაკი კაკაურიძე, თამარ ცქიფურიშვილი, თედორე ფხაკაძე. პატენტი #P20197044B. "არადნობად ელექტროდებიანი კრისტალიზატორი ლითონების ელექტროწიღური გადამდნობისათვის".
3. Б.И. Медовор, В.Л. Шевцов, Г.С. Маравский и др. Тепловые процессы при электрошлаковом переплаве /Под ред. Б.И.Медовара. -Киев: Наукова думка, 1978, 304 с.
4. სილაგაძე ს.რ., ზივზივაძე ლ.ბ., შალამბერიძე მ.შ. უძრავი კრისტალიზატორის სქემით ლითონების ელექტროწიღური გადამდნობისას საჭირო დენის გაანგარიშება. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი N1 (97), 2023, გვ.59-66.
5. Б.В.Орлов, А.А.Чакалев, Ю.В. Вмитриев и др. Технология и оборудование контактной сварки. – Москва, Машиностроение, 1986, 352 с.
6. სილაგაძე ს.რ., ზივზივაძე ლ.ბ., შალამბერიძე მ.შ. ლითონების ელექტროწიღური გადამდნობისას ელექტროდის გახურებაზე დანარჩული სითბოს განსაზღვრა. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, N2 (96), 2022, გვ.60-66.

SUMMARY

AN ELECTRO-SLAG REMELTING CRYSTALLIZER FOR THE DESTRUCTION OF HOUSEHOLD WASTES

Silagadze S.R., Zivzivadze L.B., Kakauridze A.J. and Shalamberidze M.Sh.

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

A new design of the crystallizer for electro-slag remelting of non-metallic materials was created, with which, compared to traditional crystallizers, heat losses can be reduced. To do this, it has a water-cooled upper non-consumable electrode having reduced contact with the slag bath and a lower electrode with a carbon cylinder integrated with the water-cooled bottom. Between them, there is a middle section made of high-temperature-resistant ceramic material.

Keywords: slag, electro-slag facing, unfusible electrode, crystallizer, Non-metallic inclusions.

გოგორათვლების დადუღებული ქიმების ცვეთის მოდელირება

ყიფიანი ჰ.ნ., გერაძე ჰ.ი., მინდაძე ს.ო., თიგიშვილი დ.რ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

გაცვეთილი დეტალების გეომეტრიული ზომების აღდგენა და ზედაპირისათვის საჭირო თვისებების მინიჭება უმრავლეს შემთხვევაში დადუღებით ხდება. დადუღების ხერხის შერჩევა ხდება იმ მოთხოვნების მიხედვით, რომლებიც წაყენება დადუღებული ლითონის ხარისხს, ექსპლუატაციის პერიოდში დატვირთვის ხასიათს, მწარმოებლურობას და აღდგენის ღირებულებას.

სატვირთო ვაგონების და ამწეების გოგორათვლები ექსპლუატაციის პერიოდში მნიშვნელოვან ცვეთას განიცდიან (2 მმ და მეტი) ხახუნის, აბრაზიული ცვეთის და დინამიკური დატვირთვის გამო. და მათი აღდგენა უმრავლეს შემთხვევაში შედუღების რკალური მეთოდებით ხდება.

ზემოაღნიშნული მოთხოვნების ანალიზმა და ამ მიმართულებით ჩატარებულმა სამუშაოებმა [1] გვაჩვენა, რომ საუკეთესო შედეგს იძლევა ფლუსის საფარში რკალური შედუღების ხერხის გამოყენება.

წინამდებარე ნაშრომში გამოკვლეულია გოგორათვლის და რელსის ზედაპირზე დადუღებული ლითონის ცვეთის მექანიზმის თავისებურებანი და სხვადასხვა საშემდუღებლო მასალათა შედარებითი ანალიზი.

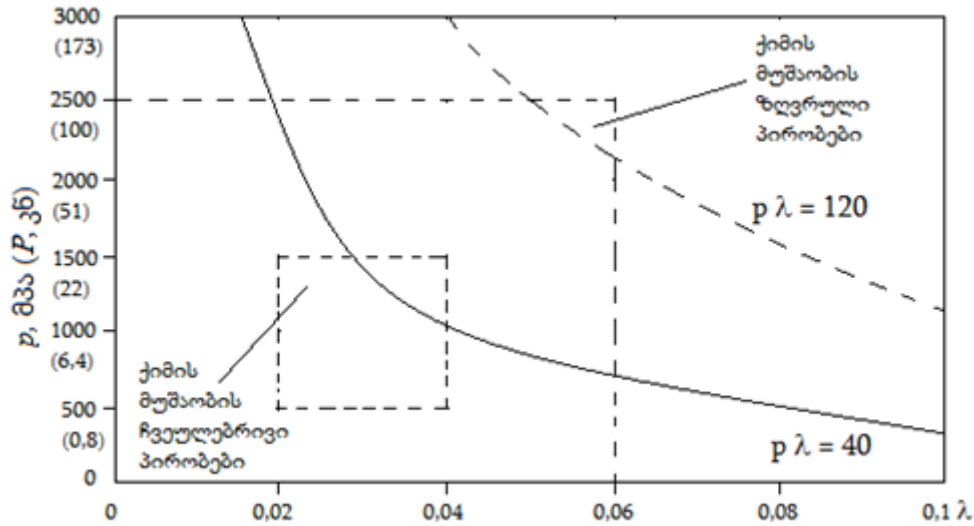
სატვირთო ვაგონების გოგორათვლებს ექსპლუატაცია უხდებათ უფრო რთულ პირობებში, ვიდრე ამწის გოგორათვლებს. თუ გავითვალისწინებთ იმ ფაქტორს, რომ ზოგიერთი ამწის გოგორათვლები დამზადებულია იგივე ფოლადისაგან, რომლისგანაც მზადდება სატვირთო ვაგონის გოგორათვლები, მაშინ შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ ჩატარებული კვლევების შედეგად მიღებული მონაცემები სამართლიანი იქნება ამწის გოგორათვლებისათვისაც.

შედეგის მისაღწევად შესაძლებელია ჩატარებული იქნას მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტი, რაც დიდ მატერიალურ და დროის დანახარჯებთანაა დაკავშირებული. თუმცა შეიძლება მოდელირების მეთოდის გამოყენება. ამ მიმართულებით გარკვეული სამუშაოები ჩატარებული იქნა სატვირთო ვაგონის გოგორათვლებზე [1]. ნაშრომებში [2-4] ნაჩვენებია, რომ გორგოლაჭებზე მოდელირებისას შეიძლება იმიტირებული იქნას ცვეთის ის ტიპები, რომლებიც არსებობს ექსპლუატაციისას, და დასაბუთებულია ფიზიკური მოდელირების შედეგების გავრცობა თვლის ქიმის და რელსის გვერდითი ზედაპირის წყვილზე. გორგოლაჭების ცვეთის მოდელირების სქემის შერჩევისას ხდებოდა „თვლის ქიმი-რელსის გვერდითი ზედაპირის“ წყვილების მუშაობის რეალური პირობების განმეორება, განსაკუთრებით გზის არაპირდაპირ მონაკვეთებზე მოძრაობისას.

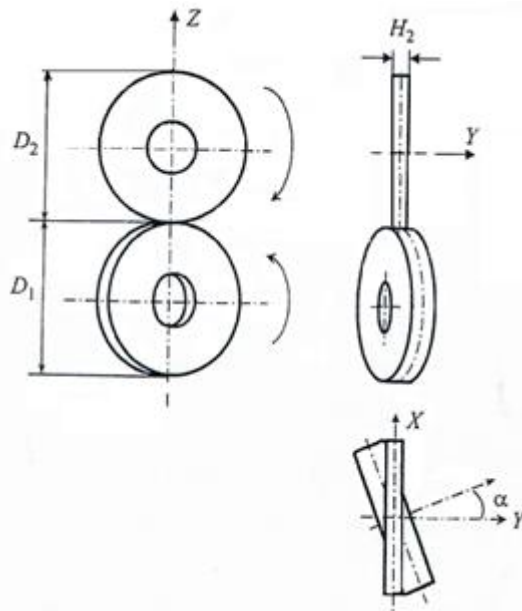
დრეკადი ურთიერთქმედებისას თვლის ქიმის საკონტაქტო ზედაპირზე წნევა p , თეორიული შეფასების მიხედვით, შეიძლება 3000 მპა-ს აღემატებოდეს [7], ანუ უახლოვდება თვლის სისაღეს. მაგრამ რეალურად, როგორც ჩანს მასალის პლასტიკური დინების გამო, წნევა აღწევს არა უმეტეს 2000–2500 მპა-ს. ფარდობით გასრიალებათა სიდიდეები λ თვლის ქიმზე, თანახმად ნაშრომში [5] მოყვანილი შეფასებებისა, 200 მ რადიუსის გზის მონაკვეთებზეც კი არ აღემატება 6%-ს ($\lambda=0,06$). ნაშრომში [8], ნაჩვენებია იყო, რომ ცვეთის სახე, ძირითადად, განისაზღვრება p და λ სიდიდეების ნამრავლით. ნახ.1-ზე ნაჩვენებია დიაგრამები $p\lambda$ კოორდინატებში. როცა $p\lambda > 120$ მპა-ზე შეინიშნებოდა ცვეთის კატასტროფული, ხოლო $p\lambda < 40$ მპა-სას – ინტენსიური ტიპი. 40 მპა-დან 120 მპა-მდე დიაპაზონში შესაძლებელია ადგილი ჰქონდეს ცვეთის მძიმე ტიპს, რომლის დროსაც ცვეთის წონითი ინტენსივობა მცირდება $p\lambda$ -ს ზრდისას [8]. ნახ.1-ზე ნაჩვენებია ქიმზე მუშა და ზღვრული წნევებისა და გასრიალებების

არეები. $p\lambda$ სიდიდე შეიძლება იცვლებოდეს 0-დან 150 მპა-მდე, თუმცა ქიმის ცვეთის კვლევისას ყველაზე დიდ ინტერესს წარმოადგენს 10 მპა-დან 60 მპა-მდე დიაპაზონი.

გამოსაკვლავი შეუღლების მუშაობის მოდელირება ტარდებოდა სტენდზე, რომლის საშუალებით შეიძლებოდა განივი გასრიალების იმიტირება (ნახ.2). თვლის ქიმისა და რელსის გვერდითი ზედაპირის მოდელირებისათვის განივი და არა გრძივი გასრიალების მქონე გორგოლაჭების სქემის შერჩევა დასაბუთებული იყო [9] ნაშრომში.



ნახ.1. წნევის p და ნორმალური ძალის P დამოკიდებულება λ გასრიალებაზე „თვალი-რელსი“ წყვილისათვის



ნახ.2. ცვეთაზე გამოცდის სქემა განივი გასრიალებით

დადუღებული ლითონის კვლევა ტარდებოდა გორგოლაჭებზე, რომლებიც შემდეგ ნაირად იყო დამზადებული. 35 მმ დიამეტრისა და 200 მმ სიგრძის ცილინდრულ ნამზადზე, რომელიც გამოჩარხული იყო ვაგონის თვლის ფერსოდან და მასზე ხდებოდა არგონში 4 – 5 მმ სისქის ლითონის შრის დადუღება. მისართ მასალად გამოიყენებოდა სარკინიგზო შემადგენლობის თვლების ქიმების დადუღებისათვის გამოყენებული საშემდუღებლო

მავთულები. შემდგომში C8-08F2C მავთულით დადუღებული ნიმუშები აღნიშნული იქნება ასოთი „F“, C8-08XM მავთულით – „X“, C8-08XF2CMΦ მავთულით – „C“. დამზადებული ნამზადებისა და ვაგონის თვლების ფერსოებისაგან დამზადდა 40 მმ დიამეტრისა და 10 მმ სისქის გორგოლაჭები ცვეთაზე გამოსაცდელად. დადუღებული ფენის სისქე მექანიკური დამუშავების შემდეგ იყო 2,5 მმ.

ხახუნის წყვილის მეორე ელემენტად გამოიყენებოდა 40 მმ დიამეტრისა და 3 მმ სისქის კონტრგორგოლაჭები სტანდარტული ქიმიური შედგენილობის სარელსო ფოლადისაგან სისალით 35 HRC. გორგოლაჭები სარელსო ფოლადისაგან და დასადუღებელი თვლის ფოლადის ნამზადები გამოჭრილი იყო, შესაბამისად, რელსებისა და თვლების ერთი პარტიისაგან. სარელსო და თვლის ფოლადების ქიმიური შედგენილობა, რომლებისგანაც დამზადდა გამოსაკვლევი გორგოლაჭები, და გორგოლაჭების ზედაპირზე დადუღებული ლითონის შედგენილობა მოყვანილია ცხრილში.

გამოსაკვლევი ფოლადების ქიმიური შედგენილობა (%)

გამოსაკვლევი მასალა	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Ca	Ni	S	P
რელსის ფოლადი	0,75	0,22	1,05	–	–	–	–	–	0,023	0,027
თვლის ფოლადი	0,62	0,29	0,63	–	–	–	–	–	0,021	0,023
F	0,069	0,58	1,53	0,1	–	–	–	0,15	0,016	0,01
X	0,07	0,28	0,48	1,1	0,58	–	–	0,21	0,11	0,012
C	0,06	0,32	1,31	1,03	0,58	0,26	0,001	0,17	0,016	0,015

λ განივი გასრიალების სიდიდეები, გამოყენებული ექსპერიმენტების ჩატარების პერიოდში, გორგოლაჭების ღერძების დაყენებისას შესაბამისი კუთხით ერთმანეთის მიმართ, შერჩეული იქნა 0,025 და 0,05 ტოლად. დატვირთვა გორგოლაჭებზე გადაეცემოდა მექანიკური ბერკეტის საშუალებით, რომელზეც დაკიდებული იყო ჭოკი ტვირთით. p კონტაქტში მაქსიმალური წნევა შეადგენდა 800, 1130 და 1590 მპა-ს გასრიალებისას 0,025. pλ სიდიდეები ამ დროს 28, 40, 56 და 80 მპა-ს ტოლი იყო. გამოცდის პროცესში გორგოლაჭების ჯამური წონითი ცვეთა ი ფიქსირდებოდა გრამებში.

მოცემულ გორგოლაჭებზე მიღებული შედეგების შესადარებლად და მათ გადასატანად სხვა გორგოლაჭებსა ან თვალი-რელსი წყვილზე, მოსახერხებელია დაყვანილი სიდიდეების გამოყენება. გაზომვის შედეგების ანალიზისას აღმოჩნდა, რომ უფრო მოსახერხებელია განვიხილოთ არა წონითი ცვეთა, არამედ ცვეთის ინტენსივობა I , რადგან ცვეთის ცვლილების ხასიათი გორგოლაჭების I სიდიდის ბრუნთა რიცხვზე დამოკიდებულების მრუდზე უფრო მკაფიოდ ჩანს.

[6] ნაშრომის მიხედვით, შეიძლება გამოვყოთ ცვეთის ოთხი ეტაპი: ცვეთის დაწყება (ზედაპირული აფსკების გაცვეთა); ზედაპირების მიმუშავება; მინიმალური ინტენსივობის ცვეთა; კვაზიდამყარებული ცვეთა. ამიტომ საჭიროა, რომ I სიდიდის გორგოლაჭების ბრუნთა რიცხვზე მიღებული დამოკიდებულებები დახასიათდეს სამი პარამეტრით:

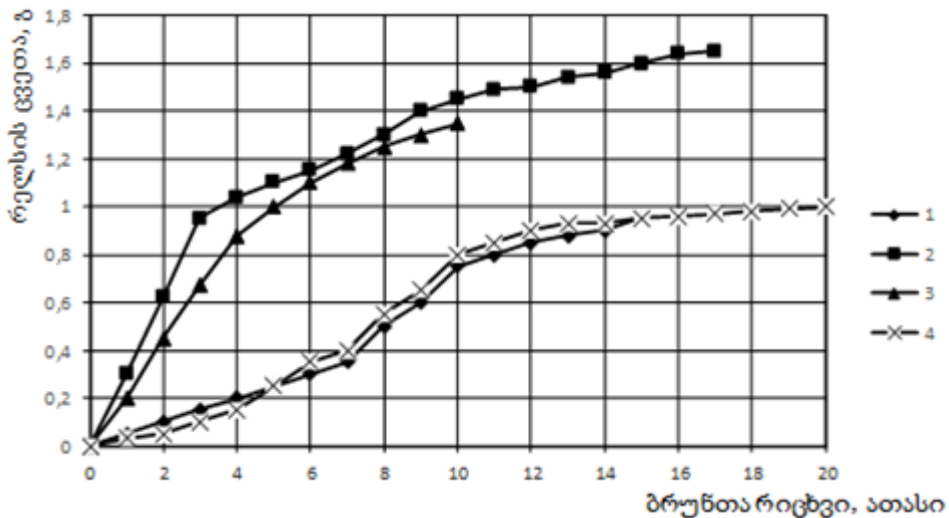
1. N – ცვეთის დაწყების ეტაპზე ბრუნთა რიცხვი; ახასიათებს მასალის ზედაპირული შრეების მდგრადობას გარე ზემოქმედების ცვლილების მიმართ. რაც მეტია N, მით უფრო ნაკლებია იმის ალბათობა, რომ ხანმოკლე დატვირთვა თვლის ქიმზე გამოიწვევს ნახტომს ცვეთის ინტენსივობაში.

2 I_{max} – ცვეთის მაქსიმალური ინტენსივობა; შეინიშნება მიმუშავების ეტაპზე და ახასიათებს მასალის ცვეთას ძლიერი ცვალებადი დატვირთვის პირობებში, როდესაც ზედაპირული შრეების ფორმირება არ არის მზად დატვირთვის ცვლილების მომენტში.

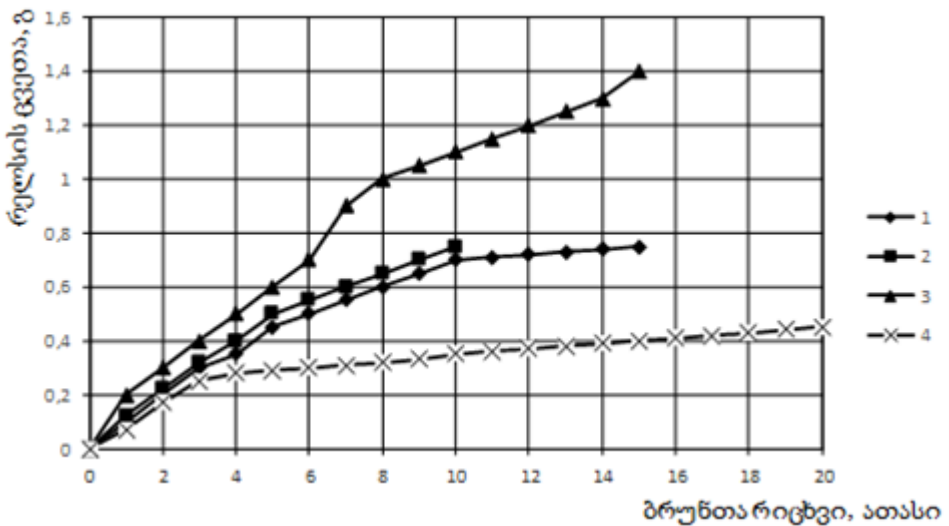
3. I_{min} – ცვეთის მინიმალური ინტენსივობა; შეინიშნება ცვეთის მესამე ეტაპზე და ახასიათებს მასალის ცვეთას მისი მუშაობისას დატვირთვის მუდმივი პირობების დროს და საბოლოოდ ფორმირებული ზედაპირული შრეებისას.

I_{max}/I_{min} თანაფარდობა ახასიათებს ზედაპირული შრეების ფორმირების სიჩქარეს. თუ ის ახლოსაა 1-თან, მაშინ ზედაპირულმა შრეებმა ან უკვე მოასწრეს ფორმირება ცვეთის დაწყების ეტაპზე, ან საერთოდ ვერ უსწრება მათი ფორმირება ცვეთის დიდი ინტენსივობის გამო (კატასტროფული ცვეთის შემთხვევაში, რომელიც მოცემულ კვლევაში შემჩნეული არ იყო).

ნახ.3-ზე მოყვანილია გოგორათვლის ფოლადისგან დამზადებული გორგოლაჭებისა და სარელსო ფოლადისგან დამზადებული კონტრგორგოლაჭების წონითი ცვეთის ბრუნთა რიცხვზე დამოკიდებულებები 0,05 ფარდობითი გასრიალებისა და 1590 მპა წნევისას.



ა



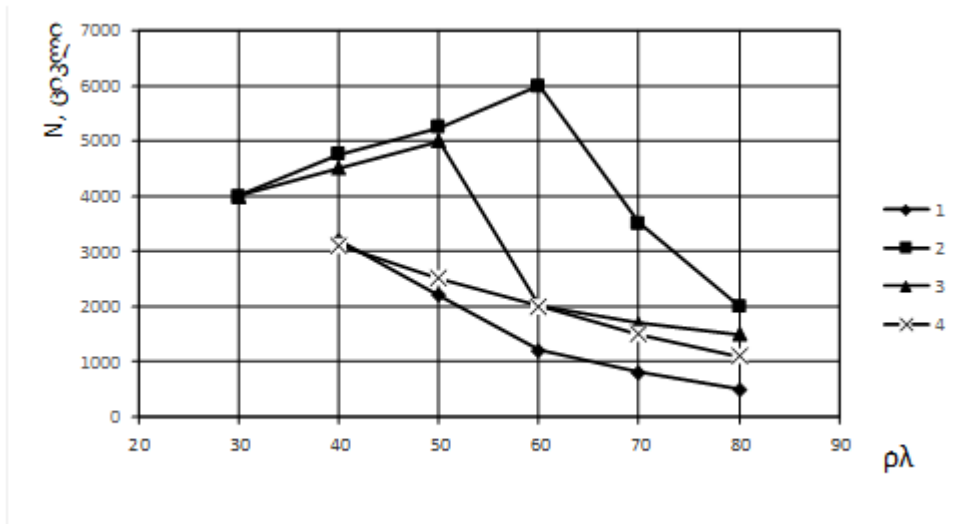
ბ

ნახ.3. გოგორათვლისა (ა) და სარელსო (ბ) ფოლადებისაგან დამზადებული გორგოლაჭების ცვეთის ბრუნთა რიცხვზე დამოკიდებულება: 1 - თვლის (ა) და სარელსო (ბ) ფოლადები; 2-4 – შესაბამისად, Г,Х,С დაღუღებული ნიმუშები.

მიმუშავებისა და მინიმალური ინტენსივობის ცვეთის ეტაპებზე შეგროვილი ქერცლი მკვეთრად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. მიმუშავების ეტაპზე ეს არის დიდი ზომის (დიამეტრით 1000 მკმ-ზე მეტი) ბრჭყვიალა ფანტელები სისქით 20 – 25 მკმ. მინიმალური

ინტენსივობის ცვეთის ეტაპებზე ეს არის შავი ფხვნილი ქერცლის ზომით 100 – 200 მკმ და სისქით 10 მკმ. დადუღებული ფენის ცვეთის ნაწილაკები უფრო შავია, ვიდრე თვლის ფოლადისა. უნდა აღინიშნოს, რომ მძიმე დატვირთვის რეჟიმებისას X და C ნიმუშების დადუღებულ ზედაპირებზე შეინიშნებოდა ოქსიდების აფსკები, ამასთან ზედაპირი უფრო გლუვი იყო, ვიდრე თვლის ფოლადის გორგოლაჭებისა და Γ ნიმუშებისა. შესაძლებელია, რომ ამ აფსკის არსებობა მოქმედებს ხახუნის კოეფიციენტზე.

ცვეთის დაწყებამდე N ციკლების რაოდენობის დამოკიდებულება $\rho\lambda$ ნამრავლზე, რომელიც ახასიათებს დატვირთვის ხარისხს, მოყვანილია ნახ.4-ზე.



ნახ.4. ცვეთის დაწყებამდე N ციკლების რაოდენობის დამოკიდებულება $\rho\lambda$ ნამრავლზე:
1-4 – იგივე, რაც ნახ.3,ა-ზე

ნახ.5-ზე წარმოდგენილია გორგოლაჭების I_{max} და I_{min} ჯამური ცვეთის დამოკიდებულებები $\rho\lambda$ ნამრავლზე. უფრო მდგრადი მახასიათებლების მისაღებად აღებული იყო გორგოლაჭისა და კონტრგორგოლაჭის ჯამური ცვეთის ინტენსივობები.

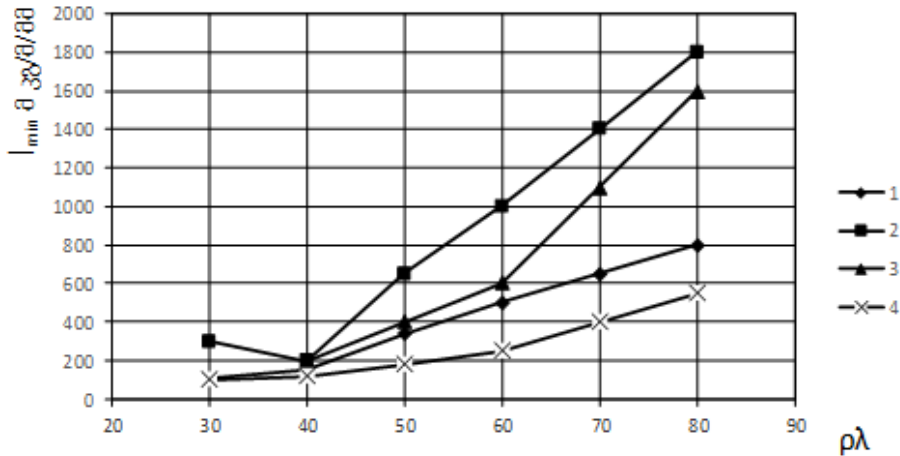
თუ კი ვიმსჯელებთ თვლის გორგოლაჭების წონითი ცვეთის გრაფიკების მიხედვით, 5% გასრიალებისა და 1590 მპა წნევისას (ნახ.3), Γ ლითონი უმნიშვნელოდ განსხვავდება X ლითონისაგან (08XM). მაგრამ მისი წრფივი ცვეთა აღემატებოდა დანარჩენი ნიმუშების წრფივ ცვეთას, რამაც გამოიწვია ექსპერიმენტის შეწყვეტის აუცილებლობა. ამასთან შეინიშნებოდა მასალის ძლიერი პლასტიკური გამოდევნა კონტაქტის არიდან, ეს კი, ექსპლუატაციის პირობებში, იწვევს სავაგონო თვლების ქიმების სპეციფიკურ დეფექტს – ქიმის წვეტის წარმოქმნას.

სწორედ Γ ლითონის ამადლებული პლასტიკურობის გამო N რიცხვი მისთვის უფრო დიდია, ვიდრე სხვა დადუღებული ლითონებისა. 35 HRC სისალის მქონე სარელსო გორგოლაჭის Γ ლითონთან კონტაქტირებისას (ნახ.3,ბ) საკმაოდ დაბალი ცვეთის ინტენსივობა აიხსნება მათი სისაღების დიდი სხვაობით.

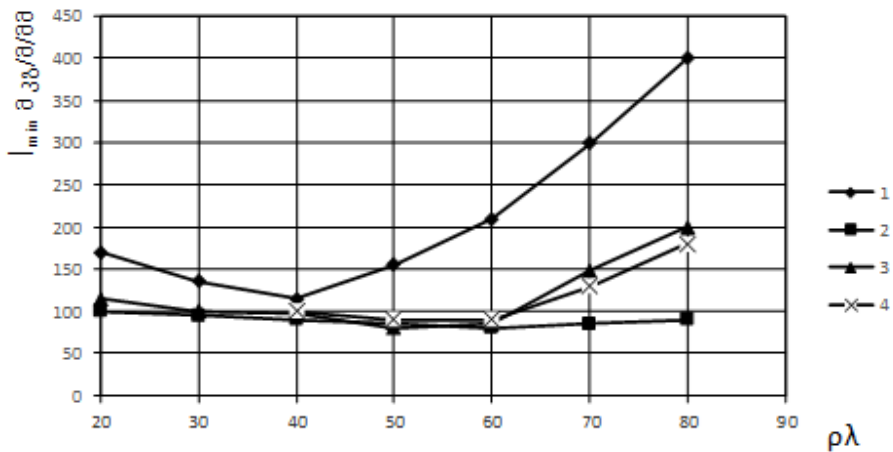
ამრიგად, X და C დადუღებული ლითონის სისაღე უმნიშვნელოდ აღემატება თვლის ფოლადის სისაღეს. მაგრამ, შეინიშნება მათი ტრიბოლოგიური თვისებების გარკვეული სხვაობა, რაც გამოწვეულია, როგორც ჩანს, მათი მიკროსტრუქტურების განსხვავებით. X და C მასალების I_{min} ცვეთის ინტენსივობები ახლოა $\rho\lambda = 60$ სიდიდემდე (ნახ.5,ბ). იგივე შეიძლება ითქვას მიკროსისაღეზე ზედაპირის მახლობლად.

ნახ.5,ა და ნახ.5,ბ-დან ჩანს, რომ X დადუღებული ლითონის ცვეთამდეგობა რამდენადმე უფრო უარესია, ვიდრე თვლისა, ხოლო C დადუღებული ლითონისა – უკეთესი. იგი-

ვე თანმიმდევრობა შეინიშნება როგორც თვლის, ასევე რელსის გორგოლაჭების ცვეთის შესწავლისას (იხ. ნახ.3). მიუხედავად ამისა, ამან არ უნდა გვაფიქრებინოს, რომ რეალურად ამ მასალების თვლების ქიმების ცვეთის სიდიდე ასევე ახლოს იქნება. ასე, ნახ.3,ა-დან ჩანს, რომ 1 გ ტოლი წონითი ცვეთა მიიღწევა X დადუღებული ლითონის 4000 ბრუნის შემდეგ, ხოლო C დადუღებული ლითონისა – 20000-ის შემდეგ. ეს ხუთჯერადი განსხვავება გამოწვეულია მიმუშავების ეტაპზე ცვეთის ინტენსივობისა და ხანგრძლივობის სხვაობით.



ა



ბ

ნახ.5. მაქსიმალურ (ა) და მინიმალურ (ბ) ცვეთის რეჟიმებზე გორგოლაჭების ჯამური ცვეთის ინტენსივობის ρ სწრაფობაზე დამოკიდებულება:
1-4 - იგივე, რაც ნახ.3,ა-სა და ნახ.4-ზე.

ექსპლუატაციისას ქიმის დატვირთვის პირობები მკვეთრად იცვლება. ამიტომ ძირითადად მნიშვნელობა აქვს N და I_{max} სიდიდეებს. მნიშვნელობა $N = 1000$ რეალურად შეესაბამება თვლის 1000 ბრუნს, ანუ მიახლოებით 3 კმ გავლილ გზას. ამ დროის განმავლობაში თვალი გადის სხვადასხვა რადიუსის მრუდებს და დახრებს, რის გამოც დატვირთვის პირობები იცვლება. ამიტომ N სიდიდის ორჯერადმა განსხვავებამ (ნახ.4) შეიძლება გამოიწვიოს ქიმის ცვეთის ინტენსივობის სხვაობა.

ჩატარებულმა კვლევებმა საშუალება მოგვცა ვიფიქროთ, რომ ქიმების დადუღებისათვის C მავთულის (Св-08ХГ2СМФ) გამოყენების შედეგად ერთდროულად შემცირდება როგორც თვლების ქიმების ცვეთის ინტენსივობა, ასევე რელსის ზედაპირის გვერდითი ცვეთაც, ამავდროულად ეს შემცირება მნიშვნელოვანი შეიძლება იყოს.

მიღებული შედეგები დადასტურდა სატვირთო ვაგონების Св-08ХГ2СМФ საშემდგომლო მავთულით დადუღებული და დაუდუღებელი გოგორათვლების შედარებითი საექსპლუატაციო გამოცდისას ბათუმი-ბაქოს სარკინიგზო მაგისტრალზე და ამწეების გოგორათვლების მუშაობისას ექსპლუატაციის პერიოდში.

ლიტერატურა

1. Павлов Н.В., Козубенко И.Д., Кипиани П.Н., Грачева И.Ю., Попов В.Ф. Износостойкость наплавленных гребней вагонных колес. Сб. науч. тр. /Под ред. В.Н.Лозинского. - М.: Интекст, 2012, с.62.
2. Kipiani P., Kikvidze O., Mindadze S., Chumbadze A. Selection of welding flux for restoration of wheel pair's worn combs with build-up welding taking into consideration climatic conditions./International scientific Journal "Problems of Mechanics", N 2 (35), 2009, pp.78-82.
3. Kipiani P., Kikvidze O., Mindadze S., Chumbadze A. Wear simulation of the wheel flange-rail pair on the rollers with lateral slippage. //International scientific Journal "Problems of Mechanics", N 2 (39), 2010, pp.68-74.
4. Павлов Н.В., Кипиани П.Н., Комаровский И.А. Моделирование изнашивания наплавленных гребней железнодорожных колес. //Журнал "Заводская лаборатория", том 68, # 5, 2002, сс.46-51.
5. Жаров И.А., Комаровский И.А., Захаров С.М. Моделирование изнашивания пары гребень колеса - боковая поверхность рельса в кривых малого радиуса. /Вестник ВНИИЖТ, 1998, #2. сс.15-18.
6. Комаровский И.А., Жаров И.А. Моделирование изнашивания пары гребень колеса - рельс на роликах при поперечном проскальзывании. /Трение и износ, 1997, #2, сс.174-180.
7. Жаров И.А., Конькова Т.Б. Оценка параметров пятен контакта и выбор коэффициента винклеровского слоя для пары колесо - рельс. /Вестник ВНИИЖТ, 1999, #6, сс.10-14.
8. Жаров И.А., Комаровский И.А., Захаров С.М. Закономерности изнашивания при качении с поперечным проскальзыванием. /Трение и износ, 1999, #3, Т.20, сс.306-312.
9. Комаровский И.А., Жаров И.А., Захаров С.М. /Трение и износ, 1999, #1, сс.54-61.

SUMMARY

Modeling the wear of deposited wheel flanges

Kipiani P.N., Geradze P.I., Mindadze S.O. and Tigishvili D.R.

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi, Georgia

The paper presents a methodology for modeling the wear process of the wheel flanges of a freight car and a crane. Criteria for assessing the quality of materials, deposited wheels, and rails are proposed. The technique was used to study the quality of materials deposited on wheel flanges.

Keywords: wheel, flange, rail, surfacing, wear, modeling.

ტექნოლოგიური ფაქტორების გავლენა დადუღებული ლითონის ხარისხზე ამწის გოგორათვლის გაცვეთილი ზედაპირის დადუღებით აღდგენისას

**ყიფიანი პ.ნ., მინდაძე ს.ო., გერაძე პ.ი., ფხაკაძე თ.ი., თიგიშვილი დ.რ.
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი**

სამშენებლო მოედანზე და სხვა საწარმოებში არსებული ტექნიკის ცვეთაზე მომუშავე წყვილების შეცვლა ახლით გარკვეულ სიძნელეებთანაა დაკავშირებული, რადგან ამ ტექნიკის 80 %-ზე მეტი საზღვარგარეთიდანაა შემოტანილი და სათანადო ნაწილების მოძიება გარკვეულ სიძნელეებთანაა დაკავშირებული და თან ისინი ძვირადღირებულია.

სხვადასხვა ტიპის ამწეების გოგორათვლები რელსთან ურთიერთობისას იცვითება რელსების პირაპირების, ჯვარედინების და არასწორი ზედაპირების გავლის დროს. აღნიშნულზე მოქმედებს აგრეთვე გორვის ზედაპირის არათანაბრობა, ტემპერატურული დატვირთვა და სხვა. გაცვეთილი გოგორათვლების გეომეტრიული ზომების დადუღებით აღდგენა, სხვა (ნახ.1) ტექნოლოგიებთან შედარებით, უკეთეს შედეგს იძლევა, თუმცა ცვეთამდე და უდეფექტო დადუღებული ლითონის მიღება რთულია იმის გამო, რომ ამწეების დამზადება სხვადასხვა ქარხნებში ხდება ტექნიკური პირობების მიხედვით და ისინი სხვადასხვა ტვირთამწეობაზეა გათვლილი. შესაბამისად, გოგორათვლებიც სხვადასხვა ზომისა და ქიმიური შედგენილობის ფოლადისაგანაა დამზადებული.



ა



ბ



გ

ნახ.1. გოგორათვლის ცვეთაზე მოქმედი ფაქტორები:

ა,ბ – რელსების პირაპირების არასწორი განლაგება; რელსის არათანაბრობა

ჩვენს მიერ შემოწმებული გოგორათვლების დიამეტრი 260 მმ-დან 630 მმ-მდეა და ნახშირბადის 0,30 % – 0,65 % შემცველობის ფოლადისაგანაა დამზადებული, რაც დადუღების ტექნოლოგიის დამუშავებისას სირთულეებთანაა დაკავშირებული.

გარკვეული საბუთაობი ამ მიმართულებით სტატიის ავტორების მიერ ჩატარებული იყო ნახშირბადის 0,65 % შემცველობის ფოლადისაგან დამზადებული სატვირთო ვაგონების

გოგორათვლის ქიმის დადულებით აღდგენისას შერჩეული იყო შედულების ხერხი და მეთოდი, საშემდულებლო მოწყობილობა, შედულების წინა გახურების და შედულების შემდგომი თერმული დამუშავების რეჟიმები [1 – 3], თუმცა დადულებული ლითონის ხარისხი დამოკიდებულია არა მარტო ჩატარებულ სამუშაოებზე, არამედ საშემდულებლო მასალებზე (საშემდულებლო მავთული, ფლუსი), შედულების რეჟიმებზე (დენის ძალა, რკალის ძაბვა, შედულების სიჩქარე) და საშემდულებლო თავის განლაგებაზე აღსადგენი გოგორათვლის ქიმის მიმართ და სხვა ფაქტორებზე, რომელთა ოპტიმალური შერჩევა უზრუნველყოფს შენადული შეერთების მიღებას ბზარების, ფორების, ჩანაჭრების, წიდური ჩანართების და სხვა დეფექტების გარეშე.

დღესდღეობით სატვირთო ვაგონის გაცვეთილი ქიმის დადულებით აღდგენისათვის იყენებენ საშემდულებლო მავთულებს CB-08Г2C, CB-08XM და CB-08XГ2CMΦ (ცხრ.1), საშემდულებლო ფლუსებს AH-348A, AH-60 და OCl-45 (ცხრ.2). ჩვენი დაკვირვებით, უკეთეს შედეგს იძლევა CB-08XГ2CMΦ საშემდულებლო მავთულის და AH-348A საშემდულებლო ფლუსის გამოყენება [3,4].

ცხრილი 1. საშემდულებლო მავთულები

მავთული	ელემენტების შემცველობა, %										
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Mo	V	Ca	S	P
CB-08XM	0,06–0,09	0,12–0,25	0,35–0,55	0,92–1,15	–	–	0,50–0,65	–	–	<0,025	<0,030
CB-08Г2C	0,06–0,11	0,70–0,95	1,80–2,10	–	–	–	–	–	–	<0,025	<0,030
CB-08XГ2CMΦ	0,06–0,10	0,4–0,7	1,5–1,8	0,9–1,2	–	–	0,5–0,7	0,2–0,35	<0,05	<0,025	<0,030

ცხრილი 2. საშემდულებლო ფლუსები

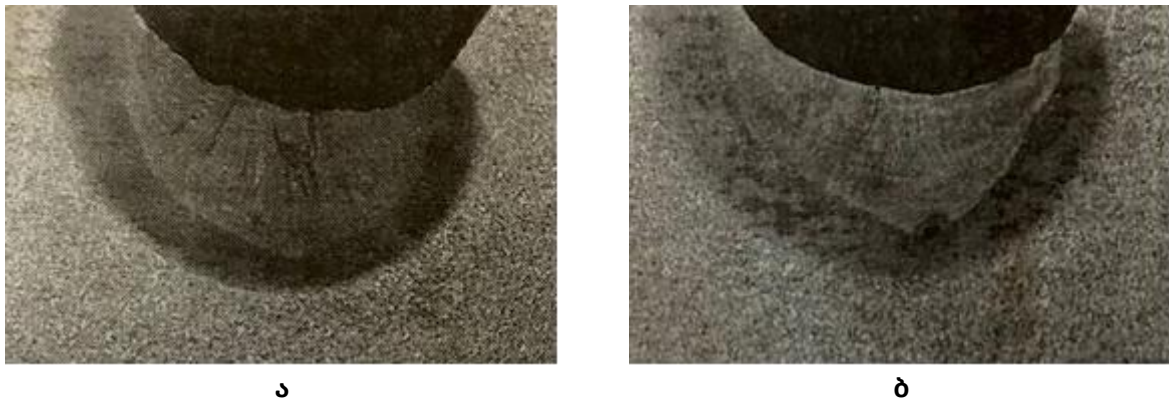
კომპონენტი	კომპონენტის შემცველობა, %		
	AH-348A	AH-60	OCl-45
SiO ₂	41–44	42,5–46,5	38–44
MnO	34–38	36–41	38–44
CaO	≤6,5	3,0–11	≤6,5
MgO	5,0–7,5	0,5–3,0	≤2,5
Al ₂ O ₃	4,0–5,5	≤5,0	≤5,0
CaF ₂	≤4,5	5,0–80	6,0–9
Fe ₂ O ₃	≤2,0	≤1,5	≤2,0
S	≤0,15	≤0,15	≤0,15
P	≤0,12	≤0,12	≤0,15

სატვირთო ვაგონების გაცვეთილი გოგორათვლების აღსადგენად შერჩეული დადულების ოპტიმალური რეჟიმები – I_{შედ} - 320 – 340 ა; U_{რკ} - 30 – 32 ვ; V_{შედ} – 20 მ/სთ, წინასწარი გახურების ტემპერატურა – 180 °C, დადულების დაწყების ტემპერატურა – 150 °C, უზრუნველყოფს დადულებული ლითონის კარგ ფორმირებას და მცირე ზომის ბზარების ტიპის დეფექტები შეიმჩნეოდა მხოლოდ ცალკეულ შემთხვევებში.

ამწის ზოგიერთი გოგორათვალი დამზადებულია იგივე ფოლადისაგან, როგორც მზადდება სატვირთო ვაგონის გოგორათვალი, თუმცა მისი ზომების განსხვავებამ და, შესაბამისად, შედულების რეჟიმების ცვლილებამ დადულებულ ლითონში გამოიწვია ცხელი ბზარების წარმოქმნა.

დადუღებული ლითონის ხარისხზე და ცხელი ბზარების წარმოქმნის პროცესზე ტექნოლოგიური ფაქტორების გავლენის შესასწავლად ჩატარებული იქნა ექსპერიმენტები ნახშირბადის 0,65% შემცველობის ფოლადზე. ექსპერიმენტებისათვის გამოყენებული იყო ფირფიტები ზომით 250×120×50 მმ, რომლებზედაც ამოღებული იქნა V-ს მაგვარი ღარები 10 მმ სიღრმეზე. დადუღება ვაწარმოეთ AH-348A ფლუსის საფარში ზემოთ ჩამოთვლილი საშემდუღებლო მავთულებით C8-08F2C, C8-08XM და C8-08XF2CMΦ შემდეგ რეჟიმებზე – $t_{\text{ბუღ}}$ – 290 – 310 ა; $P_{\text{რკ}}$ – 28 – 30 ვ; $V_{\text{ბუღ}}$ – 25 – 28 მ/სთ, დელ - 3 მმ.

ფირფიტებიდან ამოჭრილ ყველა ნიმუშზე აღმოჩენილი იქნა სხვადასხვა ზომის ცხელი ბზარი. მაგრამ C8-08XM საშემდუღებლო მავთულით დადუღებულ ნიმუშებზე ბზარები იყო უფრო დიდი ზომისაა (ნახ.2,ა), ხოლო C8-08XF2CMΦ საშემდუღებლო მავთულით დადუღებულ ნიმუშებზე ბზარის ზომა გაცილებით ნაკლებია (ნახ.2,ბ). დენის ძალის გაზრდით 330 ა-მდე ბზარების წარმოქმნას პროცესი არ შეცვლილა (ნახ.3). მიღებულმა შედეგებმა გვაჩვენა, რომ ხისტი კრისტალიზაციის პროცესში ფირფიტაზე V-ს მაგვარი ღარის არსებობის შემთხვევაში ნაკერის ლითონის ბზარების გარეშე მიღება შეუძლებელია.



ნახ.2. სხვადასხვა საშემდუღებლო მავთულით დადუღებულ ლითონში წარმოქმნილი ცხელი ბზარები:

ა – საშემდუღებლო მავთული C8-08XM; ბ – საშემდუღებლო მავთული C8-08XF2CMΦ



ნახ.3. დადუღებულ ლითონში წარმოქმნილი ცხელი ბზარები დენის ძალის გაზრდისას 330 ა-მდე

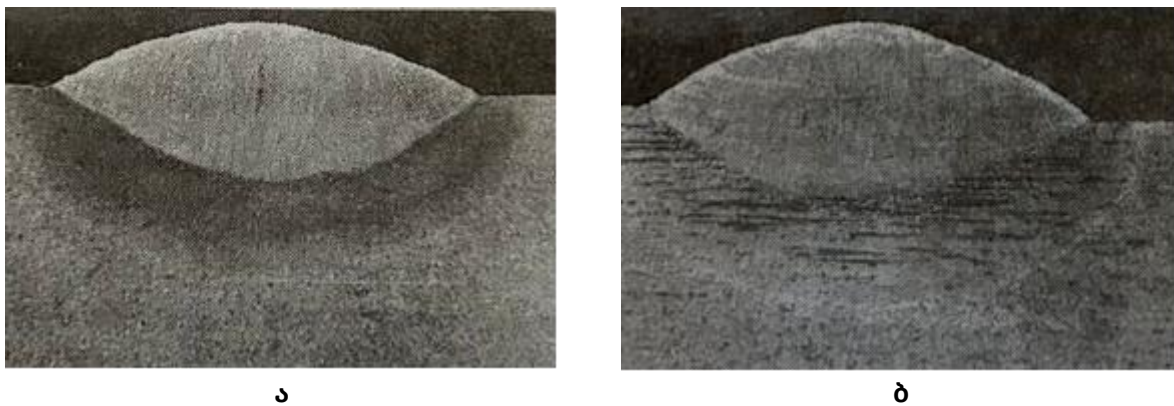
კრისტალიზაციის პროცესის შესამსუბუქებლად და გოგორათვლების დადუღების რეალურ პირობებთან მისაახლოებლად შემდგომში ლილვაკები ფირფიტაზე დავადუღეთ შემდეგ რეჟიმებზე:

ს_{შედ} – 290–310 ა; ს_{რკ} – 27–29 ვ; V_{შედ} – 25 მ/სთ;

ს_{შედ} – 300–330 ა; ს_{რკ} – 28–30 ვ; V_{შედ} – 25 მ/სთ;

ს_{შედ} – 290–310 ა; ს_{რკ} – 27–29 ვ; V_{შედ} – 30 მ/სთ;

CB-08XM და CB-08Г2C საშემდუღებლო მავთულებით დადუღებულ ლითონში აღმოჩენილი იქნა 0,5–2,0 მმ ზომის ცხელი ბზარები. CB-08XГ2CMΦ საშემდუღებლო მავთულით დადუღებულ ლილვაკში პირველი რეჟიმის შემთხვევაში ცხელი ბზარები არ აღმოჩნდა (ნახ.4), ხოლო დენის ძალისა და რკალის ძაბვის გაზრდით ცხელი ბზარების რაოდენობა და ზომები გაიზარდა, შედუღების სიჩქარის გაზრდით კი 30 მ/სთ-მდე და მეტის შემთხვევაში ბზარები აღმოჩნდა სამივე მავთულით დადუღებული ლილვაკების ლითონში.



ნახ.4. პირველი რეჟიმის შემთხვევაში CB-08XM საშემდუღებლო მავთულით დადუღებული ლილვაკი ცხელი ბზარით (ა) და CB-08XГ2CMΦ საშემდუღებლო მავთულით დადუღებული ლილვაკი ბზარის გარეშე

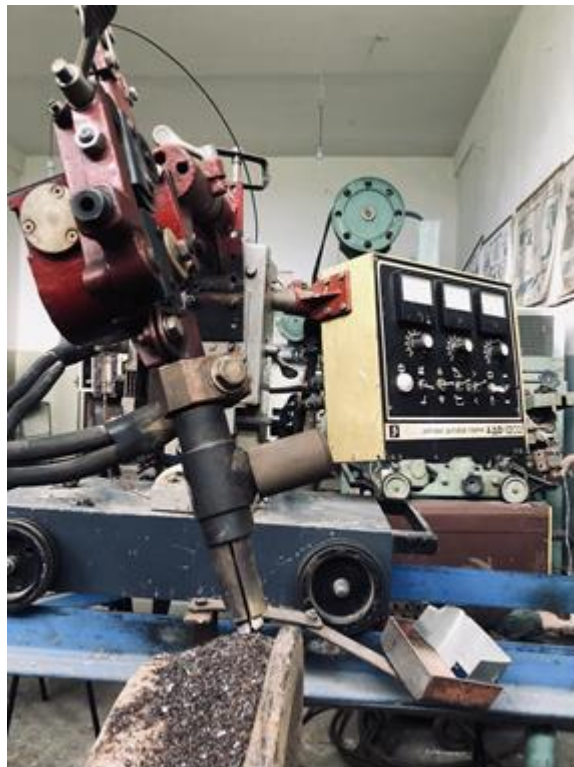
ცხელი ბზარების წარმოქმნის პროცესზე მოქმედი ერთ-ერთ განმსაზღვრელ ფაქტორად შეიძლება ჩაითვალოს გამოყენებული საშემდუღებლო ფლუსის მარკა. სატვირთო ვაგონის გოგორათვლების დადუღებისას გამოყენებული AH-60 და OCL-45 საშემდუღებლო ფლუსები ხასიათდებიან დადუღებული ლითონის კარგი ფორმირებით და არ შეიმჩნევა ფორები, მაგრამ ხასიათდება ზოგიერთი ნაკლოვანებით. OCL-45-ში CaF₂-ის მომეტებული შემცველობა (ცხრ.2) იწვევს რკალის ზონაში ფტორის შენაერთების ინტენსიურ გამოყოფას, რაც იწვევს რკალის წვის მდგრადობის შემცირებას და დადუღებისას 35 – 40 მმ ელექტროდის შვერის სიგრძისას უარესდება წიდის მოშორება დადუღებული ლითონიდან. გარდა ამისა, მნიშვნელოვნად უარესდება დადუღებული ლითონის ფორმირება. უკეთეს შედეგს იძლევა ელექტროდის შვერის სიგრძის შემცირება 30 მმ-მდე, თუმცა ეს, თავის მხრივ, იწვევს საელექტროდე მავთულის ხშირ მიდუღებას სატუჩესთან.

AH-60 საშემდუღებლო ფლუსის მოცულობითი მასა (0,7 – 1,0 გრ/სმ²) თითქმის ორჯერ ნაკლებია, ვიდრე AH-348A (1,3 – 1,8 გრ/სმ²) ფლუსს აქვს, რაც მნიშვნელოვნად აუარესებს აბაზანის დაცვას ბოლო ლილვაკების დადუღებისას გოგორათვლის ქიმის აღდგენის დროს.

დადუღებული ლითონის ხარისხი და ცხელი ბზარების წარმოქმნის ალბათობა დიდ მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული პირველი ლილვაკის დადუღების დაწყების ადგილზე და საშემდუღებლო ავტომატის თავის განლაგებაზე აღსადგენი გოგორათვლის ქიმის მიმართ.

როგორც ჩატარებულმა სამუშაოებმა გვაჩვენა, საშემდუღებლო თავი განლაგებული უნდა იყოს გოგორათვლის ბრუნვის საწინააღმდეგო მიმართულებით 15 – 20 მმ-ით გოგორათვლის ზენიტიდან და დახრილი ქიმის და ბრუნვის ზედაპირის მიმართ 30⁰-იანი კუთხით (ნახ.5).

ხშირ შემთხვევაში აღსადგენია არა მთლიანად ამწის გოგორათვლის ხახუნზე მომუშავე ზედაპირი, არამედ მხოლოდ ქიმი. ამ შემთხვევაში ქიმის ფუძესთან დადუღების დაწყება ემთხვევა გოგორათვლის ყველაზე არასასურველ უბანს, სადაც დადუღებულ ლითონს ფორმირება უხდება უფრო ხისტ პირობებში, ვიდრე გორვის ზედაპირზე და სადაც დადუღებულ ლითონში მაქსიმალურია ძირითადი ლითონის წილი და წარმოიქმნება მაქსიმალური გამჭიმი დაბზები.



ნახ.5. საშემდუღებლო ავტომატის თავის განლაგება გოგორათვლის აღსადგენი ზედაპირის მიმართ

დადუღების რეჟიმების და საშემდუღებლო მასალების ოპტიმალური ვარიანტის შემთხვევაშიც კი დადუღებული ლითონის ცალკეულ ნიმუშებში გვხვდება ცხელი ბზარები.

ჩვენს მიერ დადგენილი იქნა, რომ თუ პირველი ლილვაკის დადუღებას დავიწყებთ 10 – 12 მმ-ის დაშორებით ფუძიდან ანუ გორვის ზედაპირიდან, დადუღებული ლითონის ფორმირება გაცილებით უკეთეს პირობებში მოხდება. ამავე დროს, მეორე ლილვაკის დადუღება ხდება ფუძიდან ყველაზე არახელსაყრელ პირობებში. მაგრამ იმის გამო, რომ მასში გაცილებით ნაკლებია ძირითადი ლითონის წილი (0,65%C), მნიშვნელოვნად მცირდება ცხელი ბზარების წარმოქმნის ალბათობა (ნახ.6).



ნახ.6. გოგორათვალის ქიმის ადდგენისას პირველი ლილვაკის დადუღების დაწყების ადგილი გორვის ზედაპირზე (ისრიტ ნაჩვენებია გორვის ზედაპირზე დადუღებული პირველი ლილვაკი)

ამგვარად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ამწის გოგორათვალის გაცვეთილი ზედაპირის ადდგენა დადუღებით და უდეფექტო შენადული შეერთების მიღება შესაძლებელია Св-08ХГ2СМФ საშემდუღებლო მავთულისა და АН-348А საშემდუღებლო ფლუსის გამოყენებით დადუღების შემდეგ რეჟიმებზე:

$I_{შედ} - 290-310$ ა; $U_{რკ} - 27-29$ ვ; $V_{შედ} - 25$ მ/სთ; $d_{el} - 3$ მმ, წინასწარი გახურების ტემპერატურა – $180^{\circ}C$ და როდესაც პირველი ლილვაკის დადუღების ადგილი გოგორათვალის ფუძიდან დაშორებულია 10–12 მმ-ით გორვის ზედაპირზე.

ლიტერატურა

1. Киквидзе О.Г., Булекбаева Г.Ж., Кипиани П.Н. Пластическое деформирование наплавленного слоя плоской поверхности. /საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, #1 (ტ.77), 2016. გვ.64-66.
2. Kipiani P., Kikvidze O., Mindadze S., Chumbadze A. Wear simulation of the wheel flange-rail pair on the rollers with lateral slippage. /International scientific Journal “Problems of Mechanics”, N 2 (39), 2010, pp.68-74.
3. П.Н.Кипиани, С.О.Миндадзе. Ресурсосберегающие сварочные технологии подвижного состава железнодорожного транспорта Грузии. /Труды Международной конференции «Неклассические задачи механики», 6-8.10.2012, Кутаиси, сс.306-308.
4. Кипиани П.Н, Миндадзе С.О., Булекбаева Г.Ж. Разработка энергосберегающей технологии с применением послесварочной пластической деформации при сварке и наплавке высокопрочных сталей. /ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები. III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მოხსენებების კრებული, ქუთაისი, 24-25 ოქტომბერი, 2015, გვ.234-236.

SUMMARY

THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE QUALITY OF DEPOSITED METAL WHEN RESTORING WORN SURFACES OF CRANE WHEELS BY SURFACING

Kipiani P.N., Mindadze S.O., Geradze P.I., Pkhakadze T.I. and Tigishvili D.R.

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

The work examines the influence of technological factors on the quality of the deposited metal and the process of formation of hot cracks. When restoring the worn surface of a crane wheel by surfacing, the optimal surfacing mode, welding materials and welding start point were selected, which ensure the production of defect-free and wear-resistant deposited metal.

Keywords: wheels, flanges, rails, surfacing, surfacing modes, wear.

თვითგავრცელებადი მაღალტემპერატურული სინთეზის მეთოდით მიღებული ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორის ელემენტების ფორიანობის და პარამეტრების განსაზღვრა

**თოფურია რ.მ., ხვადაგიანი ა.ი., ირემაძე მ.ე., ზალკალიანი დ.გ., ირემაძე დ.მ.,
ქოჩიაშვილი მ.გ., ზივზივაძე ვ.გ.**

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

შესავალი

იმ შემთხვევაში, როცა ვერ ხერხდება ძრავის გამონაბოლქვი აირების ტოქსიკური ნაერთების შემცირება სასურველ დონემდე სამუშაო პროცესის სრულყოფით, გამოიყენება გამონაბოლქვი აირების გაწმენდის მეთოდი.

განასხვავებენ გამონაბოლქვი აირების გაწმენდას, დისპერსიული ნაწილაკებისაგან, რომელიც როგორც წესი ხორციელდება მფილტრავი ელემენტების საშუალებით, ხოლო აირისმაგვარი ნივთიერების გაბინძურებისას გაწმენდა სრულდება: აბსორბციის; ნეიტრალიზაციის და ადსორბციის მეთოდით.

გამონაბოლქვი აირების ნეიტრალიზაციის გავრცელებულ მეთოდს თანამედროვე პერიოდში წარმოადგენს – კატალიზაციის პროცესი. კატალიზური ნეიტრალიზატორები ემსახურებიან არასრული წვის პროდუქტების (CH, CO) დაჟანგვას და აზოტის ჟანგულების (NO_x) აღდგენას. ასევე თანამედროვე პირობებში არსებობს საავტომობილო კატალიზატორ-ნეიტრალიზატორების ორი ნაირსახეობა: -ორკომპონენტიანი დამჟანგველი, რომელიც იწვევს გამონაბოლქვ აირებში შემავალი CO და CH ნივთიერების დაჟანგვას ნახშირორჟანგად (CO₂) და წყლის ორქლად (H₂O); სამკომპონენტიანი-დამჟანგველ-ამლდგენი, რომელიც ერთდროულად თანაბრად დაჟანგავს CO და CH, აღადგენს აზოტის ჟანგს (NO_x) მოლეკულურ აზოტად (N₂).

ძირითადი ნაწილი

ორკომპონენტიანი დამჟანგველი კატალიზატორ-ნეიტრალიზატორი ძირითადად გამოყენებულია თვითაალების მქონე ძრავებში, ასევე ისეთ ძრავებში, რომელშიც გამოყენებულია ბუნებრივი აირადი საწვავი, ხოლო იძულებითი ანთების მქონე ძრავები აღჭურვილია სამკომპონენტიანი ჟანგვა-აღდგენითი კატალიზურ-ნეიტრალიზური ტოქსიკურობის საწინააღმდეგო სისტემით.

კატალიზატორ-ნეიტრალიზატორების მეტად მნიშვნელოვან პარამეტრს წარმოადგენს აქტიურობა და სელექციურობა. აქტიურობა – კატალიზატორის შესაძლებლობა ინიცირებულია ამა თუ იმ ქიმიური რეაქციით, რომელიც ხასიათდება მორეაგირე კომპონენტების გარდაქმნის ხარისხით განსაზღვრულ ტემპერატურაზე და ის გამოითვლება

$$\eta_n = \frac{\Delta G}{G_0},$$

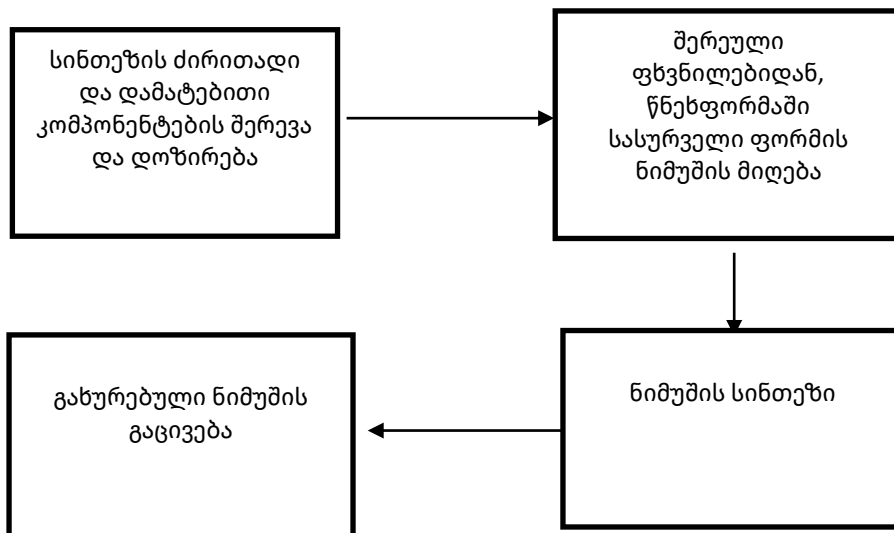
სადაც η_n – ნეიტრალიზატორის ეფექტურობა; ΔG – გაჭუჭყიანებულ გარემოში კონცენტრაციის ცვლილება; G – გაჭუჭყიანებული გარემოს საწყისი კონცენტრაცია. ასევე აღსანიშნავია, რომ კატალიზატორ-ნეიტრალიზატორის ეფექტურობა მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ტემპერატურების T_{min} და T_{max} მნიშვნელობებზე. ისინი, კატალიზატორის სამუშაო ტემპერატურას წარმოადგენენ და იცვლებიან ზღვრებში 400 – 1200 °C. მაქსიმალური ტემპერატურის მაღალი მნიშვნელობის შენარჩუნების შემთხვევაში კატალიზატორის მოკლე დროით გაცხელებისას შემადგენელმა ელემენტებმა არ შეიძლება დაკარგოს თავისი თვისებები, ამიტომ უნდა იქნეს გამოიყენებული ძლიერ თბომდეგი მასალები.

თანამედროვე სამკომპონენტიან კატალიზატორ-ნეიტრალიზატორებში ტოქსიკური ნივთიერებების სრულად დაჟანგვის და აღდგენისათვის გამოიყენება „ძვირადღირებული“

მეტალები, როგორცაა პლატინის ჯგუფიდან: პლატინა (Pt)-CO-ს დაჟანგვისთვის; პალადი (Pd)-CH დაჟანგვისთვის; როდიუმი (Rh)-NO_x-ის აღსადგენად.

ჩვენ მიერ ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორის მისაღებად გამოყენებულია თვითგავრცელებადი 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, პალადიუმი და როდიუმი ნაწილობრივ ან მთლიანად ჩანაცვლებული იქნება ისეთი, იაფი და არადეფიციტური ლითონებით, როგორცაა: სპილენძი, ნიკელი, ქრომი და სხვა.

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



ნახ. 1. თვითგავრცელებადი მაღალტემპერატურული სინთეზით, ფორიანი მასალების მიღების ტექნოლოგიური სქემა

თვითგავრცელებადი 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 ნარევი დამატებით შეყვანილია ცნობილი კატალიზური ლითონები: სპილენძი (Cu), ნიკელი (Ni), ქრომი (Cr). ეს ლითონები, მათი მაღალი დისპერსიულობის გამო (>100მკმ), რეაქციაში არ მონაწილეობენ ბორთან, ნახშირბადთან და ქიმიურ ნაერთებს არ წარმოქმნიან. საბოლოო პროდუქტში ისინი განაწილებულია თანაბრად, რაც განპირობებულია მათი დისპერსიულობის სწორად შერჩევით [2–4].

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 %-ის შემცველობისას თანაფარდობით 2:1:1.

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

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

ჩატარებულმა ექსპერიმენტებმა გვიჩვენა, რომ თვითგავრცელებადი მაღალტემპერატურული სინთეზის მეთოდის გამოყენების დროს საბოლოო პროდუქტის ფორიანობა დამოკიდებულია საწყის ნარევეში კატალიზური ლითონების (Cu , Ni , Cr) დისპერსიულობასა და რაოდენობაზე. დადგინდა, რომ ამ პარამეტრების ცვლით შესაძლებელია საბოლოო პროდუქტის ფორიანობის ცვლილება დიდ დიაპაზონში (15 – 75 %) [5,6].

ცხრ. N 2-ში მოცემულია თვითგავრცელებადი მაღალტემპერატურული სინთეზის (თმს) საბოლოო პროდუქტის ფორიანობის დამოკიდებულება საწყის ნარევეში შემავალი კატალიზური ლითონების (Cu , Ni , Cr) დისპერსიულობაზე.

ცხრ. 2. თვითგავრცელებადი 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 ფორიანობის დამოკიდებულება კატალიზური ლითონების (Cu , Ni , Cr) რაოდენობაზე საწყის კაზმში.

ცხრ. 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 თვითგავრცელებადი მაღალტემპერატურული სინთეზის მეთოდით მიღებული ნიმუშების ფორიანობა დამოკიდებულია საწყის კაზმში შემცველი ელემენტების დისპერსიულობაზე. დანამატი ელემენტების, როგორც დისპერსიულობის ასევე რაოდენობის გაზრდით მცირდება Ti – B და Ti – C-ს წვის ტემპერატურა, რაც თავის მხრივ გავლენას ახდენს საბოლოო პროდუქტის ფორიანობაზე.

დავადგინეთ, ის ძირითადი პარამეტრები, რომლებიც განსაზღვრავს საბოლოო პროდუქტის ფორიანობას. ესენია:

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

ასევე დავადგინეთ, 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 შესაძ-

ლებელია მივიღოთ ფორიანი მასალები ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორისათვის საჭირო ქიმიური შემადგენლობით და ფორიანობით. მიღებული ფორიანი მასალები ხასიათდება მოქმედების დიდი ეფექტურობით (შეზღუდული ჰაერცვლის პირობებში), მაღალი მექანიკური და ქიმიური მედეგობით და ვიბრაციის მიმართ კარგი მდგრადობით [16,17].

როგორც ცნობილია, შიგაწვის ძრავებში ადგილი აქვს აირის ნაკადების დინების პროცესს, მფილტრავი ელემენტების, ხმაურის ჩამხშობი მაყუჩების, კატალიზატორ-ნეიტრალიზატორების და სხვა დასაშლელი კონსტრუქციის მქონე პერფორირებული ტიხრების გავლით, რომლებიც სიჩქარეთა ველის დარღვევას იწვევენ. ამ დროს წარმოქმნილი სიჩქარის უთანაბრობა ზრდის ენერჯის დისიპაციის ინტენსივობას, რაც მთელ რიგ შემთხვევაში არსებითად მოქმედებს დანადგარის ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე და მთლიანად სამუშაო პროცესზე. ამიტომ პერფორირებული ტიხრების წინააღმდეგობის შემცირებას აქვს დიდი მნიშვნელობა. პერფორირებული ტიხრების ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის შემცირების ერთერთ გადამწვეტ ფაქტორს წარმოადგენს მათი ხვრელების კუთრი ფართის სწორი შერჩევა, ანუ ყველა ხვრელის და ტიხრების ფართობის ფარდობა [7].

მეცნიერების: დარსის, კოზენის, კარმანის და სხვების ცნობილი ფორმულებიდან, რომლებიც მიღებული იქნა სხვადასხვა გაანგარიშებითი მეთოდების მეშვეობით, გამომდინარეობს რომ პერფორირებული ტიხრების ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობა უკუპროპორციულია მათ ფორიანობასთან მიმართებაში. მაშასადამე, პერფორირებული ტიხრების ფორიანობის ზრდასთან ერთად მცირდება მათი წინააღმდეგობა. აღნიშნულის გათვალისწინებით, სხვადასხვა ტიპის ტიხრების პერფორირების დროს მათი ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის მინიმუმამდე შემცირების მიზნით, გამოიყენებენ მაქსიმალურად დასაშვებ ფორიანობის მქონე კონსტრუქციებს, მაღალი სიმტკიცის და თბომედეგობის მოთხოვნებიდან გამომდინარე. ამასთანავე, თეორიულმა და ექსპერიმენტულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ ზემოთ დასახელებული მეცნიერების მიერ განხილული ფორმულები სამართლიანია პერფორირებული ტიხრებისთვის მხოლოდ ფორიანობის დაბალი მნიშვნელობების C დროს. მაღალი მნიშვნელობების დროს, პერფორირებული ტიხრების ფორიანობაზე დამოკიდებულებას აქვს განსხვავებული ხასიათი, რაც გამოიხატება იმაში, რომ პერფორირებული ტიხრებისთვის არსებობს ფორიანობის გარკვეული ზღვრული მნიშვნელობა, რომლის დროს მიიღწევა მინიმალური ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობა ნაკადის მაქსიმალური ხარჯის შესაბამისად, ფორიანობის შემდგომი გაზრდა მაქსიმალურად დასაშვებ მნიშვნელობამდე არ არის გამართლებული, ამცირებს კონსტრუქციის გამძლეობას და ზრდის პერფორირების ხარჯებს, რადგან ამ დროს წინააღმდეგობის არ მცირდება.

აქედან გამომდინარე, სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს ოპტიმალური პერფორირებული ტიხრების ფორიანობის განსაზღვრა, მინიმალური ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობით.

დასახული ამოცანა მიიღწევა იმით, რომ ფორიანობა პერფორირებული ტიხრებისთვის მინიმალური ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობით გაიანგარიშება შემდეგი ფორმულის მეშვეობით:

$$C = \frac{k-1}{k} \quad (1)$$

სადაც C – ფორიანობა (ყველა ხვრელის განიკვეთის ჯამური ფართის ფარდობა ტიხარის განიკვეთის ფართთან).

$$k = \frac{C_p}{C_v} \text{ აირის ადიაბატის მაჩვენებელი.}$$

შემოთავაზებული ფორმულა იძლევა პერფორირებული ტიხრების ოპტიმალური ფორიანობის გაანგარიშების შესაძლებლობას მინიმალური ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის ნებისმიერი არისათვის ნებისმიერი ფიზიკური თვისებების მქონე აირებისათვის.

ფორიანობის ოპტიმალური მნიშვნელობა, რომელიც გამოიანგარიშება ფორმულით (1) მიღებული იქნა აირდინამიკის დიფერენციალური განტოლებათა ფუნდამენტური სისტემის ანალიზის საფუძველზე, მოძრაობის განტოლებათა სისტემის ინტეგრირების გზით. სტაციონალური არათანაბარი დინებისათვის მიღებულია შემდეგი გამოსახულება

$$P \frac{\partial S}{\partial x} = - \left[\frac{C_1}{G^2} + \frac{C_2}{2G^3} \right] \frac{\partial \bar{W}^2}{\partial x} \quad (2)$$

სადაც T – ტემპერატურა; S – ენტროპია; G – აირის ხარჯი; W – საშუალო მასური სიჩქარე.

C₁ და C₂ არის სიჩქარის ველის უთანაბრობის პარამეტრები, და ტიხრის გამოსახულებაზე ისინი განისაზღვრება როგორც ფორიანობის ფუნქციები

$$\begin{aligned} C_1 &= \left(\frac{1}{C} - 1 \right) G^2 \\ C_2 &= \left(\frac{1}{C} - 1 \right) \left(\frac{1}{C} - 2 \right) G^2 \end{aligned} \quad (3)$$

ვიყენებთ რა ტემპერატურის კავშირს აირის სიჩქარესა და შემუხრუჭებული ნაკადის ენტალპიასთან i*, ვღებულობთ

$$C_p T = i^* \frac{\bar{W}}{2C^2} \quad (4)$$

საწყისი განტოლების ამოხსნა იძლევა

$$\frac{S - S_0}{C_p} = (1 - C) \ln \frac{T}{T_0} \quad (5)$$

სადაც C_p – აირის სითბოტევადობაა მუდმივი წნევის დროს; S₀ და T₀ – ნაკადის პარამეტრების საწყისი მნიშვნელობები.

ენტროპიის ტემპერატურასთან და სიჩქარესთან კავშირის განსაზღვრა შესაძლებელია თერმოდინამიკური გამოსახულებიდან

$$\frac{S - S_0}{C_p} = \ln \left(\frac{T}{T_0} \right)^{\frac{1}{k}} \left(\frac{\bar{W}}{\bar{W}_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad (6)$$

(4), (5) და (6)-ს ერთობლივი ამოხსნა იძლევა

$$\left[\frac{i^* - \frac{\bar{W}^2}{2C^2}}{i^* - \frac{\bar{W}_0^2}{2C^2}} \right]^{1 - \frac{kC}{k-1}} = \frac{\bar{W}}{\bar{W}_0} \quad (7)$$

(6) განტოლებიდან გამომდინარეობს, რომ როცა $C = \frac{k-1}{k}$, $\bar{W} = \bar{W}_0$ ანუ აირის

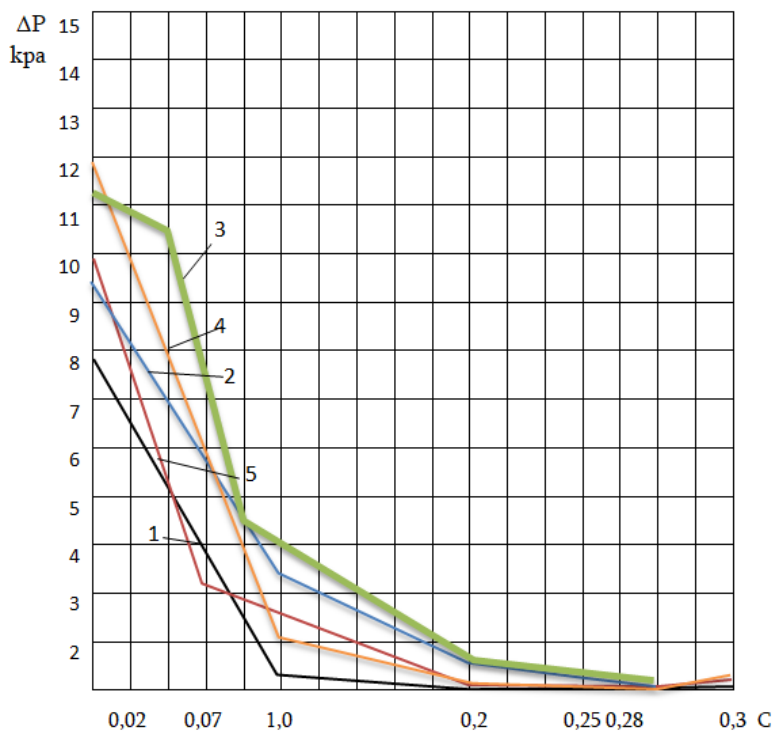
სიჩქარე დისიპაციური ფენის გავლის შემდეგ ტოლია საწყისი სიჩქარისა W₀, შესაბამისად ფორიანობის ასეთი მნიშვნელობის დროს, გამონაბოლქვი აირის ენერგია არ განიცდის დისიპაციას, რაც შეესაბამება მინიმალურ ჰიდრაულიკურ წინააღმდეგობას.

თეორიული შედეგების სანდოობა შემოწმდა ექსპერიმენტალურად. ჰაერის ნაკადში პერფორირებული ტიხრების გამოცდებმა აჩვენა, რომ მინიმალური ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობა მიიღწევა არეში $C=0,27 - 0,28$, რაც კარგად ეთანხმება ფორმულას (1), ჰაერისთვის ადიაბატის მნიშვნელობისას $K=1,4$. ნახ. 2-დან ჩანს, რომ წინააღმდეგობის მინიმალური მნიშვნელობა მიიღწევა მონიშნული წერტილის მიდამოში პერფორირებული ხვრელების დიამეტრის მიუხედავად.



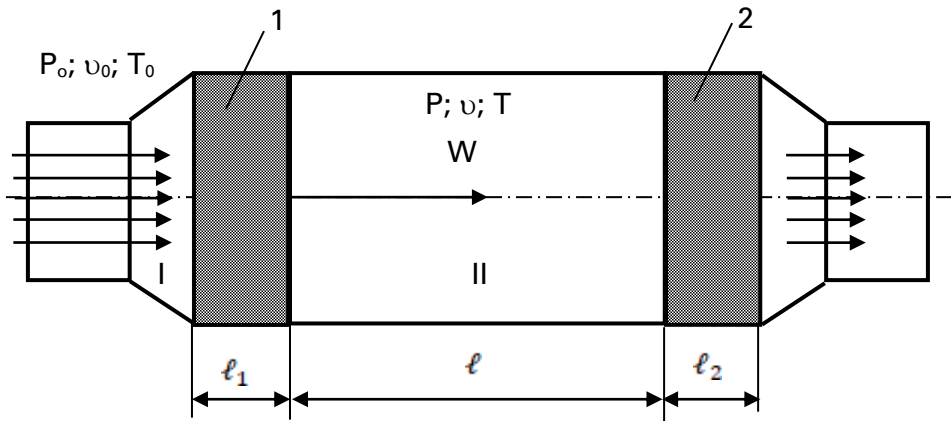
სურ. 2. თვითგავრცელებადი მაღალტემპერატურული სინთეზის მეთოდით მიღებული 30%-იანი ფორიანი ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორის ნიმუში

დადგენილია, რომ პერფორირებული ტიხრის ოპტიმალური ფორიანობა წარმოადგენს ადიაბატის მაჩვენებლის ფუნქციას, რაც წარმოაჩენს გაზის ფიზიკურ თვისებებს.



ნახ. 3 პერფორირებული ტიხრის მიღმა წნევის დამოკიდებულება C ფორიანობის კოეფიციენტზე: 1 - d=1 მმ; 2 - d=3 მმ; 3 - d=4 მმ; 4- d=5 მმ; 5 - d=8 მმ.

ასევე მნიშვნელოვანია პერფორირებული ტიხარისათვის განისაზღვროს შესაბამისად ხვრელებში ნაკადის მოძრაობის კრიტიკული სიჩქარე, მაქსიმალური ხარჯი და დროის ის ხანგრძლივობა, რომლის განმავლობაში არხში მოძრავი ნაკადი კონტაქტშია ნახვრეტის კედლის ზედაპირთან. განვიხილოთ გაზის გამოდინება I არიდან II არეში (ნახ.4.), ამ შემთხვევაში P_0 და P წნევებისა, საჭიროა ვიცოდეთ შესაბამისად T_0 და T ტემპერატურები მაშინ ენერჯის განტოლებას I გარემოსა და II გარემოში ე.ი. ელემენტის მინიმალური კვეთისათვის შემდეგი სახე ექნება [8].



ნახ. 4. კატალიზატორ-ნეიტრალიზატორის პარამეტრების საანგარიშო სქემა

1 – ფოროვანი ტიხარი NO_x -აღდგენა; 2 – ფოროვანი ტიხარი CO CH-დაჟანგვა.

$$i_0 + \frac{W_0^2}{2} = i + \frac{W^2}{2} \quad (8)$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ გაზებისათვის $i = C_p T$ და $W_0 = 0$, მაშინ $C_p T_0 = C_p T + \frac{W^2}{2}$,

საიდანაც $W = \sqrt{2C_p(T_0 - T)}$, ამ ფორმულაში გაზის ტემპერატურა T დამოკიდებულია გამოდინების პროცესში გაზის მდგომარეობის ცვალებადობის ხასიათზე, საკმაოდ დიდი სიზუსტით შეიძლება ჩაითვალოს, რომ აჩქარების პროცესი არხის (ნახვრეტის) მახლობლობაში, როცა მისი წნევა P_0 -დან P -მდე ეცემა ადიაბატურია. ასეთ შემთხვევაში

$$\frac{T}{T_0} = \left(\frac{P}{P_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad (9)$$

და შესაბამისად ნაკადის სიჩქარე ტოლია

$$W = \sqrt{2C_p T_0 \left[1 - \left(\frac{P}{P_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} = \sqrt{\frac{2K}{K-1} RT_0 \left[1 - \left(\frac{P}{P_0} \right)^{\frac{K-1}{K}} \right]} \quad (10)$$

გაზების გამოდინების დროს მასური ხარჯი გარდა სიჩქარისა, დამოკიდებულია სიმკვრივეზე. ნაკადის სიმკვრივე მინიმალურ კვეთში ρ განისაზღვრება იგივე პირობიდან როგორც ტემპერატურა, ადიაბატური გამოდინების შემთხვევაში, განტოლებით $PV^k = const$, ამ განტოლების თანახმად ვღებულობთ, რომ

$$\rho = \rho_0 \left(\frac{P}{P_0} \right)^{\frac{1}{k}} = \frac{P_0}{RT_0} \left(\frac{P}{P_0} \right)^{\frac{1}{k}}, \text{ და შესაბამისად ნაკადის მასური ხარჯი განისაზღვრება}$$

$$G = \rho WC = C \rho_0 \sqrt{2C_p T_0} \sqrt{\left(\frac{P}{P_0} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P}{P_0} \right)^{\frac{k+1}{k}}} \quad (11)$$

აბ $G = \rho WC = C \rho_0 \sqrt{2C_p T_0} \sqrt{\pi^{\frac{2}{k}} - \pi^{\frac{k-1}{k}}} \quad (12)$

სადაც $\pi = \frac{P}{P_0}$, ხოლო C – ფორიანობის კოეფიციენტი. (12) გამოსახულება გვიჩვენებს,

რომ თუკი ნაკადის საწყისი პარამეტრები და მინიმალური კვეთის ფართობი მუდმივია, მაშინ ხარჯი დამოკიდებულია გარემოს წნევის საწყის წნევასთან თანაფარდობაზე შემდეგი ფუნქციონალური დამოკიდებულებით

$$G \approx \sqrt{\pi^{\frac{2}{k}} - \pi^{\frac{k-1}{k}}} = f(\pi) \quad (13)$$

ფუნქცია $f(\pi)$ პრაქტიკულად უგანზომილებო ხარჯს წარმოადგენს, ამიტომ ეს ფუნქცია საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ის თანაფარდობა, რომელზედაც ნაკადის მაქსიმალური ხარჯით იწყებს გამოდინებას, რომლის დროსაც

$$\pi_k = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \quad (14)$$

(14) გამოსახულება საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ის თანაფარდობა, რომელზედაც ნაკადი მაქსიმალური ხარჯით იწყებს გამოდინებას, თუკი წვის პროდუქტებისთვის გვეცოდინება ადიაბატის მაჩვენებელი k.

იმისათვის, რომ დავადგინოთ, თუ რა ხდება გარემოს წნევის შემდგომი შემცირებით, გამოვიკვლიოთ ნაკადის პარამეტრები მაქსიმალური ხარჯის დროს.

ნაკადის ტემპერატურა ასეთ შემთხვევაში გამოითვლება ადიაბატის განტოლებიდან

$$\frac{T_k}{T_0} = \pi_k^{\frac{k-1}{k}} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \text{ საიდანაც } T_k = T_0 \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \text{ და შესაბამისად კრიტიკული გამოდინების}$$

სიჩქარე განისაზღვრება ფორმულით

$$W_k = \sqrt{\frac{2K}{K-1} R(T_0 - T_k)} = \sqrt{\frac{2k}{k-1} R \left(T_0 - \frac{2}{k+1} T_0 \right)} = \sqrt{\frac{2}{k+1} R T_0}, \text{ საიდანაც } W_k = a,$$

მამასადამე, მაქსიმალური ხარჯის დროს ნაკადის სიჩქარე ბგერის სიჩქარის ტოლია. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ გარემოს წნევის კრიტიკულზე დაბლა შემცირებას არ მოსდევს ხარჯის ცვლილება და იგი პრაქტიკულად მუდმივი ხდება. თუკი განისაზღვრა ნაკადის მაქსიმალური სიჩქარე და შესაბამისი ხარჯი, მაშინ ადვილად განისაზღვრება მინიმალური დროის ხანგრძლივობა, რომლის განმავლობაშიდაც ნაკადი შეხებაშია ამდღგენ ან დამქან-გველ ზედაპირებთან, შემდეგი ფორმულით

$$\tau = \frac{\ell}{W_k}, \text{ წმ}$$

ასევე შეიძლება ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორის ნებისმიერი პარამეტრების (დაზუსტება) ოპტიმიზაცია.

დასკვნა

მოყვანილი მეთოდის საშუალებით შესაძლებელია ძრავის ტიპის, ლიტრაჟის, გამოყენებული საწვავის და ძრავის კონსტრუქციის მიხედვით განხორციელდეს ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორის როგორც ნაკადის პარამეტრების ოპტიმალური სიდიდეების განსაზღვრა ისე გეომეტრიული ზომების დადგენა.

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

ლიტერატურა

1. ნ.თევდორაძე, მ.ბეჟიტაძე, ა.ხვადაგიანი, მ.ირემაძე, ბ.ზივზივაძე. ნამწვი აირების კატალიზური-ნეიტრალიზატორის მიღების ხერხი, თვითგავრცელებადი მაღალტემპერატურული სინთეზით. გამოგონება საქართველოში. საქპატენტი, № AP 2018 14732. 2018 წ.
2. А. И. Хвадагиани, А. Г. Мержанов, И. П. Боровинская. Фазообразование при горении системы Ti-B. /Сообщения АН ГССР, 12, Ноябрь, 1984ю
3. Мержанов А.Г., Самораспространяющийся высокотемпературный синтез тугоплавких соединений. /Вест. АН СССР, 1976, №10, сс. 76-87ю
4. Мержанов А.Г., Боровинская И.П., Штейнберг А.С., Щербаков В.А., Тавадзе Ф.Н., Тавадзе Г.Ф., Хвадагиани А.И. Безвольфрамовый тер мостойкий твердый сплав. Авт. Свидетельство СССР №1412349, 1988.
5. ნ.თევდორაძე, ც.თურქაძე, ა.ხვადაგიანი, მ.ირემაძე, რ.თოფურია, ნ.ხვადაგიანი. ავტომობილის გამონაბოლქვის გამწმენდი ახალი ქიმიური შედგენილობის ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორის მიღება თმს მეთოდით. //ბიზნეს-ინჟინერინგი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველოს საინჟინრო აკადემია, №3, 2019, გვ.243-245;
6. ა.ხვადაგიანი, მ.ირემაძე, რ.თოფურია, დ.ირემაძე, მ.ქოჩიაშვილი. ავტომობილებისათვის ახალი კლასის ნეიტრალიზატორ-კატალიზატორის მიღება თვითგავრცელებადი მაღალტემპერატურული სინთეზით. /VII ქართულ-პოლონური საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „სატრანსპორტო ხიდი ევროპა-აზია“, სამეცნიერო კონფერენციის შრომები, ქუთაისი, საქართველო, 2023, გვ.220-225.
7. აფციაური ა.ზ, ქებურია მ.ა. დისიპაცია პერფორირებული ტიხრებში როგორც სიჩქარეთა ველის უთანაბრობის ფუნქცია. მოსკ. საავტომობილო მრეწველობა №7, 1988, გვ. 40.
8. რ. თოფურია. თერმოდინამიკა და სითბოგადაცემა (დამხმარე სახელმძღვანელო) ქუთაისი. 2009. 204 გვ.

SUMMARY

DETERMINATION OF THE POROSITY AND PARAMETERS OF THE NEUTRALIZER-CATALYST ELEMENTS OBTAINED BY THE SELF-PROPAGATING HIGH-TEMPERATURE SYNTHESIS METHOD

Topuria R.M., Khvadagiani A.I., Iremadze M.E., Zalkaliani D.G., Iremadze D.M., Kochiashvili M.G. and Zivzivadze V.G.

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

Using the given method, it is possible to determine the optimal values of the flow parameters and the geometric dimensions of the neutralizer-catalyst according to the engine type, displacement, used fuel, and engine design.

Keywords: Exhaust gases, catalyst, porous material, ecology, self-propagating high-temperature synthesis

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN FERROSILICOMANGANESE PRODUCTION

Kurdadze G.U.

Zestafoni Ferroalloys Plant JSC

Abstract. The introduction of innovative technologies at the Zestafoni Ferroalloy Plant: the use of perlite as a substitute for quartzite, the melting of steel scrap in the liquid alloy, and the production of furnace hole sealing paste significantly improved the technical, qualitative and quantitative indicators of the products, which led to significant economic benefits and is perceived as a new word in the ferroalloy industry.

Keywords: silicomanganese, quartzite, perlite, scrap, paste, exothermic, heat capacity.

Introduction

Ferrosilicomanganese is considered one of the elite metallurgical products, even because its production requires at least 5 times more electricity than the production of electrical steel. Ferrosilicomanganese metallurgy is distinguished by a variety of raw materials (manganese ores, concentrates, quartzites, restorative agents - coke and coal, limestone, lime, etc.) and other auxiliary technological materials (refractory brick, electrode, coal block, hole paste, etc.).

The quality and price of these materials determine the prime cost of the final product - ferroalloy. Unfortunately, the quality of raw materials brought to the market is constantly deteriorating and the price is permanently increasing, which forces entrepreneurs in this field to look for new and cheaper alternative technologies. From this point of view, the metallurgists of Zestafoni Ferroalloy Plant are no exception.

Use of perlite as a replacement raw material for quartzite

Since 2021, the Zestafoni Ferroalloy Plant has begun replacing expensive Turkish quartzite with relatively cheap local perlite, produced in the municipality of Tsalka, in the production of ferrosilicomanganese, the chemical composition of which is given in Table 1

Table 1. Chemical composition of perlite %

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe	CaO	H ₂ O	Na ₂ O+K ₂ O
70.10	12.00	0.60	0.70	12.60	7.20

The work serves two purposes:

- to reduce the cost of manufactured goods (SiMn) by partially replacing expensive imported quartzite with cheap perlite, switching to pure SiO₂;
- using perlite to increase the fluidity of silico-manganese slag and, as a result, to reduce the losses of finished products in the accompanying slag.

The content of silica (SiO₂) in imported quartzite reaches 97 %. As can be seen from Table 1, its content in perlite is much lower (SiO₂ – 70 %). Nevertheless, the inclusion of perlite in a certain ratio with imported quartzite in the charge has a positive effect on the overall economic indicators and the prime cost of the products. As a result, the partial replacement of imported quartzite with perlite brought significant economic benefits to the plant.

Immersion of steel scrap in liquid melt

In the production of manganese ferroalloys, various types of iron-containing ores were initially used as iron-containing raw materials, and later, the waste of the metalworking industry in the form of steel slag and scrap. These materials were directly supplied to the furnace as the reagents of the charge.



Fig.1. Placement of steel scrap in the ladle

Since 2017, scrap steel that is unsuitable for production has been used at the plant as an iron-containing material to produce SiMn. Scrap in the amount of 100-600 kg, taking into account the ordered chemical composition of the commercial product, is placed in the ladle with a volume of 2.13 m³ before each release (Fig. 1). After pouring the molten products from the furnace into the ladle, the scrap smelts.

For more visibility, in Table 2, we present the chemical composition of the alloy (in mass %) before and after smelting of the scrap steel:

Table 2. Chemical composition of the alloy (in mass %) before and after melting of the scrap steel

Alloy	Mn	Si	P	C	Fe
Before melting of the scrap	74,0	18,4	0,34	1,8	4,9
After melting	67.5	16.6	0.31	1.6	13.9

The melting process in the first approximation can be considered as a heat exchange task between two inert bodies in the case when one body is solid (scrap) and the other is liquid (silicomanganese). Of course, the final, complete model of the process must take into account the enthalpy of the formation of silicides, the thermal effects caused by the mutual solubility of the reactants, and other thermochemical aspects.

At the beginning, let's consider the process of heating of steel scrap, as an inert body, at the expense of cooling the molten silicon manganese until the temperatures equalize. The heat balance of the process can be written in the form of the following algorithm:

$$m_{SiMn} C_p^{SiMn} (T_1 - T) + m_{Fe} C_p^{Fe} (T - T_0) + Q = 0 \quad (1)$$

Where: m_{SiMn} and m_{Fe} are the masses of the reactants (silicomanganese and iron) participating in the process, C_p^{SiMn} and C_p^{Fe} – their specific isobaric heat capacities, T_1 is the temperature of the molten silicomanganese at the moment of release from the furnace, T_0 is the initial temperature of the scrap, and T is the final temperature of the process. Q – are heat losses (heat dispersion in the environment, heating of the ladle. It is clear that these losses do not change from casting to casting, are regular in nature and can be taken out of consideration as a constant

The whole process, i.e. the process of equalizing the temperature field in the system, depends on two variables (parameters): the amount of iron scrap and its initial temperature. The ordered composition of iron in the commercial product determines the weight of the scrap, which under the conditions of the Zestafoni Plant (volume of ladle 2.15 m³, the mass of the molten silicon-manganese 8200 kg) ranges from 100 to 800 kg;

The lower limit of the casting temperature on the casting machine is determined by the liquidus regions indicated on the state diagrams of the ferro-silico-manganese system and prohibits us from allowing the temperature of the ladle to fall below this temperature limit during the casting process.

The thermochemical parameters of the reagents involved in the process are as follows:

Atomic heat capacity of molten manganese – 46.2 J/mol ·K from the melting temperature (T_L) in the temperature range of 1873⁰K [3];

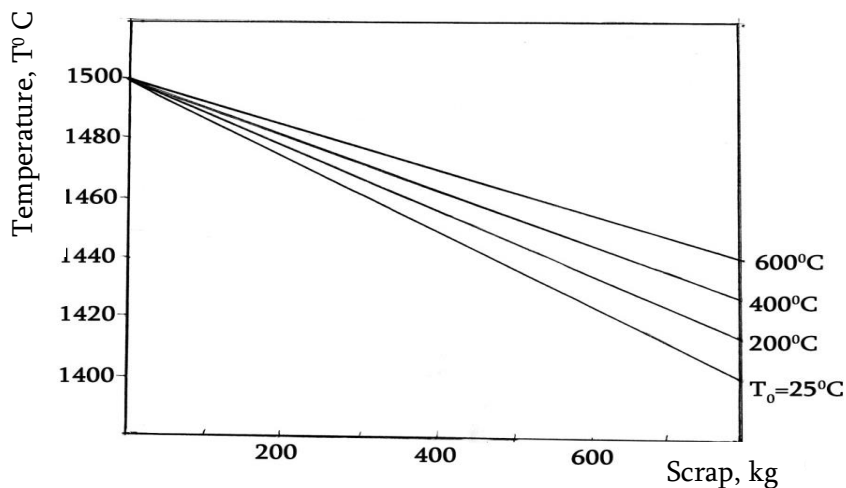
Atomic heat capacity of molten silicon – 25.7 J/mol ·K from the melting temperature (T_L) in the temperature range of 1873⁰K [3];

According to the Neumann Kopp's additivity rule, the molar heat capacity of molten silicomanganese is determined to be 35.95 J/mol·K and accordingly, the specific heat capacity is $35.95/0.5M_{Mn}+0.5M_{Si} = 860$ J/kg·K, (M – molecular weight), the value of which was used by us during the calculations. The average specific heat capacity of iron is taken as $C_p^{Fe} = 641$ J/kg·K.

Taking into account these characteristics, under conditions of the fixed initial temperature of the scrap ($T_0=const$), the total equilibrium temperature of the system (T) calculated by the formula (1) decreases linearly with the increase of the mass of the scrap. This result can be presented in Table 3 form or graphically.

Table 3. The final equilibrium temperature of the smelting process T °C

Scrap, kg	Equilibrium temperature T °C			
	$T_0=25$ °C	$T_0=200$ °C	$T_0=400$ °C	$T_0=600$ °C
200	1475	1479	1482	1485
400	1450	1456	1463	1470
600	1425	1435	1445	1456
800	1400	1414	1427	1441



Graph 1. The final equilibrium temperature of the smelting process $T^{\circ}C$

It should be noted here that iron and silicon interact strongly and form several silicides (Fe_3Si , Fe_5Si_3 , $FeSi$, $FeSi_2$) mixing, of which $FeSi$ is congruent [1]. This fact is clearly reflected in the sign and value of the mixing heat, in particular, it has been established [2] that the value of the first dissolution heat of iron in silicon exceeds 100 kJ/g.atom and the integral value of the mixing heat is $DH=-38kJ/g.atom$ (Fig. 2). This indicates that the mixing of the molten components is a strongly exothermic process, with the release of heat [3] and is likely to contribute to the fusion process of the scrap metal with the molten silicon.

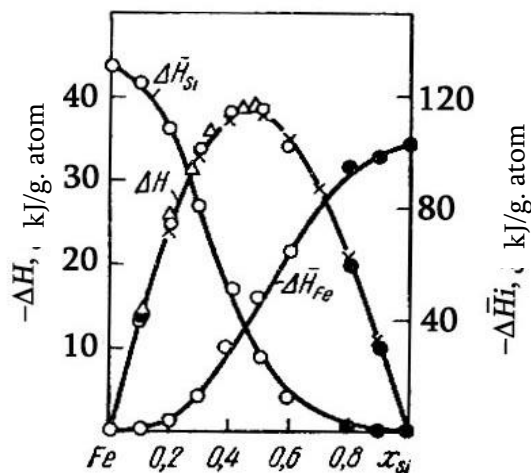


Fig.2. The partial (ΔH_i) and integral (ΔH) values of the mixing heat of iron and silicon according to

This technology has provided us with significant economic benefits. This means that we finally got a surplus of finished products, on which coke, coal and electricity were not spent, it was obtained only by melting iron scrap in the ladle.

It should be noted that this technology, in addition to eliminating the cost of electricity required for scrap melting and providing the factory with significant economic benefits, also improved technical indicators: it reduced the phosphorus content in the commercial products and increased the physical-mechanical strength of the products. As a result, the share of fractional

products in the crushing process increased significantly and the amount of fines breeze (0-10 mm) decreased accordingly.

Self-made paste for closing the furnace discharging hole

The process of opening and closing of the discharging hole of the metallurgical smelting vessel has always been considered one of the most responsible operations in the metallurgical industry. Until the twentieth century, this process was done by hand and required great skill from the performer, who also had to prepare a paste-like mass on a base of refractory clay to cover the hole.

In the 20th century, the mechanization process of opening and closing the hole began, which also required the industrial production of hole-closure paste. At the Zestafoni Ferroalloy Plant, a machine for opening and closing the furnace hole was first installed in 2014 on furnace # 2 of workshop # 1 of the plant, at which time the use of the paste started. Currently, two furnaces (# 2, # 6) of workshop # 1 and four furnaces (# 22, # 23, # 24, # 26) of workshop #4 are equipped with such machines. Accordingly, the cost of the hole-closing paste has also increased.

The hole-closing paste in the factory was mainly imported from abroad (China), it took more than two months to produce and transport the paste, and its service life in operation was 6 months, which caused some inconvenience in the production process and often caused failures in the supply of paste, especially during the period of the global pandemic. A deficiency of hole-closing paste resulted in damage to the walls of the outlet hole. Taking into account all the above, in August 2021, trial works were started using the secondary resources available in the factory (coke breeze, electrode mass, clay soil, sand, tar pitch) for the on-site production of the hole closing mass.

Currently, appropriate technological recipes have been developed and the metallurgical laboratory of the factory is equipped with appropriate equipment: a drying chamber, a mill, a dry mixer, a runner, a mixer made in China, a sieve with two output belts, an electric balance, and others.



Fig. 3. A kneading apparatus (Shimpo NVS-07) for making paste

By producing our own paste for the furnace hole, the quality of the commercial goods has been significantly improved.

REFERENCE

1. M. Hansen, K. Anderko. Structures of binary alloys. M, Metallurgizdat, 1962M. (Хансен, К. Андерко. Структуры двойных сплавов. М, Metallurgizdat, 1962).
2. P.V.Geld, B.A.Baum, M.S.Petrushevsky. Liquid- alloys of ferroalloy industry. -M, Metallurgy, 1973, 288p. (П.В.Гельд, Б.А.Баум, М.С.Петрушевский. Расплавы ферросплавного производства. - М.: Metallurgy, 1973, 288 с.
3. O. Kubashevsky, S. B. Alcock. Metallurgical thermochemistry. -Moscow, Metallurgy, 1982, 390. (О.Кубашевский, С.Б.Олкокк. Metallurgical thermochemistry. -Москва, Metallurgy, 1982, 390 p.

რეზიუმე

ინოვაციური ტექნოლოგიები ფეროსილიკონმანგანუმის წარმოებაში

ქურდაძე გ.უ.

ს.ს. ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხანა

ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხანაში ინოვაციური ტექნოლოგიების დანერგვამ: პერლიტის გამოყენებამ კვარციტის შემცველ ნედლეულად, ფოლადის ჯართის ჩაღობამ თხევად ნაღობში და ღუმელის ხვრელის დასაკეტი პასტის წარმოებამ მნიშვნელოვნად გააუმჯობესა სასაქონლო პროდუქციის ტექნიკური, ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მაჩვენებელი, რამაც განაპირობა მნიშვნელოვანი ეკონომიკური სარგებელი და ახალ სიტყვად აღიქმება ფეროშენადნობების ინდუსტრიაში.

საკვანძო სიტყვები: სილიკონმანგანუმი, კვარციტი, პერლიტი, ჯართი, პასტა, ეგზოთერმული, თბოტევადობა.

LECA-ს მისაღები სანედლეულო ბაზის გასაფართოებლად ადგილობრივი სილიკატური ნედლეულის შერჩევა და ტექნოლოგიურობის შეფასება

ჭეიშვილი თ.მ., სხვიტარიძე რ.ე., ლოლაძე გ.ზ., ზაქარაია მ.მ., მუხათგვერდელი ნ.ნ.,
სხვიტარიძე ა.რ., გურასაძევილი ა.ნ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესავალი

ტექნიკაში და მრეწველობაში ფართოდ გამოყენებული და სხვადასხვა ფუნქციური დანიშნულების არაორგანული ფორიანი მასალა მიიღება განსხვავებული სახის ნედლეულიდან და აღნიშნულის განსახორციელებლად მრავალი განსხვავებული ტექნოლოგიური გადაწყვეტაა შემუშავებული [1–4].

სამრეწველო დანიშნულების მსუბუქი ფორიანი მასალა – LECA (Lightweight Expanded Clay Aggregate), როგორც წესი, მიიღება თიხოვანი ქანების მაღალტემპერატურული აფუებით. ხელოვნური გზით მიღებული ასეთი მასალის სტრუქტურა – წვრილმარცვლოვანი და დახურულფორიანია, რაც სიმსუბუქის გარდა მას ანიჭებს საუკეთესო თბო- და ბგერასაიზოლაციო თვისებებს. მოყვანილი თვისებები განსაზღვრავენ LECA-ს ფართო გამოყენებას სამშენებლო საქმეში (მსუბუქი და შემსუბუქებული ბეტონები, სპეციალური საგზაო ნაყარები და თბოდა-ნადგარების საიზოლაციო ფასონური დეტალები, ნიადაგების გეოტექნიკური გამაგრება). ასევე რეკომენდირებულია მათი გამოყენება გზის საფარების შესაქმნელად და ასევე დაბინძურებული სიტხეების გამწმენდი პირველადი ფილტრების დასამზადებლად და სხვ. [5, 6].

LECA-ს ყველაზე გავრცელებულ პროდუქტს წარმოადგენს „კერამზიტის“ დასახელებით ცნობილი არაორგანული ფორიანი მასალა, რომელიც მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში იწარმოება და პრაქტიკულად გამოიყენება. აღნიშნულის წინაპირობას წარმოადგენს კერამზიტის მისაღებად გამოყენებული ნედლეულის მრავალსახეობა და ბუნებაში გავრცელება. კერამზიტის მისაღებ ნედლეულად ძირითადად გამოიყენებენ ადვილდნობად თიხებს, ხოლო იშვიათად ის მზადდება თიხაფიქალებიდან და სხვა თიხური მინერალებიდან. აღნიშნული სახეობის ადგილობრივი ნედლეულიდან კერამზიტის მიღებისა და მისი გამოყენებით კერამიკული და სხვა სახის ნაწარმის შესაძლებლობათა შესწავლას მიეძღვნა არაერთი კვლევა [7–10].

ცნობილია, რომ LECA-ს მისაღებად გამოიყენება ადვილდნობადი თიხოვანი ქანები (პლასტიკური, ფხვიერი, ქვისმაგვარი): ძირითადად თიხები, ხოლო იშვიათად თიხაფიქალები, არგალითებები და სხვა სახის თიხური მინერალები. LECA-ს მისაღები ნედლეულის შედგენილობა რეგლამენტირებულია შესაბამისი სტანდარტით [11]. ნედლეულში დასაშვებია შემდეგი სახის თიხური მინერალები: შეზღუდული რაოდენობით (არა უმეტესი 30 %) მონტმორილონიტი, ხოლო შეუზღუდავად ჰიდროქლორიდები, ჰიდროქარსები და სხვ. სხვა მინარევებიდან შეიზღუდება თავისუფალი კვარცის რაოდენობა (ნაკლებია 30 მას. %), რადგან მისთვის დამახასიათებელია ლდობის მაღალი ტემპერატურა, რაც ხელს შეუშლის ნედლეულის აფუება-მიღების დასაშვებ ტემპერატურებზე (1100 – 1250 °C), რასაც მოითხოვს LECA-ს ტიპური საწარმოო ტექნოლოგია [12, 13].

რაც შეეხება LECA-ს მისაღებ სანედლეულად გამოყენებულ თიხოვან ქანებს – მათ შედგენილობაში სასურველად მიჩნეული ცალკეული ოქსიდების შემდეგი რაოდენობით შემცველობა (მას. %): $60 \div 80 (SiO_2 + TiO_2 + Al_2O_3)$, $3 \div 12 (FeO + Fe_2O_3)$ 10-მდე $(CuO + MgO)$, $1 \div 6 (Na_2O + K_2O)$; ამასთან, აქროლად და ორგანულ ნივთიერებათა ჯამური შემცველობა არ უნდა აღემატებოდეს 10 მას. %-ს [11].

აღსანიშნავია, რომ თიხური ქანებიდან LECA-ს მიღება ხდება, როგორც წესი 1100 – 1250 °C-ზე 10 – 20 წუთიანი დაყოვნებით. რეკომენდირებულია ნედლეულის დაახლოებით

ერთნაირი ზომის გრანულების (თიხების დაგუნდავება) ან ნატეხების (თიხაფიქალები და ა.შ.) აფუების პროცესში ჩართვა. ამავე დროს გამოირიცხება 0 – 5 მმ-ზე ნაკლები ფრაქციულობის ნედლეულის გამოწვა-აფუება, ხოლო მაღალტემპერატურული აფუების პროცესის ხარისხიანი ჩატარება აუცილებელს ხდის მასალათა 5 – 10, 10 – 20 და 20 – 40 მმ ზომის გრანულების ან ნატეხების გამოყენებას [11].

არაკონდიციური ნედლეულიდან (მინერალოგიურ-ქიმიური შედგენილობათა შეუსატყვისობა) ფორიანი მასალის მიღების უზრუნველსაყოფად ხშირად მიმართავენ კომბინირებული (თიხოვანი მასალა – ორგანული დანამატი) ნარევის შედგენას. დანამატად ძირითადად გამოიყენებენ ტექნოგენურ ორგანული ბუნების ნარჩენებს (ქვანახშირის მტვერი ან წვრილმანი, ნამუშევარი ზეთი, ნახეხი და სხვ.), რაც გარემოს დაბინძურების დამატებით ეკოპრობლემას ქმნის [11, 14, 15].

თიხოვანი ნედლეულის თერმომოდიფიცირების საკითხები და მათ საფუძველზე ფორიანი მასალების მიღების ტექნოლოგია დღეისათვის ძირითადში ცნობილია და პრაქტიკულად რეალიზებულია [9, 12, 16]. მაგრამ დღემდე არსებობს ისეთი საკითხები, რომლებიც მოითხოვს დაზუსტებას და ღრმა შესწავლას. კერძოდ, დღემდე აუხსნელია თიხოვანი ქანების მაღალტემპერატურული აფუების პროცესის ფიზიკურ-ქიმიური არსი, ნედლეულის შედგენილობის და დანამატების რაობის გავლენა ფორიანი მასალის მიღების ტექნოლოგიურ პარამეტრზე და საბოლოო პროდუქტის სახეზე. აქტუალურია საკითხი – ცნობილი საწარმოო ბაზის ალტერნატიული სილიკატური ბუნების მასალებით/ნედლეულით ჩანაცვლებას, ხოლო საჭიროების შემთხვევაში მათთვის აფუების ხარისხის მარეგულირებელი და ეკოლოგიურად უსაფრთხო არაორგანული ბუნების დანამატ-მოდიფიკატორის შერჩევა და სხვ.

აღნიშნულიდან გამომდინარე განისაზღვრა კვლევითი სამუშაოს ამოცანა: შესწავლილ იქნას LECA-ს მიღების შესაძლებლობა, გამოყენებული ან ნაკლებად გამოყენებული ადგილობრივი სილიკატური მასალის/ნედლეულის საფუძველზე: მათგან მიღებული ფორიანი მასალისათვის სასურველ თვისებათა მისანიჭებლად და მარეგულირებელი არაორგანული ბუნების დანამატ-მოდიფიკატორთა შერჩევა-შეფასება, მათი მიზნობრივად გამოყენების პერსპექტიულობის დადგენით.

ძირითადი ნაწილი

კვლევის ამოცანებიდან და გრძელვადიან პერსპექტივაში მრავალფუნქციური LECA-ს მისაღებად შერჩეული იქნა საქართველოში არსებული და დღეისათვის სამრეწველო დარგების მიერ ნაკლებად გამოყენებული და ერთმანეთისაგან ბუნებით განსხვავებული ცხრა მასალა. მათი შერჩევის პირველი ეტაპი განხორციელდა რამოდენიმე ნიშნით: მასალის კარიერის არსებობა ან მოპოვების შესაძლებლობა და მისაწვდომობა, სილიკატურ დარგში მათი გამოყენების არსებული პრაქტიკა ან კვლევებით დადგენილი პერსპექტიულობა/რეკომენდაციები. მეორე ეტაპზე შერჩეული მასალები დაიყო ორ ჯგუფად. პირველ ჯგუფში შეყვანილი იქნა სილიკატური მასალები/ქანები, რომლებსაც შეეძლოთ LECA-ს ტიპის მასალებში გარდაქმნა ტრადიციული ტექნოლოგიის – აფუების მიღწევა მაღალტემპერატურული დამუშავებით. მეორე ჯგუფში შეყვანილი იქნა ისეთი არაორგანული მასალები/ნედლეული, რომლებშიც სილიკატურ მინერალებთან ერთად წარმოდგენილია კარბონატული, სულფატური ან/და ოქსიდური ნაერთები, რომელთაც უნარი შესწევთ დაიშალონ მაღალტემპერატურებზე (ხელი შეუწყონ აფუების პროცესს) ან უზრუნველყონ ძირითადი ნედლეულის გარბილების (პიროპლასტიკურ მდგომარეობაში გადასვლის) ტემპერატურის დაწევა. მოყვანილი პირობების გათვალისწინებით, საქართველოს ტერიტორიაზე შეირჩა პერსპექტიული ექვსი ძირითადი ნედლეული და სამი დამხმარე/მამოდიფიცირებული სახეობის მასალა:

ძირითადი ნედლეული:

- ცეოლითური ტუფი (ხეკორძულა; შიდა ქართლი)
- ობსიდიანი (ჭიქაგორა, სამცხე-ჯავახეთი)
- თიხაფიქალი (მდ. ღურუჯი; კახეთი)
- არგილითი (თელეთი; გარე ქართლი)
- ვულკანური ფერფლი (ბადიაური; კახეთი)
- ტრაქიტი (ციხისუბანი; გურია)

დამხმარე მასალები:

- გაჯი (ორხევი; თბილისის გარეუბანი)
- ცემენტის წარმოების მტვერი (კასპის ცემენტის ქარხანა, ქართლი)
- მანგანუმის შემცველი კარბონატული მადანი (ჭიათურა; იმერეთი)

საკვლევად აღებულ მასალებს შორის განსხვავება დაფიქსირდა, როგორც საწყისი ფიზიკური გარესახით-ფორმით (სხვადასხვა ზომის ნატეხები), ასევე ფიზიკური მდგომარეობით (მაგ. ობსიდიანი – შავი ფერის ბზინვარე მინაა, ხოლო ვულკანური ფერფლი – ღია რუხი შეფერილობის მარცვლებითაა წარმოდგენილი და ა.შ.).

ცხრილი 1. LECA-ს მისაღები ძირითადი და დამხმარე ნედლეულის ქიმიური (გასაშუალებული) შედგენილობა

N	ნედლეულის დასახელება ⁽¹⁾	ნედლეულის და დანამატების ქიმიური შედგენილობა, მას. %											
		LOI	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ ⁽²⁾	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	TiO ₂	ჯამი
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	ცეოლითური ტუფი	12,87	62,58	13,24	1,76	2,75	1,06	0,11	3,92	1,31	0	0,40	100,0
2	ობსიდიანი	0,47	73,51	14,61	1,25	1,12	1,39	0,10	2,98	4,27	0,3	0	100,0
3	თიხაფიქალი	5,60	59,01	17,65	6,95	1,60	2,28	0,37	2,78	2,68	0,32	0,76	100,0
4	არგილითი	7,25	47,21	15,92	13,33	6,38	4,23	0,11	2,84	1,33	1,40	0	100,0
5	ვულკანური ფერფლი	6,03	65,12	13,23	5,46	1,05	0,25	0,10	0	8,64	0	0,12	100,0
6	ტრაქიტი	1,25	64,15	20,12	1,54	0,13	0	0,10	0,10	12,3	0	0,31	100,0
7	გაჯი	17,71	20,91	6,40	1,75	25,13	0,82	0	1,10	0,22	25,96	0	100,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
8	ცემენტის წარმოების მტვერი	36,69	11,74	2,67	1,42	46,31	0,51	0,05	0,10	0,47	0,04	0	100,0
9	მანგანუმის შემცველი კარბონატული მადანი	28,85	19,82	3,78	2,17	15,43	2,70	23,05	1,35	0,70	2,15	0	100,0

შენიშვნა: (1) – ძირითადი ნედლეული (№1-6) და დამხმარე მასალები (№ 7-9)

(2) – $(FeO + Fe_2O_3)$ (Fe_2O_3 -ზე დაანგარიშებული)

ყველა მასალას, გარდა ვულკანური ფერფლისა, იდენტური წინასწარი დამუშავება ჩაუტარდა. მასალათა საკვლევ ულუფები (შემოტანილი სინჯები) გაშლილ მდგომარეობაში შრებოდა ოთახის ტემპერატურაზე და შემდგომ რამოდენიმე საფეხურიანი მსხვრევა უტარდებოდა ლაბორატორიულ ყბებიან მსხვრევანაში. მსხვრევის ბოლო საფეხურზე, მსხვრე-

ვანას გამოსავლელი ხვრელის სიგანე 10 მმ-ს შეადგენდა. მსხვრევანაში დაქუცმაცებული მასალა (ასევე ფხვიერი ვულკანური ფერფლი) იცრებოდა № 0,25-დან №10-მდე საცრებიდან შემდგარ ნაკრებში. ფრაქციებად დაყოფილი და ჰაერზე გამშრალი მასალის შენახვა მოხდა თავდახურულ ტევადობებში. კვლევის მიმდინარე ეტაპზე გამოიყენებოდა N0,25 საცერში გასული და ლაბორატორიულ საშრობში (110 °C; 2 სთ) გამომშრალი და დამატებით წისქვილში დაფქული მასალა, რომელიც ინახებოდა ჰერმეტიკად თავდახურულ მინის ჭურჭელში.

LECA-ს მისაღებად შერჩეული ორივე სახეობის (ძირითადი და დამხმარე) მინერალური ნედლეულის ქიმიური შედგენილობები მოყვანილია ცხრ.1-ში.

ძირითადი ნედლეულის (შედგენილობები 1 – 6) და დამხმარე მასალების (შედგენილობები 7 – 9) შედგენილობათა შორის ფიქსირდება მნიშვნელოვანი და სასურველი განსხვავება LOI-ის (ხურვებითი დანაკარგები) მნიშვნელობათა შორის ისინი დამხმარე მასალებში დიდი ოდენობით არიან წარმოდგენილი. პირიქით, ძნელადდნობად ალუმინ-სილიკატურ შემადგენელთა ($SiO_2 + Al_2O_3$) შემცველობა საგრძნობლად მეტია №1 – 6 შედგენილობებში (ძირითადი ნედლეული).

აღნიშნული გარემოება მოსალოდნელს ხდის დამხმარე მასალათა ეფექტურ ჩართულობას ძირითადი ნედლეულის აფსუების პროცესში. რაც შეეხება LECA-ს მისაღებად შერჩეულ ექვსი სახეობის ძირითად ნედლეულის – მათი მოსალოდნელი ვარგისიანობა (კერამიზიტის სახის ფორიანი მასალის მიღება) შეფასდა კერამიზიტის მისაღებ ნედლეულის მიმართებაში არსებული მოთხოვნების (GOST 32026 – 2012) და ცხრ.1-ში მოყვანილ მონაცემთა შედარებით.

ცხრილი 2. LECA-ს მისაღებად რეკომენდირებული და საკვლევად აღებული ნედლეულის ქიმიურ შედგენილობათა შედარებითი მონაცემები

N	მინერალური ნედლეული	მასალის ბუნება (3)	ოქსიდურ ნაერთთა ჯგუფები და მათი ჯამური შემცველობა, მას. % ⁽¹⁾				ხურვებითი დანაკარგები LOI, მას. %
			($SiO_2 + TiO_2 + Al_2O_3$)	($FeO + Fe_2O_3$)	CaO + MgO + MnO	($Na_2O + K_2O$)	
0	სტ 32026-2012 რეკომენდირებული	კრ.	60-დან 80-მდე	3 – 12	< 10	1 – 6	10-ზე ნაკლები ⁽²⁾
1	ცეოლითური ტუფი	კრ.	76,2	<u>1,8</u>	3,9	5,2	12,7
2	ობსიდიანი	ამ.	<u>88,1</u>	1,3	2,5	<u>7,3</u>	0,5
3	თიხაფიქალი	კრ.	76,7	7,0	3,9	4,3	5,6
4	არგოლითი	კრ.	63,9	<u>13,3</u>	<u>10,7</u>	4,2	7,3
5	ვულკანური ფერფლი	კრ.ამ	78,4	5,5	1,5	<u>8,6</u>	6,0
6	ტრაქიტი	კრ.	<u>84,6</u>	<u>1,5</u>	0,2	<u>13,3</u>	1,3

შენიშვნა: (1) – მონაცემები მოცემულია ± 0,1 მას, % სიზუსტით

(2) – ყველა სახის (ქლორი ფტორი, H_2O , CO_2 , SO_2 და სხვ.) აქროლადები ჯამური რაოდენობა

(3) – პირობითი აღნიშვნები: კრ – კრისტალური; ამ – ამორფული; კრ-ამ – კრისტალურ-ამორფული.

ცხრ. 2-ში მოყვანილი მასალათა შედგენილობების შედარებით ირკვევა, რომ საკვლე- ვად აღებული მინერალური ნედლეულიდან, სტანდარტის რეკომენდაციებს სრულად აკმა- ყოფილებს თიხაფიქალი. არგილითში ფიქსირდება $RO(CaO + MgO + MnO)$ და $(FeO + Fe_2O_3)$ ტიპის ოქსიდების სიჭარბე, ხოლო ცეოლითურ ტუფში მათი რაოდენობა რეკომენდირებულ- ზე მცირე ოდენობითაა წარმოდგენილი. ორივე შემთხვევაში დაფიქსირებული შეუსა- ბამისობა ვერ ჩაითვლება ნაკლად, რადგან არგილითში რკინის, ხოლო ცეოლითურ ტუფში – ტუტე ოქსიდთა სიჭარბემ უნდა განაპირობოს მათი პიროპლასტიკურ მდგომარეობაში გადასვლა სასურველ ტემპერატურულ ინტერვალში ($1250\text{ }^{\circ}\text{C}$ -მდე).

ობსიდიანი და ვულკანური ფერფლი, შესაბამისად წარმოადგენენ ამორფული და ამორფულ-კრისტალური ბუნების ქანებს. მათი შედგენილობათა „ნაკლად“ შეიძლება ჩაი- თვალოს $RO_2 + R_2O_3$ ოქსიდების რეკომენდირებულზე უფრო მაღალი რაოდენობა (დაახ- ლოებით 88 და 84%), რაც მოსალოდნელს ხდის ორივე მასალის პიროპლასტიკურ მდგ- მომარეობაში გადასაყვანი ტემპერატურის სასურველზე უფრო მაღალ მნიშვნელობებამდე აწევას. აღნიშნულის მაკომპინსირებულ გარემოებად შეიძლება ჩაითვალოს მათ შედგენი- ლობაში წარმოდგენილი ტუტეოქსიდთა მაღალი ჯამური შემცველობა (7,3 % ობსიდიანში და 8,6 % ვულკანურ ფერფლში) და დამატებით ის ფაქტი, რომ ობსიდიანი - პრაქტიკულად ბუნებრივი მინაა, ხოლო ვულკანური ფერფლი – მაგმური წარმოშობის ვულკანური მინის და კრისტალური ბუნების მინერალების კონგლომერატია, აქედან, მოსალოდნელი ხდება მათი პიროპლასტიკურ მდგომარეობაში უფრო დაბალ ტემპერატურებზე გადაყვანა, ვიდრე მათი შედგენილობებიდან გამომდინარე არის მოსალოდნელი.

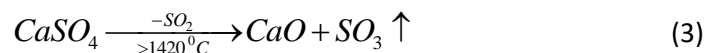
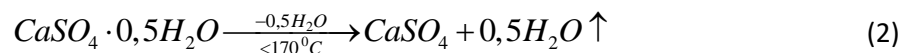
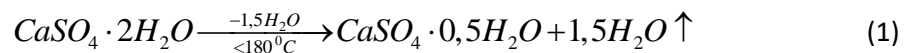
ტრაქიტის ქიმიურ შედგენილობაში დაფიქსირდა (ობსიდიანის და ვულკანური ფერფ- ლის მსგავსად) ძნელადდნობადი ოქსიდების ($SiO_2+TiO_2+Al_2O_3$) სიჭარბე ჯამურად დაახ- ლოებით 85%-ს შეადგენს, მაგრამ ამავდროულად მასში, სხვა საკვლევად შერჩეულ ნედ- ლეულთან შედარებით, R_2O ტიპის ოქსიდები დიდი ოდენობითაა (13 %-ზე მეტი) წარ- მოდგენილი. ამასთან, ტრაქიტის შედგენილობაში გამოკვეთილად მცირე რაოდენობითაა რკინის ოქსიდები (1,5 %) და ასევე აქროლადი ნაერთები (LOI = 1,3 %). შედგენილობის თავი- სებურებათა გათვალისწინებით შეიძლება ვივარაუდოდ, რომ ტრაქიტის პიროპლასტიკურ მდგომარეობაში გადაყვანა და აფუება უნდა წარიმართოს LECA-ს მისაღებად არსებულ ტექნოლოგიურ პროცესებში მიღებულზე უფრო მაღალ ტემპერატურებზე ($T > 1300\text{ }^{\circ}\text{C}$) და ამასთან სპეციალურად შერჩეული აფუების უზრუნველმყოფელი დანამატ-მოდიფიკატორის გამოყენებით.

LECA-ს მიღება უკავშირდება გარკვეული ქიმიურ-მინერალოგიური შედგენილობის მასალათა მაღალტემპერატურულ ($\approx 1250\text{ }^{\circ}\text{C}$ -მდე) დამუშავებას. თერმული დამუშავება (ტემ- პერატურის ზრდა) იწვევს შესაბამის ნედლეულში წარმოდგენილ ძირითადი და თანმხლები მინერალების ეტაპობრივ გარდაქმნას, რაც მთავრდება მასალის ან მისი ძირითადი ნაწი- ლის ე.წ. პიროპლასტიკურ მდგომარეობაში გადასვლას ($\approx 1100 - 1200\text{ }^{\circ}\text{C}$). პარალელურად ამავე ტემპერატურებზე მომდინარეობს ნედლეულში წარმოდგენილი მინერალების ან ოქსიდური და სხვა სახის დისოცირებადი ნაერთების დაშლა. ორივე პროცესის შერწყმა გან- საზღვრავს უჯრედოვანი აღნაგობის და დახურულფორიანი სტრუქტურის ხელოვნური მასა- ლის – LECA-ს წარმოქმნას, ე.ი. აფუების გამომწვევი წყარო ან თვით ნედლეულში უნდა იყოს ან მის მისაღებად საჭირო ხდება დამატებით ისეთი დანამატ-მოდიფიკატორთა გამოყენება, რომელიც ინტესიურად იწყებს დაშლას-აირწარმოქმნას დაახლოებით $750\text{ }^{\circ}\text{C}$ – ზემოთ და ეს პროცესი გრძელდება უფრო მაღალ ტემპერატურებზე. მნიშვნელოვანი ხდება ის გარემოება, რომ მოყვანილ ტემპერატურიდან აფუების მაქსიმალურ ტემპერატურამდე ასვლა ძალზე მოკლე დროის პერიოდში ხდება და აირწარმოქმნის პროცესის ინტენსივობის პიკი ძირი- თადად აფუების ტემპერატურულ ინტერვალზე მოდის. ფორიანი მასალების მიღების ათამდე ხერხიდან, LECA-ს მიღების მოყვანილი ტექნოლოგიური პროცესი ერთ-ერთ ძირი- თად მეთოდად არის მიჩნეული [12,13].

რაც შეეხება სამ დამხმარე მასალას (გაჯი, მანგანუმშემცველი კარბონატული მადანი და ცემენტის წარმოების მტვერი), მათი ქიმიური შედგენილობები წარმოდგენილია ცხრ. 1-ში (№7 – 9). ყველა მათგანი ($SiO_2 + Al_2O_3 + TiO_2$) და R_2O ტიპის ოქსიდების ჯამური დაბალი, ხოლო RO-ოქსიდების მაღალი შემცველობით ხასიათდებიან, რაც გამორიცხავს მათი მონოკაზმის აფუების და შესაბამისად LECA-ს მიღებას. მათ შედგენილობაში მნიშვნელობას იძენს LOI-ის (აქროლადი დანაკარგების) სიჭარბე, რაც სხვა ნიშნების – მათი შემცველ ნივთიერებათა რაობა, აირების გამოყოფის ტემპერატურა და რაოდენობა, შესაძლებელს გახდის მათი აფუების პროცესის ხელშეწყობად წარმოსახვას.

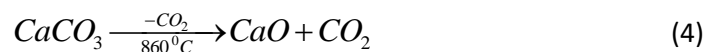
კონკრეტული სახეობის ორ მასალას (გაჯი და ცემენტის წარმოების მტვერი) აერთიანებს ერთი თავისებურება – მათში დიდი ოდენობითაა წარმოდგენილი კალციუმის ოქსიდი (შესაბამისად, 25 და 46 %). მათგან განსხვავებით, მანგანუმშემცველი კარბონატული მადანი გამოირჩევა CaO -ს შედარებით დაბალი ($\approx 15\%$) შემცველობით, მაგრამ მასში MnO -ს შემცველობა 23 %-ზე მეტია. თუ მხედველობაში იქნა მიღებული მასალათა შედგენილობა – სამივე მათგანი უნდა განსხვავდებოდეს აირწარმომქმნელი ნაერთის სახით.

გაჯი შეიძლება წარმოდგენილი იყოს ძირითადად ორი მინერალის – თიხის და თაბაშირის შემცველ მასალად [17]. თიხას უნარი შესწევს თერმული დამუშავების პროცესში დაკარგოს კრისტალიზაციური წყალი ($650 - 850^\circ C$) [16]. ამავე დროს, ბუნებრივი თაბაშირის დაშლა მრავალსაფეხურიანი პროცესია [18]:



მოყვანილი დაბალტემპერატურულ (1) და (2) გარდაქმნები ინტერესს არ წარმოადგენს. ანჰიდრიტის დაშლა (გამოსახულება 3), ძალიან მაღალ ტემპერატურებზე იწყება, რაც ხდის თაბაშირული შემადგენლის აფუების პროცესის დამხმარე მასალად გამოყენებას.

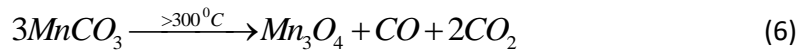
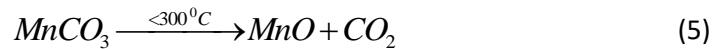
ცემენტის წარმოების მტვერი (კლინკერის მისაღები ღუმელის აირგამწმენდ ფილტრში დაჭერილი) – დიდი რაოდენობით (46 %-ზე მეტი) შეიცავს CaO და მისთვის ფიქსირდება LOI -ის ძალზე მაღალი სიდიდე (36 %-ზე მეტი). აღნიშნულის საფუძველზე შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ტექნოგენური მასალა-მტვერი ძირითადად უნდა შეიცავდეს $CaCO_3$ -ს. მაღალ ტემპერატურებზე ის ინტენსიურად დაიშლება:



მე-4 გამოსახულებაში წარმოდგენილი რეაქციით მიღებული „მაღალტემპერატურულ“ CO_2 -სათვის მოსალოდნელი ხდება მისი მონაწილეობით ძირითადი ნედლეულის აფუების პროცესის ხელშეწყობა/გააქტიურება.

ნედლეულთა შედგენილობის ამსახველ ცხრ. 1-ში წარმოდგენილია დამხმარე მასალის (N9) მანგანუმშემცველი კარბონატული მადნის ქიმიური შედგენილობა. ამ მასალის თავისებურებას, სხვა ნედლეულთან შედარებით, წარმოადგენს მასში CaO -ს (15,4 %) და MnO -ს (23,05 %) თანაარსებობა. აღნიშნული მიანიშნებს მადნის შედგენილობაში კალციუმის და მანგანუმის კარბონატების არსებობის შესაძლებლობაზე [11]. ორივე მასალა – კარბონატი და ტემპერატურის ზემოქმედების შედეგად იშლება: კალციუმის კარბონატი

გამოსახულება (4)-ის მიხედვით, ხოლო $MnCO_3$ -ის დაშლის ორი შესაძლო და ამავედროულად დაბალტემპერატურული პროცესების დაშლის ვარიანტი მოყვანილია რეაქცია (5) და (6) სახით:



აქედან, მანგანუმის შემცველ კარბონატულ მადანში წარმოდგენილი კარბონატული ნაერთებიდან, ძირითადი სანედლეულო მასალათა აფუებაზე უშუალო ზეგავლენა შეუძლია მოახდინოს მხოლოდ მასში შემავალ კალციუმის კარბონატს. მაგრამ, მანგანუმის კარბონატის დაბალტემპერატურული ($t < 300^{\circ}C$) დაშლისას წარმოიქმნება MnO , რომელსაც შეუძლია შეასრულოს ძირითადი მასალის ღღობის ხელშემწყობის როლი და ამ გზით მისი პიროპლასტიურ მდგომარეობაში გადასვლა, ვინაიდან სილიკატურ ნადნობებში მანგანუმის (II) ოქსიდი მალდობლის ფუნქციით წარმოგვიდგება [20].

დასკვნა

მრავალფუნქციური დანიშნულების მსუბუქი არაორგანული ფორიანი მასალების (LECA) მისაღები სანედლეულო ბაზის გაფართოების და მათ მიღებასთან დაკავშირებული ეკოლოგიურ-ტექნოლოგიური საკითხების სრულყოფილი გადაწყვეტის მიზნით შეირჩა ალტერნატიული სანედლეულო ბაზა: ადგილობრივი სილიკატური მასალების შემცველი ქანები და ტექნოგენური ნარჩენები: ცეოლითი, ობსიდიონი, თიხაფიქალი, არგილითი, ვულკანური ფერფლი, ტრაქიტი (ძირითადი ნედლეული) და გაჯი, ცემენტის წარმოების მტვერი, მანგანუმის შემცველი კარბონატული მადანი (აფუების პროცესის ხელშემწყობ-მარეგულირებელი დანამატ-მოდიფიკატორი მასალები). მათი ქიმიური შედგენილობის შესწავლით და ანალიზით დადგინდა ბუნებრივი მასალების და ეფექტური დანამატ-მოდიფიკატორთა სახეობა, რომლებიც პერსპექტიულია LECA-ს მიღების ტექნოლოგიურ პროცესში გამოსაყენებლად.

კვლევა ხორციელდება შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით გრანტი FR-23-15888 „სილიკატური ნედლეულიდან LECA-ს სინთეზში, დანამატ-მოდიფიკატორების როლის შესწავლა“

ლიტერატურა

1. Porows medium or a porous material. <https://www.sciencedirect.com>porous> media – an overview
2. X. Wang. Porous Inorganic Materials (2011). Wiley Online Library <https://onlinclibrary.wiley.com>.
3. X. Lin. Porous Inorganic Materials for Bioanalysis and Diagnostic (2021). ACS Publication. <https://pubs.acs.org>doi>acsbiomaterials>. 1c 00733.
4. П.Г. Кудрявцев. Основные пути создания пористых композиционных материалов. //Нанотехнологии в строительстве, 2020, 12(5), сс.256 – 269.
5. LECA Lightwight Aggregatic (LWA). Лёгкий бетон LECA-LWAC. <https://www.leca.co.uk > products>
6. Техническое руководство LECA . Керамзит. <https://www.keramzit.by/articles>
7. А.Д. Мирианшвили, Л.Т. Койвунен, Р.З. Схвитარიძე, Т.Г. Николеишвили, Д.Р. Рухадзе, А.В. Сарухანიшвили, Т.Ш. Чеишвили. Физико-химическое исследование кварельского сланца с целью широкого применения в силикатиой промышленности. // Керамика, 2001, 2(6), сс. 17-20.
8. ზ. ჯავაშვილი, თ. ჭეიშვილი. ფოროვანი არაორგანული მასალების მიღების და გამოყენების პერსპექტივა საქართველოში. // ინტელექტუალი, 2015, 28, გვ. 112-116
9. R. Skvitaridze, E. Shapakidze, I. Gejadze, M. Abazadze, M. Turdzeldze, T. Cheishvili, A. Skvitaridze. Phisical. Chemical Princoples of Clay Modifying into Filler Pozzolanization Through Rehydro-Liming for Cement Concret Resistance to the natural Disasters (2021) Acta Geodinamica of Geomaterialia. (2011), 18/4 (204). pp. 503-510.

10. ლ. გაბუნია, ი.ქამუშაძე, ე. შაფაქიძე, ი. გეჯაძე. აფუებული მასალის მიღება ადგილობრივი მაგმური ქანების გამოყენებით. //კერამიკა, 2(25), 2011, გვ. 3-5.
11. ГОСТ 32026-2012. Сырье глинистое для производства керамзитовых гравия, щебня и песка. Технические условия. М. GosExpert.ru 2014, с. 32.
12. К.Э. Горьянов, К.Н. Дубенецкий, С.Г. Васильков, Л.Н. Попов. Технолоия минеральных теплоизоляционных материалов и легких бетонов. -М., Стройздат., 1966, 432 с.
13. ა. ტატიშვილი, ე. შაფაქიძე. საშენი მასალები და ნაკეთობანი. -თბილისი, თსუ-ს გამომცემლობა, 1993, 239 გვ.
14. თ. ჭეიშვილი, ნ. ომანიძე. ყვარლის ფიქლის წვრილმარცვლოვანი ფრაქციის აფუების პროცესის შესწავლა. // კერამიკა და მოწინავე ტექნოლოგიები, 2017, ტ. 19, 2(38). გვ. 73-77.
15. ნ.ომანიძე, თ. ჭეიშვილი. წვრილმარცვლოვანი თიხაფიქალის აფუების ხარისხისა და მახასიათებელი თვისებების ურთიერთდამოკიდებულების საკითხისადმი. //საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, 2017, ტ. 17(1), გვ. 189-195.
16. თ.ჭეიშვილი, ა. სხვიტარიძე. თიხოვანი ნედლეულის მინერალების თერმომოდირება და პრაქტიკული გამოყენება. //კერამიკა და მოწინავე ტექნოლოგიები, 2019, ტ. 1(41), გვ. 76-80.
17. Некоторые сведения о газе. Industrial-word/ru/gazha/17506-некоторые-сведения-О – gazhe. html (2024)
18. Рабинович В.А., Чавин З.Я. Краткий химический справочник. -М., Химия, 1978,392 с.
19. ნ. წერეთელი, ქ. წერეთელი. ფეოქსიდების ელექტრომეტალურგია. სტუ-ს გამომცემლობა. 2009, ISBN 978-9941-14-346-5
20. А.А. Аппен. Химия стекла. -М., Химия. 1979, 352 с.

SUMMARY

SELECTION OF LOCAL SILICATE RAW MATERIALS AND EVALUATION OF TECHNOLOGICAL FEASIBILITY TO EXPAND THE RAW BASE FOR OBTAINING LECA

Cheishvili T.Sh., Skhvitaridze R.E., Loladze G.Z, Zakaraia M.Sh., Mukhatgverdeli N.N., Skvitaridze A.R. and Guraspashvili A.N.

Georgian Technical University

Light expanded clay aggregates(LECA) for various functional purposes are obtained by high-temperature fermenting of clay rocks of a certain chemical and mineralogical composition. In order to expand the acceptable food base of various LECA materials and to solve the ecological and technological problems associated with their acceptance, an alternative food base was selected-local silicate materials/rocks and technogenic waste: zeolite-obsidian, shale, argillite, volcanic ash, trachyte (the main raw material) and plaster, cement production dust, manganese carbonate ore(additives-modifying materials that promote and regulate the fermenting process). Various natural materials and effective additives-modifiers have been identified that are promising for use in the technological process of manufacturing LECA by studying and analyzing their chemical composition.

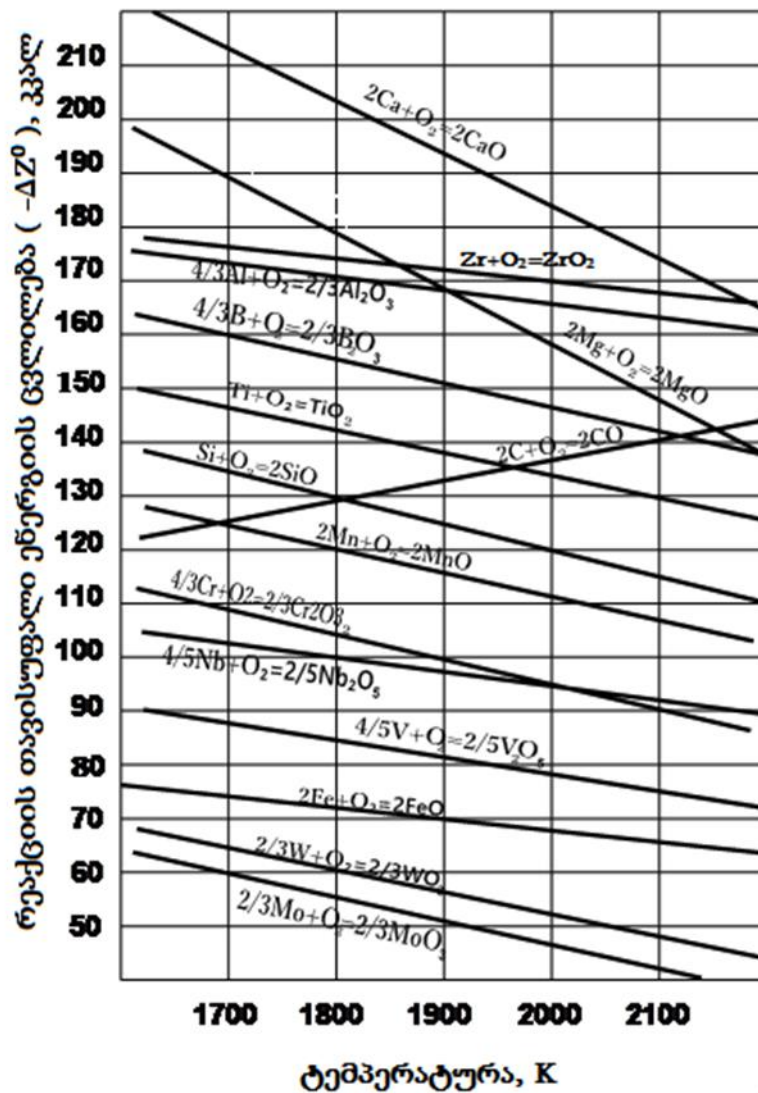
Keywords: LECA, clay materials, silicate materials, additives, composition, transformations.

მანგანუმისა და სილიციუმის ოქსიდების ტყიბულის ნახშირით აღდგენის
თერმოდინამიკა და კინეტიკა

ქევიშვილი გ.შ., ჯულუხიძე ა.გ., ქუმბაძე მ.თ., სიგუა ლ.რ.

სსიპ ფერდინანდ თავაძის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტი

ოქსიდების წარმოქმნის რეაქციის თავისუფალი ენერჯის დიაგრამაზე ნახშირჟანგის (CO) წარმოქმნის თავისუფალი ენერჯია (ΔZ_{CO}) ტემპერატურის ზრდის შესაბამისად იზრდება, ამიტომ მისი მრუდი დიაგრამაზე გამოისახება აღმავალი ხაზით. ყველა სხვა ოქსიდების წარმოქმნის თავისუფალი ენერჯია (ΔZ_X) მცირდება ტემპერატურის გაზრდით და დიაგრამაზე (ნახაზი) გამოისახება დაღმავალი ხაზით [1].



ოქსიდების წარმოქმნის თავისუფალი ენერჯის ცვლილება ტემპერატურის მიხედვით

იქ, სადაც CO-ს აღმავალი ხაზი გადაკვეთავს ნებისმიერი ჟანგეულის დაღმავალ ხაზს, ΔZ_{CO} უტოლდება ΔZ_X -ს. ე.ი. $\Delta Z_{CO} = \Delta Z_X$. გადაკვეთის წერტილის შესაბამის ტემპერატურაზე

იწყება ნებისმიერი ელემენტის ოქსიდის აღდგენა ნახშირბადით, მაგრამ აღდგენის ინტენსივობა ძალიან დაბალია. ღუმელის რეაქციული ზონის ტემპერატურის ზრდასთან ერთად იზრდება ΔZ_{CO} და მცირდება ΔZ_X . ე.ი. აღნიშნული ტოლობა გადადის უტოლობაში $\Delta Z_{CO} > \Delta Z_X$. რაც მეტია უტოლობის ხარისხი, მით მეტია ოქსიდების ნახშირბადით აღდგენის ინტენსივობა. ღუმელის რეაქციული ზონის ტემპერატურა მუდმივად არ იზრდება. მიაღწევს რა გარკვეულ ტემპერატურულ ნიშნულს, ხდება მისი გადასვლა წონასწორულ მდგომარეობაში. ეს არის ღუმელის სამუშაო რეჟიმი. რაც უფრო მაღალია ღუმელის რეაქციული ზონის წონასწორული ტემპერატურა, მით მეტია აღნიშნული უტოლობის ხარისხი და, შესაბამისად, უფრო აქტიური ხდება ნახშირბადით ოქსიდების აღდგენის პროცესი. რეაქციული ზონის წონასწორული ტემპერატურას განსაზღვრავს რამდენიმე ფაქტორი, მათგან გამოვყოფთ ერთს, რომელიც განსაკუთრებით აქტიური ხდება მაშინ, როცა სილიკომანგანუმის ღნობის დროს კოქსის ნაცვლად აღმდგენლად ვიყენებთ ტყიბულის ნახშირს. ეს ფაქტორი არის წილის ფორმირების ტემპერატურა. ეს ფაქტორი მდგომარეობს შემდეგში:

სილიკომანგანუმის ღნობის დროს ღუმელში წარმოიქმნება სილიკატური წილა. სილიკატური წილა ისეთი წილაა, სადაც დომინენტი კომპონენტია SiO_2 .

თუ სილიკომანგანუმის ღნობის დროს აღმდგენლად გამოვიყენებთ კოქსს, მაშინ სილიკატურ წილას შექმნის კვარციტი, რომელიც წარმოადგენს კაზმის ერთ-ერთ კომპონენტს და ხასიათდება Al_2O_3 -ის ძალიან დაბალი შემცველობით. თუ აღმდგენლად გამოვიყენებთ ტყიბულის ნახშირს, მაშინ სილიკატურ წილას წარმოქმნის ნახშირის ნაცარში შემავალი SiO_2 . SiO_2 -თან ერთად ნაცარი მდიდარია Al_2O_3 -ით. SiO_2 -ის და Al_2O_3 -ის რაოდენობა ნაცარში შესაბამისად უდრის 50 და 30 %-ს. აქედან გამომდინარე ტყიბულის ნახშირის აღმდგენლად გამოყენების შემთხვევაში ღუმელში შეიქმნება სილიკატური წილა Al_2O_3 -ის მაღალი შემცველობით. წილების ცნობარი გვეუბნება, რომ სილიკატურ წილებში Al_2O_3 -ის პროცენტური რაოდენობის ზრდასთან ერთად იზრდება წილის ლღობის ტემპერატურა [2].

სილიკატური წილის ლღობის მაღალი ტემპერატურა განაპირობებს მისი ფორმირების ტემპერატურის ამაღლებას. ეს ხელს შეუწყობს ღუმელის რეაქციული ზონის წონასწორული ტემპერატურის გაზრდას, რაც არის წინაპირობა მანგანუმისა და სილიციუმის აღდგენის პროცესის გააქტიურებისა. ასეთია სილიკომანგანუმის კაზმიდან მანგანუმისა და სილიციუმის ოქსიდების აღდგენის თერმოდინამიკური და კინეტიკური სურათი, როცა აღმდგენლად კოქსის ნაცვლად გამოყენებული იყო ტყიბულის ნახშირი.

ლიტერატურა

1. В.П. Елютин, Ю.А. Павлов, Б.Е. Левин, Е.М. Алексеев. Производство ферросплавов. - М.: Гос. научн.-техн. изд-во лит-ры по черн. и цвет. мет., 1957, 436 с.
2. М.И. Гасик, Н.П. Лякишев, Б.И. Емлин. Теория и технология производства ферросплавов. - Москва, Металлургия, 1988, 784 с.

SUMMARY

THERMODYNAMICS AND KINETICS OF REDUCTION OF MANGANESE AND SILICON OXIDES BY TKIBUL COAL

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

F. Tavadze Institute of Metallurgy and Materials Science

This paper examines how using Tkibuli coal as a reducing agent instead of coke affects the process of manganese and silicon reduction during the smelting of silicomanganese.

Keywords: Free energy, Tkibuli coal, reaction zone, equilibrium temperature, silicate slag

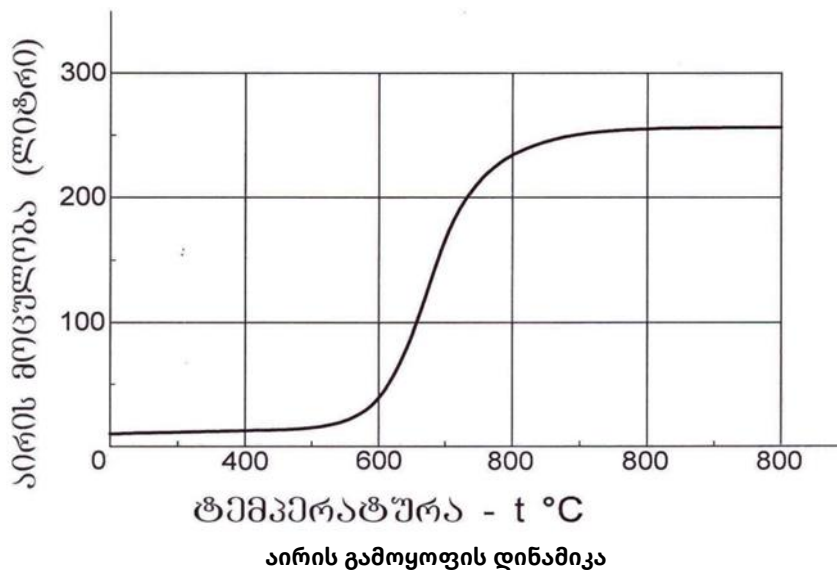
**ტყიბულის ნახშირისა და მისი გამდიდრების ნარჩენების
თერმული დამუშავება**

ქევნიშვილი გ.შ., ჯულუხიძე ა.გ., ჭუმბაძე მ.თ., აბესაძე რ.კ., სიგუა ლ.რ.

სსიპ ფერდინანდ თავაძის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტი

ტყიბულის ნახშირი და მისი გამდიდრების ნარჩენები ხასიათდება აქროლალების მაღალი შემცველობით (25 – 30 %) [1]. თეორიულმა გამოთვლებმა გვიჩვენა, რომ თუ სილიკომანგანუმის კაზმში კოქსს ჩავანაცვლებთ ტყიბულის ნახშირით, ან მისი გამდიდრების ნარჩენებით, მაშინ ღუმელის საკერძეზე გამოყოფილი აირის რაოდენობა შესაბამისად გაიზრდება 68 და 75 %-ით. ღუმელიდან გამოყოფილი ცხელი და მათალკალორიული აირი საკერძეზე ააღდება, გამოიწვევს მის გადახურებას, საკაზმე მასალების გარბილებას და ე.წ. „თადების“ გაჩენას, რაც შეაფერხებს საკაზმე მასალების თანაბარ და უწყვეტ ჩადინებას ღუმელის საკერძიდან რეაქციულ ზონამდე [2]. ეს არის ღუმელის სამუშაო რეჟიმის სერიოზული დარღვევა. ამასთანავე გადახურებულმა საკერძემ შეიძლება დააზიანოს ელექტროდების დამჭერები და მოკლე ქსელი.

ტყიბულის ნახშირისა და მისი გამდიდრების ნარჩენების დეგაზაციის მიზნით ჩატარდა მათი თერმული დამუშავება. ერთი კილოგრამი დასამუშავებელი მასალა მოთავსდა მჭიდროდ დახურულ გრაფიტის ტიგელში. ტიგელიდან გამომავალი გრაფიტის მილი მიერთებული იყო აირის მრიცხველზე, რომელიც აღრიცხავდა ტიგელიდან გამომავალი აირის რაოდენობას ლიტრებში. გრაფიტის ტიგელი მოთავსებული იყო წინაღობის ელექტროღუმელში. თერმული დამუშავება ჩატარდა ოთახის ტემპერატურიდან 800 °C-მდე. აირის გამოყოფის დინამიკა მოცემულია სურათზე გამოხატული დიაგრამით (ნახაზი). როგორც დიაგრამა გვიჩვენებს, 600 °C-მდე აირის გამოყოფა იყო უმნიშვნელო. ამის შემდეგ აირის გამოყოფა მკვეთრად გაიზარდა. გამოყოფილი აირი იწვოდა კაშკაშა მოწითალო ალით. 800 °C-ზე კაშკაშა ალი გახდა გამჭვირვალე და მიიღო მოლურჯო ფერი. ასეთი ალი წყალბადის წვისთვის არის დამახასიათებელი. 800 °C-ზე იყო დაყოვნება აირის გამოყოფის სრულ დამთავრებამდე. თერმული დამუშავების შემდეგ ჩატარებულმა ქიმიურმა ანალიზმა ტყიბულის ნახშირისა და მისი გამდიდრების ნარჩენებში დააფიქსირა 4 – 5% ნარჩენი აირის არსებობა. 800 °C-ის შემდეგ ყველა ნახშირი იწყებს დაშლას. ამან განაპირობა ამ მასალების თერმული დამუშავების ტემპერატურის ზედა ზღვარი.



ტყიბულის ნახშირის თერმული დამუშავების დროს გამოყოფილი აირის მოცულობითი ქიმიური შემადგენლობა ასეთია: H₂ – 17,08%, CH₄ – 18,06%, C₂H₂ – 25,26%, CO – 32,20%, CO₂ – 1,20%, O₂ – 0,17%, H₂O – 4,10%. წყალბადისა და ნახშირწყალბადების მაღალი შემცველობა ანიჭებს ამ აირს მაღალ თბოუნარიანობას. როგორც აირის გამოყოფის დინამიკის გრაფიკიდან ჩანს, ყოველი ერთი კილოგრამი ნახშირი თერმული დამუშავების დროს გამოყოფს 250 ლიტრ, ანუ 0,25 მ³ მაღალკალორიულ აირს. ეს გვაძლევს საფუძველს ვივარაუდოთ, რომ თერმული დამუშავების დროს გამოყოფილი აირი უზრუნველყოფს ღუმელებს სათბობით.

თერმული დამუშავების შემდეგ ნახშირების შემადგენლობის ცვლილება მოცემულია ცხრილში.

ნახშირბადის ჟანგის წარმოქმნის თავისუფალი ენერგია იზრდება ტემპერატურის გაზრდით. ეს იმას ნიშნავს, რომ მაღალტემპერატურულ პირობებში აქტიურდება ნახშირბადის ამოწვის პროცესი. ამიტომ ღუმელიდან ამოდებული თერმულად დამუშავებული ტყიბულის ნახშირიდან და აგრეთვე გამდიდრების ნარჩენებიდან, რომ არ მოხდეს ნახშირბადის ამოწვა, აუცილებელია მათი სწრაფი გაციება წყლის შხაპის ქვეშ.

თერმულად დამუშავებული და თერმულად დამუშავებული ტყიბულის ნახშირისა და გამდიდრების ნარჩენების ტექნიკური ანალიზი

№	დასახელება	ტექნიკური ანალიზი, %			
		ნაცარი, A	აქროლადები, V	S	C
1	თერმ. დამუშ. ტყიბ. ნახშირი	45,2	27,1	1,50	25,5
2	თერმ. დამუშ. ტყიბ. ნახშირი	57,5	4,7	0,65	35,9
3	თერმ. დამუშ. გამდიდ. ნარჩენები	62,1	25,8	1,50	12,1
4	თერმ. დამუშ. გამდიდ. ნარჩენები	77,2	4,8	0,65	16,8

ამრიგად, მივიღეთ ახალი ნახშირბადიანი აღმდგენელი – თერმულად დამუშავებული ტყიბულის ნახშირისა და მისი გამდიდრების ნარჩენების სახით. თუ როგორ შეცვლის ეს მასალა კოქსს სილიკომანგანუმის კაზმში, ამას გვიჩვენებს მისი მეტალურგიული თვისებების კვლევა და ლაბორატორიული დნობები.

ლიტერატურა

1. Кекелидзе М.А., Джулухидзе А.Г., Выплавка сплава АМС с применением в шихте чиатурских бедных марганцевых руд. Сб. “Марганец” 3(12), Тбилиси, 1967, стр.104.
2. Платонов В.В., Чилачава К.Б., Проскуряков В.А. Термоожигение каменного угля Ткибульского месторождения Республики Грузия. //ЖПХ.2.000.-Т.73.-Вып.4.30.12.99, стр.700.

SUMMARY

THERMAL TREATMENT OF TKIBULI COAL AND ITS ENRICHMENT WASTES

Kevkhisvili G.Sh., Julukhidze A.G., Chumbadze M.T., Abesadze R.K. and Sigua L.R.

F. Tavadze Institute of Metallurgy and Materials Science

Tkibuli coal and its enrichment wastes are characterized by a high volatile content. In this work, the thermal treatment of Tkibuli coal and its enrichment wastes was conducted from room temperature up to 800 °C for degassing purposes. After heat treatment, the volatile content significantly decreased.

Keywords: volatile, enrichment wastes, furnace top, reaction zone, degassing.

მდგრადი ალტერნატივები სამოქალაქო საინჟინრო წყლის სისტემებისთვის

ჩიტიაშვილი გ.ბ., ცინაძე ზ.ო.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

წყლის განაწილება არის სამოქალაქო ინჟინერიის კრიტიკულად მნიშვნელოვანი ასპექტი, რომელიც უზრუნველყოფს მოსახლეობისთვის სუფთა წყლის ხელმისაწვდომობას. თუმცა, ტრადიციულ მასალებს, რომლებიც გამოიყენება წყლის განაწილების ინფრასტრუქტურაში, როგორცაა ბეტონი და ფოლადი, გააჩნიათ გარემოსდაცვითი პრობლემების სამართლიანი წილი. ამ მასალების მოპოვება და წარმოება მნიშვნელოვნად უწყობს ხელს ნახშირბადის გამოყოფას და ეკოლოგიურ ზიანს. პრობლემის გადასაჭრელად, სამოქალაქო ინჟინრები მიმართავენ მდგრად ალტერნატივებს, რომლებიც შესამჩნევ უპირატესობებს გვთავაზობენ.

ბოჭკოვანი პოლიმერები (FRP): FRP არის კომპოზიტური მასალები, რომლებიც დამზადებულია პოლიმერული მატრიცისგან, რომელიც გამაგრებულია გამძლე ბოჭკოებით. მათ აქვთ განსაკუთრებული გამძლეობისა და წონის თანაფარდობა, რაც მათ იდეალურს ხდის წყლის მილებისთვის. მინაბოჭკოვანი პლასტმასი ამცირებს მძიმე ტექნიკის საჭიროებას ინსტალაციის დროს და აქვს 100 წლამდე მომსახურების ვადა, რაც ამცირებს ტექნიკურ ხარჯებს.

მაღალი სიმკვრივის პოლიეთილენი (HDPE): HDPE მილები უზრუნველყოფს გამძლე და ეკოლოგიურად სუფთა გადაწყვეტას წყლის სისტემებისთვის. ისინი მსუბუქი, მოქნილი და კოროზიისადმი მდგრადია, რაც მათ იდეალურს ხდის მიწისქვეშა წყლების ტრანსპორტირებისთვის. HDPE მილებს ასევე აქვთ ხანგრძლივი მომსახურების ვადა, რაც ამცირებს მათი ჩანაცვლების სიხშირეს.

ასაწყობი ბეტონი: ასაწყობი ბეტონი გთავაზობთ უფრო მწვანე ალტერნატივას. ასაწყობი ბეტონის კომპონენტები იწარმოება ობიექტზე კონტროლირებად პირობებში, რაც ამცირებს ნარჩენების და ნახშირბადის გამონაბოლქვს. შესაძლებელია მარტივად აწყობა, რაც ამცირებს მშენებლობის დროს და მინიმუმამდე დაჰყავს საზოგადოების შეფერხება.

ეკოლოგიურად სუფთა მასალებს, როგორცაა მინაბოჭკოვანი მინა, მაღალი სიმკვრივის პოლიეთილენი და ასაწყობი ბეტონი, გამოირჩევიან უფრო მეტი ხანგამძლეობით, ვიდრე ტრადიციულ მასალები. ეს ამცირებს ხშირი რემონტისა და გამოცვლის საჭიროებას, ზოგავს დროსა და ხარჯებს გრძელვადიან პერსპექტივაში.

ეკოლოგიურად სუფთა მასალებს ხშირად აქვთ უმაღლესი ჰიდრაულიკური თვისებები, რის შედეგადაც გაუმჯობესებულია წყლის ნაკადის მიწოდება და მცირდება გაჟონვების შედეგად წყლის დანაკარგები. რაც იწვევს სისტემის ეფექტურობის გაზრდას.

ინფორმირებულება უახლესი ეკოლოგიურად სუფთა მასალებისა და ტექნოლოგიების შესახებ; მიმდინარე კვლევების მიღწევების ჩართვა სამომავლო პროექტებში; მჭიდრო თანამშრომლობა მასალების მწარმოებლებთან, მკვლევარებთან და მდგრადობის ექსპერტებთან; მოსახლეობის ზრდის, კლიმატის ცვლილებისა და წყლის დეფიციტის ფაქტორების გათვალისწინება; პროაქტიულობა პოტენციური პრობლემების იდენტიფიცირებასა და დროულად გადაჭრაში ინოვაციებით სარგებლობა აუცილებელია წყლის მდგრადი, ეფექტური და ხანგამძლე საინჟინრო სისტემების მშენებლობისთვის.

როდესაც სამოქალაქო ინჟინრები უფრო მწვანე მომავლისკენ ისწრაფვიან, მდგრადი მასალები ცვლის თამაშის წესებს წყლის სისტემებში. გარემოზე ზემოქმედების შემცირებით,

სისტემის სიცოცხლისუნარიანობის ხანგრძლივობის გაზრდით და ეფექტურობის გაზრდით, ამ მასალების გამოყენება არის ნაბიჯი ინფრასტრუქტურის განვითარების უფრო მდგრადი მიდგომისკენ. ძირითადი მიგნებების მიყოლებით, ჩვენ შეგვიძლია ავაშენოთ უფრო მწვანე მომავალი, ერთდროულად ერთი წყლის განაწილების სისტემა.

აქ მოყვანილია რამდენიმე ძირითადი მიზეზი, რის გამოც ეკოლოგიურად სუფთა მასალები აუცილებელია წყალმომარაგების ქსელებისთვის:

- **შემცირებული ზემოქმედება გარემოზე:** ეკოლოგიურად სუფთა მასალები ხელს უწყობს წყლის ქსელებში ნახშირბადის ანაბეჭდის მინიმუმამდე შემცირებას გადამუშავებული ან განახლებადი რესურსების გამოყენებით, ენერჯის მოხმარების შემცირებით და სათბურის გაზების ემისიების შემცირებით;

- **მომატებული ხანგამძლეობა:** ეკოლოგიურად სუფთა მასალებით აგებული წყლის ქსელები შექმნილია იმისთვის, რომ გაუძლოს დროის გამოცდას, შეამციროს ტექნიკური ხარჯები და გაზარდოს სისტემის საერთო ეფექტურობა;

- **წყლის დაზოგვა:** ეკოლოგიურად სუფთა მასალებს შეუძლიათ შეამცირონ წყლის გაჟონვა – წყლის დანაკარგის მინიმუმამდე შემცირებით, რაც გამოიწვევს წყალმომარაგების უფრო ეფექტურ ქსელებს.

- მთავრობები და მარეგულირებლები სულ უფრო და უფრო მკაცრ გარემოსდაცვითი რეგულაციების შემოღებას ახდენენ. ეკოლოგიურად სუფთა მასალების გამოყენება უზრუნველყოფს შესაბამისობას და თავიდან აიცილებს ჯარიმებს.

რაც შეეხება კონკრეტულად წყლის სისტემებს, არსებობს რამდენიმე ეკოლოგიურად პასუხისმგებელიანი გადაწყვეტილება, რომელიც შეიძლება განხორციელდეს უფრო მდგრადი მომავლის შესაქმნელად. ეს სტატია განიხილავს ამ ალტერნატივებიდან ზოგიერთს და ხაზს უსვამს მათ სარგებელსა და ძირითად მიდგომებს.

წვიმის წყლის აღება არის მდგრადი გადაწყვეტა, რომელიც მოიცავს წვიმის წყლის შეგროვებას და შენახვას შემდგომი გამოყენებისთვის. ეს პრაქტიკა არა მხოლოდ ხელს უწყობს წყლის დაზოგვას, არამედ ამცირებს ტვირთს ტრადიციულ წყალმომარაგებაზე. წვიმის წყლის შეგროვების ძირითადი სარგებელი მოიცავს:

- სასმელ წყალზე მოთხოვნის შემცირება;
- ჩამონადენის და წყალდიდობის მინიმუმაცია;
- მიწისქვეშა წყლების შევსების ხელშეწყობა;
- პოტენციური დანაზოგი წყლის გადასახადებზე.

მწვანე სახურავები, ასევე ცნობილი როგორც მცენარეული სახურავები, მოიცავს შენობების სახურავების დაფარვას მცენარეული საფარით. ეს ინოვაციური მიდგომა აბრუნებს ბუნებას ურბანულ გარემოში და უზრუნველყოფს მთელი რიგი უპირატესობებით, როგორცაა:

- გაუმჯობესებული სანიაღვრე სისტემების მენეჯმენტი - წვიმის წყლის შეკავებითა და აორთქლებით;
- გაძლიერებული იზოლაცია, ამცირებს შენობის ენერჯის მოხმარებას;
- შემცირებული ურბანული სითბოს კუნძულის ეფექტი;
- ჰაერის ხარისხის გაუმჯობესება დამაბინძურებლების შთანთქმის გზით.

მდგრადი სადრენაჟო სისტემები (SuDS) მიზნად ისახავს ნალექისმიერი წყლების მართვას მდგრადი და ეკოლოგიურად სუფთა გზით. ტრადიციული სადრენაჟო სისტემებისგან განსხვავებით, რომლებიც წვიმის წყალს კანალიზაციაში სწრაფად და შეუფერხებლად

ატარებენ, SuDS ფოკუსირებულია ინფილტრაციისა და შეკავების ბუნებრივ მეთოდებზე. SuDS-ის ძირითადი მახასიათებლები და უპირატესობები მოიცავს:

- მიწისქვეშა წყლების შევსების ხელშეწყობა;
- წყლის დაბინძურების შემცირება ბუნებრივი ფილტრაციის პროცესებით;
- ურბანულ ტერიტორიებზე ესთეტიურად სასიამოვნო მწვანე სივრცეების შექმნა;
- შემცირებული დატვირთვა ტრადიციულ სადრენაჟო სისტემებზე ძლიერი წვიმის დროს.

წყალგამტარი ტროტუარები არის ინოვაციური ალტერნატივა ტრადიციული წყალგამტარი ზედაპირებისთვის, როგორცაა ბეტონი ან ასფალტი. ეს ტროტუარები საშუალებას აძლევს წვიმის წყალს შეაღწიოს ზედაპირზე, ამცირებს ჩამონადენს და ხელს უწყობს ბუნებრივ ფილტრაციას. გამტარი ტროტუარების ძირითადი უპირატესობები მოიცავს:

- ნალექისმიერი წყლების გაუმჯობესებული მართვა ჩამონადენის შემცირებით და წყალდიდობის რისკის შემცირებით;
- მიწისქვეშა წყლების შევსება;
- ძვირადღირებული ტრადიციული სადრენაჟო სისტემების საჭიროების შემცირება;
- სითბოს კუნძულის ეფექტის დაქვეითება.

თანამედროვე სარწყავი სისტემები მინიმალური უქმი ხარჯით. სარწყავი სისტემები გადამწყვეტ როლს თამაშობს მწვანე სივრცეების და ლანდშაფტების შენარჩუნებაში. თუმცა, ტრადიციული სარწყავი მეთოდები შეიძლება იყოს წყლის ინტენსიური და უსარგებლო ხარჯი. წყლის ეფექტური სარწყავი სისტემების დანერგვა – როგორცაა წვეთოვანი სარწყავი ან ჭკვიანი სარწყავი კონტროლერები – შეიძლება მნიშვნელოვნად შეამციროს წყლის მოხმარება. ამ სისტემების ძირითადი მიღწევები მოიცავს:

- წყლის გამოყენების ეფექტურობის გაზრდა მცენარის ფესვებში წყლის მიწოდებით;
- ინტელექტუალური სარწყავი კონტროლერები ოპტიმიზაციას უკეთებენ მორწყვის გრაფიკს ამინდის პირობებისა და ნიადაგის ტენიანობის მიხედვით;
- წყლის დაკარგვის მინიმიზაცია ზედმეტი მორწყვის თავიდან აცილების გზით;
- წყლის გადასახადების დაზოგვა.

წყლის სისტემები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ თემებისთვის სუფთა და უსაფრთხო სასმელი წყლის მიწოდებაში და ამ სისტემებში გამოყენებულ მასალებს შეუძლიათ მნიშვნელოვანი გავლენა იქონიონ გარემოზე. ამ სტატიაში განვიხილავთ ეკოლოგიურად სუფთა მასალების მზარდ მნიშვნელობას წყლის სისტემებში და მათ უპირატესობებს [1-5].

ტრადიციული წყლის სისტემები ძირითადად იყენებს ისეთი მასალებს, როგორცაა PVC (პოლივინილ ქლორიდი) და ნაწრთობი ფოლადი. მიუხედავად იმისა, რომ ეს მასალები ათწლეულების განმავლობაში ემსახურებოდა მათ დანიშნულებას, მათ აქვთ მრავალი გარემოსდაცვითი უარყოფითი მხარე:

- PVC მზადდება ნავთობპროდუქტისგან, რომელიც არ არის განახლებადი რესურსი და PVC მიღების წარმოება ათავისუფლებს ტოქსიკურ ნივთიერებებს.
- ნაწრთობი ფოლადი მოითხოვს ფართომასშტაბიან მოპოვებას, რაც დამღუპველია ეკოსისტემებისთვის და ხელს უწყობს ტყეების განადგურებას.
- ორივე მასალას აქვს შეზღუდული ხანგამძლეობა და ხვდება ნაგავსაყრელებზე, რაც ხელს უწყობს ნარჩენების დაგროვებას.

ამ გამოწვევების გათვალისწინებით, წყლის ინდუსტრია სულ უფრო მეტად ეძებს ეკოლოგიურად სუფთა ალტერნატივებს, რომლებსაც შეუძლიათ ამ ხარვეზების აღმოფხვრა. ეკოლოგიურად სუფთა მასალები, როგორცაა მაღალი სიმკვრივის პოლიეთილენი (HDPE) და მოქნილი პოლიეთილენი (PEX) პოპულარობას იძენს წყლის სისტემებში მათი მრავალი უპირატესობის გამო:

- გამძლეობა – ეკოლოგიურად სუფთა მასალები ცნობილია მათი განსაკუთრებული გამძლეობით, რაც უზრუნველყოფს წყლის სისტემების ხანგრძლივ სიცოცხლეს;
- ანტიკოროზიულობა – ტრადიციული მასალებისგან განსხვავებით, ეკო-მეგობრული მასალები ძალიან მდგრადია კოროზიის მიმართ, ამცირებს შენარჩუნებისა და ჩანაცვლების ხარჯებს;
- მოქნილობა – ეკოლოგიურად სუფთა მასალებს აქვთ უმაღლესი მოქნილობა, რაც აადვილებს მათ დამონტაჟებას და ამცირებს ფართო გათხრების საჭიროებას;
- გაჟონვის შემცირება - ეკოლოგიურად სუფთა მასალებისგან დამზადებული გაუმჯობესებული კავშირები და ფიტინგები ამცირებს გაჟონვის რისკს, რაც წყლის უფრო ეფექტური განაწილების საშუალებას იძლევა;
- მცირე წონა – ეკოლოგიურად სუფთა მასალები უფრო მსუბუქია, რაც ამცირებს ტრანსპორტირების ხარჯებს და ენერჯის მოხმარებას ინსტალაციის დროს.

ამრიგად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ:

- ეკოლოგიურად სუფთა მასალებს ბევრი უპირატესობა აქვთ ტრადიციულ მასალებთან შედარებით, მათ შორის გამძლეობა, ანტიკოროზიულობა, მოქნილობა, გაჟონვის პრევენცია და მსუბუქი წონა.
- PVC და სხვა ნაწრობი ფოლადი, რომელიც ჩვეულებრივ გამოიყენება ტრადიციულ სისტემებში – აქვს მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური უარყოფითი მხარეები და ხელს უწყობს გარემოს დაბინძურებასა და ნარჩენების დაგროვებას.
- ეკოლოგიურად სუფთა მასალებზე გადასვლამ შეიძლება მოგვცეს უფრო ეფექტური და გამძლე წყლის სისტემების შექმნის პერსპექტივა.
- მდგრადი პრაქტიკის მიღებით, წყლის ინდუსტრიას შეუძლია გადამწყვეტი როლი ითამაშოს მომავალი თაობებისთვის გარემოს შენარჩუნებაში.

რადგან სუფთა წყალზე მოთხოვნა კვლავ იზრდება, მნიშვნელოვანია წყლის განაწილების სისტემებში მდგრადი გადაწყვეტილებებისთვის პრიორიტეტის მინიჭება. ეკოლოგიურად სუფთა მასალების გამოყენება არა მხოლოდ კარგია გარემოსთვის, არამედ გრძელვადიან პერსპექტივაში ეფექტურია. უფრო მწვანე ინფრასტრუქტურაში ინვესტიციებით ჩვენ შეგვიძლია უზრუნველყოთ ჯანსაღი მომავალი როგორც ადამიანებისთვის, ასევე პლანეტისთვის.

ლიტერატურა

1. Sørensen, R.; Zinko, U.; Seibert, J. (2006). "On the calculation of the topographic wetness index: evaluation of different methods based on field observations". *Hydrology and Earth System Sciences*. 10 (1): 101–112. Bibcode:2006HESS...10..101S. doi:10.5194/hess-10-101-2006.
2. Moore, I.D.; Gessler, P.E.; Nielsen, G.A.; Petersen, G.A. (1993). "Terrain attributes: estimation methods and scale effects". In Jakeman, A.J.; Beck, M.B.; McAleer, M. (eds.). *Modelling Change in Environmental Systems*. London: Wiley. pp. 189–214.
3. Beven, K.J.; Kirkby, M. J. (1979). "A physically based, variable contributing area model of basin hydrology". *Hydrological Science Bulletin*. 24 (1): 43–69. doi:10.1080/0262666790949183
4. Lindsay, John. "Response to: Getting Negative Topographic Wetness Index (TWI) values in SAGA GIS?". Stack Exchange Network. Retrieved 2023-07-25.

5. Greenlee, D. D. (1987). Raster and Vector Processing for Scanned Linework. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing (ISSN 0099-1112), vol. 53, Oct. 1987, pp. 1383-1387.

SUMMARY

SUSTAINABLE ALTERNATIVES FOR CIVIL ENGINEERING WATER SYSTEMS

Chitiashvili G.B. and Tsinadze Z.O.

Georgian Technical University

Water is an essential natural resource that is delivered from sources to places of consumption through various types of pipelines. Water distribution is a critically important aspect of civil engineering that ensures access to clean water for the population. However, traditional materials used in water distribution infrastructure, such as concrete and steel, have their fair share of environmental problems. The extraction and production of these materials contribute significantly to carbon emissions and environmental damage. Water losses on the network due to leakage are also large. The consequences of a water main failure are varied. Some of them are: loss of property, repair and restoration costs, deterioration of human health, damage to the environment and customer dissatisfaction. Moreover, the failure of the water supply and distribution network and related systems affects global economic conditions. To address this, civil engineers are turning to sustainable alternatives that offer significant advantages.

Keywords: Sustainable materials, civil engineering, water losses, green construction.

წყალტუბოს თერმული წყლის ჰიდროქიმიური ბუნება და მასში შემავალი ზოგიერთი მიკროელემენტი

ბოკუჩავა ნ.ვ., დევდარიანი ნ.გ., ანდლულაძე მ.ნ, გონაშვილი ნ.გ

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მიწისქვეშა წყლები გარკვეული სახით და გარკვეული ქიმიური შედგენილობით, ამა თუ იმ სპეციფიკური კომპონენტებითა და თვისებებით, შეიძლება ჩამოყალიბდეს გარკვეული გეოლოგიურ და გეოქიმიურ პირობებში.

საქართველოს მიწისქვეშა მინერალური წყლების ფართო გავრცელება განაპირობა ხელსაყრელმა გეოლოგიურმა აღნაგობამ, მაგმატიზმის ინტენსიურმა გამოვლენამ და ატმოსფერული ნალექების სიუხვებ. ქვეყნის ტერიტორიაზე ორი ათასზე მეტი მინერალური წყლის გამოსავალია საერთო დებიტით, ას მილიონ ლიტრზე მეტი დღე დამეში.

მინერალური წყლების ფორმირების პრობლემის შესწავლა ყოველთვის რთავს წყლების სპეციფიკური კომპონენტებით გამდიდრების საკითხს. ბუნებრივი წყლების გამდიდრება სხვადასხვა ელემენტებით განისაზღვრება როგორც მათი საერთო რაოდენობით, ასევე ელემენტების მიგრაციის უნარით, რომელიც დამოკიდებულია მოცემული იონის ფიზიკურ-ქიმიურ მუდმივასა და გარემო პირობებზე, რომელშიც ხდება მიგრაცია.

ამდენად, ბუნებრივი წყლები ასრულებს მნიშვნელოვან როლს ელემენტების მიგრაციაში.

თერმულ წყლებში მიკროელემენტების შესწავლა წარმოადგენს დიდ ინტერესს. მონაცემები მიკროელემენტების შედგენილობაზე შეიძლება იყოს მნიშვნელოვანი გასაღები თერმული წყლების გენეზისის ასახსნელად, მათი წარმოშობის გეოქიმიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობების გამოსავლენად.

ბუნებრივი წყლების მიკროელემენტებს მიეკუთვნება მასში შემავალი მეტად მცირე რაოდენობით ($10^{-1} - 10^{-6}$ მგ/ლ) მრავალი ქიმიური ელემენტის იონი, ასევე ამ წყლებში გახსნილი სხვადასხვა ინდივიდუალური ორგანული ნივთიერება და აირები.

მინერალური წყლებიდან მრავალი თერმულია. შერჩეულია წყალტუბოს თერმული წყალი მრავალრიცხოვანი წყაროებით, რომელიც მდებარეობს ქუთაისიდან 12 კმ-ში, გარშემორტყმულია ქედით – მტკვარისა და რიონის ხეობის სწორხაზოვან ნაწილში, გამოყოფილია სურამის უღელტეხილით.

წყალტუბოს თერმული წყალი დაბალი მინერალიზაციის, რადონიანი, თერმული წყალია, გამოირჩევა იონურ-მარილოვანი შედგენილობის მუდმივობით როგორც დროში, ასევე ცალკეულ გამოსასვლელებში. ქიმიური შედგენილობის ფორმულაში სამი ძირითადი ანიონი განსაზღვრავს ბუნებრივი წყლის ტიპს – HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} ხოლო კათიონებიდან გარკვეული Ca^{2+} უპირატესობა.

საქართველოს თერმული წყლები, მიკროელემენტების შესწავლის დიდი ისტორიის მიუხედავად, არასაკმარისად არის შესწავლილი. სხვადასხვა მინერალურ წყალში Cu, Zn, Co, Ni განსაზღვრულია ეპიზოდურად მონაცემები ამ ელემენტებზე, ასევე განსაზღვრის მეთოდები განსხვავებულია.

მიკროელემენტების განსაზღვრის შემუშავებულმა მეთოდმა საშუალება მოგვცა განგვესაზღვრა Cu, Zn, Ni, Co, Mn, Cr შედგენილობა.

ყველა ელემენტი, რომელიც აღმოჩენილია ბუნებრივ წყლებში იყოფა ორ ჯგუფად:

- ყოველდღიურად შემხვედრი – 80 %-დან 100 %-მდე;
- ხშირად შემხვედრი – 50 %-დან 80 %-მდე;
- ნაკლებად შემხვედრი – 20 %-დან 50 %-მდე;
- იშვიათად შემხვედრი – 0-დან 20 %-მდე;

მიწისქვეშა წყლები და ღია ჩანჩქერები არ იმყოფება მადნიანი ადგილმდებარეობის მოქმედების ქვეშ, ამდენად, ნიკელი 10^{-3} , სპილენძი 10^{-2} , თუთია 10^{-1} მგ/ლ შემცველობა სხვა ადგილმდებარეობის მადნების მოქმედებით იზრდება.

ბუნებრივი წყლების სხვადასხვა სახეებში მიკროელემენტების საშუალო მნიშვნელობა, მგ/ლ მოყვანილია ცხრ.1-ში.

ცხრილი 1. ბუნებრივი წყლებში მიკროელემენტების საშუალო მნიშვნელობა

წყლის ტიპი	თუთია, Zn, მგ/ლ	სპილენძი, Cu, მგ/ლ	ნიკელი, Ni, მგ/ლ	კობალტი, Co, მგ/ლ	ქრომი, Cr, მგ/ლ	მანგანუმი, Mn, მგ/ლ
ზღვის წყალი	$1 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-3}$
მდინარის წყალი	$2 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	–	–
მინერალური წყალი	$3,1 \cdot 10^{-2}$	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$3,1 \cdot 10^{-3}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$	$4,4 \cdot 10^{-3}$	$5,2 \cdot 10^{-3}$

წყალტუბოს თერმული წყალი განსხვავებული ქიმიური ბუნებისაა, გააჩნია მაღალი ტემპერატურა და ხშირ შემთხვევაში არ შეიცავს ნახშიროჟანგს. წყალი დაბალი მინერალიზაციისაა $M_{0,7-0,85}$ კათიონებიდან წამყვანია კალციუმი, ანიონებიდან სულფატ-იონი, ჰიდროკარბონატ-იონი. pH 7,0 – 7,1 ფარგლებშია, გარემო ნეიტრალურია.

ოთხი მიკროელემენტი Co, Ni, Cu, Zn, განლაგებულია პერიოდული სისტემის მეოთხე პერიოდში და ამჟღავნებს შესაბამისად, დიდ ბიოლოგიურ აქტიურობას.

ბუნებრივი ობიექტის სახით შემუშავებულია ელემენტების კონცენტრაციის მეთოდი. ასეთია: კობალტი, ნიკელი, რკინა, თუთია, სპილენძი, მანგანუმი, ქრომი. შერჩეულია მიწისქვეშა მინერალური წყლები.

ქართული ხეობა-მდინარე მტკვრისა და რიონის ხეობის ნაწილია. საქართველოს ხეობის მინერალური წყლების საერთო მახასიათებელია ნახშიროჟანგის- CO_2 უარყოფა. მინერალური წყლების უმეტესობა ხეობაში თერმულია.

წყალტუბოს თერმულ წყლებში შესწავლილია მიკროელემენტების ჰიდროქიმიური ბუნება, რომლის მონაცემები წარმოდგენილია ცხრ. 2-ში.

ცხრილი 2. წყალტუბოს თერმულ წყლებში ზოგიერთი მიკროელემენტის შემცველობა

წყალტუბოს თერმული წყალი	მიკროელემენტების შემცველობა გ/ლ					
	Zn	Cu	Ni	Co	Cr	Mn
წყარო 1	$5,9 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-6}$	$5,9 \cdot 10^{-6}$	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	კვალი
წყარო 4	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$3,4 \cdot 10^{-6}$	$9,9 \cdot 10^{-6}$	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	$4,4 \cdot 10^{-6}$
წყარო 6	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$3,36 \cdot 10^{-6}$	$9,1 \cdot 10^{-6}$	არ აღმოჩნდა	$4,7 \cdot 10^{-7}$	$4,3 \cdot 10^{-6}$
წყარო 9	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა
წყარო 14	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	$6,9 \cdot 10^{-6}$	არ აღმოჩნდა	$7,6 \cdot 10^{-7}$	არ აღმოჩნდა
წყარო 27	$3,5 \cdot 10^{-5}$	$6,45 \cdot 10^{-6}$	$4,1 \cdot 10^{-5}$	$3,6 \cdot 10^{-6}$	$6,7 \cdot 10^{-6}$	$9,5 \cdot 10^{-7}$

წყალტუბოს თერმულ წყლებში მიკროელემენტების განსაზღვრა განაპირობებს ბალნეოლოგიურ, სამკურნალო თვისებებს და მასში შემავალ მიკროელემენტების ჰიდროგეოლოგიურ ასპექტში შემდგომ შესწავლას.

ლიტერატურა

1. დიმიტრი ერისთავი. საქართველოს მინერალური წყლები. -თბილისი, გამომცემლობა საბჭოთა საქართველო, 1966, 226 გვ.
2. ი. გამყრელიძე, ა. ოქროსთვალაძე, კ. ქოიავა, ფ. მაისაძე. საქართველოს გეოტურიზმის პოტენციალი, კავკასია. ისტორია, კულტურა, გეოლოგია, გეოტურისტული მარშრუტები და გეობარკები. გამომცემლობა "Springer", 2021.
3. Г. Г. Джинчарадзе, Б. А. Гогичаишвили, Н. В. Бокучава, Д. Г. Джинчарадзе. Физико-химические аспекты рационального использования Цхалтубских минеральных вод. /Известия национальной академии наук Грузии серия химическая. 2009, №4, Т-35, сс. 499-502.
4. Б. Гогичаишвили, И. Дидбаридзе. Выбор оптимальных условия хроматографического концентрирования Fe, Co и Ni целью их определения в природных водах. //საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, თბილისი. ტ. 15 №1. 2015, сс.51-53.

SUMMARY

HYDROCHEMICAL PROPERTIES OF TSKALTUBO THERMAL WATERS AND THEIR MICROELEMENT COMPOSITION

Bokuchava N.V., Devdariani N.G., Andghuladze Sh.N. and Gonashvili N.G.

Georgian Technical University

Georgia's geological conditions contribute to over two thousand mineral water sources. Tskaltubo thermal water, near Kutaisi, has low mineralization, radon, and consistent ionic-saline composition, with key ions HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , and Ca^{2+} . Despite extensive research, trace elements like Cu, Zn, Co, and Ni are still under study. New methods have identified these and other elements (Mn, Cr) in the water. Tskaltubo water has a neutral pH (7.0-7.1) and significant biological activity. The study highlights the need for further research on the hydrochemical and healing properties of these waters.

Keywords: Tskaltubo thermal water, hydrochemical properties, trace elements, mineral water, radon, balneology, therapeutic properties, Georgia, low mineralization, ionic-saline composition.

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЫЛ

Сирадзе М.Г., Бердзенишвили И.Г., Кукуладзе М.В., Медзмаришвили Н.Г., Чхаидзе Е.Т.,
Непаридзе Н.С., Дзнеладзе С.Дж.

Грузинский технический университет

Большинство продуктов переработки веществ природного происхождения, подвергаемых сушке (мыло, синтетические моющие средства и т. д.), являются коллоидными капиллярно-пористыми телами, сухой скелет которых обладает лиофильными свойствами [1]. Поэтому на границе системы твердое тело – жидкость происходят явления, характеризующие формы связи влаги с материалом, экспериментальное исследование которых позволяет определить термодинамические характеристики (потенциал влагопереноса, удельную влагоемкость и др.). Эти характеристики наряду с гигроскопическими свойствами определяют также технологические параметры материала.

Таким образом, технология сушки непосредственно увязывается с термодинамической массопереноса, а теория и техника обезвоживания базируются на представлениях о состоянии влаги в материалах и о ее взаимодействии со скелетом вещества.

Тепловая обработка мыльной основы является одним из важнейших этапов в производстве мыла. Экспериментальным исследованием статики и динамики процессов применительно к автоматизации сушки мыл посвящено множество работ. Большой вклад в изучение тепло- и массообмена, протекающего при удалении влаги из мыльной основы, внесли М. П. Беспятов, П. В. Науменко, М. Н. Мучник и другие исследователи.

Однако, несмотря на многообразие факторов оценки, влияния параметров на процесс сушки мыл, в литературе не обнаружено теоретических или эмпирических формул, позволяющих увязать комплекс технологических параметров в единое целое.

Основными факторами, которые воздействуют на процесс, протекающий сушки мыл, являются влагосодержание мыльной основы и мыла, выходящего из пелотезы, температура мыльной основы, поступающей на сушку, толщина слоя мыла в зоне сушки и давление в сушильной камере.

Для правильного ведения технологических процессов, связанных с производством сушки мыл и широкое применение тепловой обработки мыл требует знания не только термодинамических характеристик, но и их теплофизических характеристик, т. е. коэффициентов теплопроводности (λ) и теплоемкости (C). Точный расчет тепло- и массообменных процессов при нагревании мыльных растворов, последующей сушке и охлаждении невозможен без использования этих коэффициентов.

Учитывая отсутствие в литературе данных о теплофизических характеристиках мыл, в статье поставлена цель систематизировать и обобщить данные о теплофизических характеристиках мыл.

Мы провели измерения теплопроводности и объемной теплоемкости при различных влагосодержании и температуре мыл. Исследование проводилось на экспериментальном стенде, схема и принцип действия которого описаны ранее [2, 3].

Наряду с промышленными образцами исследованию подвергали натриевые и кальциевые мыла, приготовленные в лабораторных условиях из насыщенных жирных кислот (от C_{14} до C_{18}).

В процессе опытов было установлено, что при одинаковом содержании жирных кислот природа мыл из-за подавляющего воздействия воды не оказывает заметного влияния на их теплофизические характеристики.

В таблице приведены теплопроводность и объемная теплоемкость товарных мыл в зависимости от влагосодержания и температуры.

Теплопроводность и объемная теплоемкость товарных мыл в зависимости от влагосодержания и температуры

Влагосодержание, %	30° С		60° С		80° С		95° С	
	λ , Вт/(м.К)	Ср. 10^{-3} , кДж/ /(м ³ .К)	λ , Вт/(м.К)	Ср. 10^{-3} , кДж/ /(м ³ .К)	λ , Вт/(м.К)	Ср. 10^{-3} , кДж/ /(м ³ .К)	λ , Вт/(м.К)	Ср. 10^{-3} , кДж/ /(м ³ .К)
5,0	0,13	1,23	0,114	1,36	0,095	1,44	0,075	1,51
11,0	0,142	1,37	0,148	1,57	0,120	1,71	0,09	1,80
25,0	0,159	1,49	0,195	1,74	0,22	1,92	0,228	2,02
43,0	0,173	1,58	0,232	1,90	0,265	2,07	0,259	2,10
65,0	0,204	1,64	0,274	1,97	0,316	2,17	0,319	2,23
100,0	0,237	1,67	0,325	2,02	0,364	2,23	0,37	2,31

Как видно из данных таблицы, теплопроводность мыла с влагосодержанием до 5 % при повышении температуры непрерывно уменьшается, причем наиболее интенсивно это происходит в диапазоне 60 – 90 °С, что характерно для безводных веществ жирового происхождения.

С увеличением влагосодержания до 11 % вначале отмечен некоторый рост теплопроводности (в пределах от 30 до 60 °С) и затем быстрое снижение λ . При 25 %-ном влагосодержании теплопроводность растет линейно в соответствии с увеличением температуры.

В случае дальнейшего повышения содержания влаги (выше 25 %) точка плавления мыл находится в изучаемых нами температурных пределах, поэтому функцию $\lambda=f(t)$ можно разбить на два участка: период постоянной скорости изменения коэффициента теплопроводности, продолжающийся от начальной температуры 30 °С до точки плавления – кристаллизации, и период убывающей скорости, наблюдаемый при температуре выше точки плавления.

Из данных таблицы следует также, что наибольшая интенсивность роста теплопроводности мыл приходится на начальное увлажнение, причем λ зависит от температуры, при которой проводятся измерения теплофизических характеристик.

При влагосодержании мыл от 25 % и выше объемная теплоемкость (Ср) с повышением температуры линейно увеличивается до точки плавления и затем стремится к постоянной величине. Для мыл, содержащих менее 11 % влаги, функция $Ср= f(t)$ линейна.

Влияние влагосодержания мыл на объемную теплоемкость независимо от температуры имеет один и тот же характер. Значение Ср во всех случаях плавно уменьшается, стремясь при каждой температуре к своему постоянному значению.

Таким образом, измерение теплофизических характеристик показало, что природа мыл не оказывает решающего воздействия на теплопроводность и объемную теплоемкость. Основными факторами, влияющими на теплофизические характеристики мыл, являются влагосодержание и температура.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. - М.: Пищевая промышленность, № 2, 1973, с. 34.
2. Н. М. Кафиев, В.Х. Паронян, Н. К. Черножуков и др. Определение теплофизических свойств дистиллированных моноглицеридов. //Масло-жировая промышленность, 1986, № 4. ,
3. Н. М. Кафиев, В.Х. Паронян, Н. К. Черножуков и др. О теплофизических свойствах эфиров моноглицеридов и диацетилвинной кислоты. // Масло-жировая промышленность, 1986, № 7, с. 25.

SUMMARY

THERMOPHYSICAL CHARACTERISTICS OF SOAPS

Siradze M.G., Berdenishvili I.G., Kukuladze M.V., Medzmariashvili N.G.,

Chkhaidze E.T., Nefaridze N.S. and Dzneladze S.J.

Georgian Technical University

The measurement of thermophysical characteristics in the paper showed, that the nature of soaps does not have a decisive influence on thermal conductivity and volumetric heat capacity. The main factors affecting the thermophysical characteristics of soaps are humidity and temperature.

Keywords: thermophysical characteristics, soaps, thermal conductivity, volumetric, heat capacity, humidity, temperature.

ПРИМЕНЕНИЕ ХЛОПКОЛАСАНОВОЙ ТКАНИ ПРИ ФИЛЬТРОВАНИИ ГИДРИРОВАННЫХ ЖИРОВ

Сирадзе М.Г., Кукуладзе М.В., Непаридзе Н.С., Дзнеладзе С.Дж., Медзмаришвили Н.Г.,
Бердзенишвили И.Г., Чхаидзе Е.Т.

Грузинский технический университет

В последние годы в различных отраслях пищевой промышленности широко используются синтетические фильтровальные материалы, что позволяет интенсифицировать процесс фильтрации и облегчить чистку фильтр-прессов [1]. В масло-жировой промышленности также накоплен некоторый опыт их применения [2,3].

Наиболее жесткие требования к фильтровальным материалам для жировых суспензий предъявляются на стадии отделения гидрированных жиров от катализаторных металлов, являющейся одной из самых трудоемких и ответственных операций. На нее расходуется более 900 тыс. м хлопчатобумажного бейтинга.

Для этой стадии разработаны и широко апробированы на ряде предприятий отрасли новые марки фильтровальных материалов, в которых лавсановые и хлопковые волокна сочетаются в различных соотношениях (от 33:67 до 67:33 %). Температурный предел использования их составляет 90 – 170 °С.

Характеристика смешанной хлопколавсановой ткани по сравнению с хлопчатобумажным бейтингом приведена в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика смешанной хлопколавсановой ткани по сравнению с хлопчатобумажным бейтингом

Показатели	Смешанная ткань с 33% лавсана марки ТФХЛ	Хлопчатобумажный бейтинг марок	
		Ф	БФ-БД
Поверхностная плотность (масса 1 м ²) ткани, г/м ²	900±30	910±40	880±50
Толщина ткани, мм	2,0±0,1	2,0±0,2	2,0±0,2
Число нитей на 10 см по основе по утку	98±2 54±2	98±2 58±2	98±2 58±2
Разрывная нагрузка полоски ткани размером 50x200 мм, Н (кгс) (не менее) по основе по утку	2746 (280) 1718 (165)	2795 (285) 1667 (170)	2157 (220) 1373 (140)
Удлинение при разрыве полоски ткани размером 50x200 мм, % (не более) по основе по утку	50,0 16,0	40±5 10±2	42±5 14±3
Структура	Хлопколавсановая пряжка	Хлопколавсановая пряжка	Суровая пряжка
по основе	50 текс x x 10S120	84 текс x 6	84 текс x 6 (11,9/6) Б
по утку	или 84 текс x x 6S120		

В настоящее время на предприятия отрасли наряду с бельтингом марки Ф (ГОСТ 332-69) начал поступать новая марка ткани характеризуется пониженными физико-механическими показателями, обусловленными изменением технологии ее производства.

В частности, снижена поверхностная плотность ткани, ухудшен показатель разрывной нагрузки, завышен показатель удлинения при разрыве полоски ткани. Это, как свидетельствует опыт промышленности, оказывает отрицательное влияние на чистоту фильтрации жировых суспензий, срок службы ткани и приводит к значительному перерасходу фильтровального материала.

Введение в нить смешанной ткани лавсанового волокна на 20 – 30 % увеличивает разрывное усилие и повышает физико-механические показатели нового фильтровального материала.

Улучшение эксплуатационных свойств материала достигается за счет оптимального значения объемной пористости ткани (в пределах 40 – 45%) и соотношения между суммарной площадью поверхностных и сквозных пор в пределах раппорта переплетения 4 – 6 при 0,78 – 0,80 степени заполнения основных и уточных нитей, состоящих из комбинированной полиэфирахлопковой пряжи с коэффициентом крутки 21 – 26.

Ткань отличается большей термической прочностью и повышенной кислотостойкостью. Адгезия осадка к таким материалам ниже, чем к хлопчатобумажным тканям. Удельное поверхностное электрическое сопротивление смешанных тканей обычно колеблется в пределах $13 \cdot 10^9 - 18 \cdot 10^9$ Ом против $95 \cdot 10^8$ для бельтинга, что допустимо для работы во взрывоопасных цехах при соблюдении условий, предусмотренных правилами техники безопасности.

Испытания смешанной хлопколавсановой ткани проводились на предприятиях с резко отличающимися условиями фильтрования жировых суспензий как по типу используемого катализатора, так и по температуре процесса.

Таблица 2. Условия фильтрования жировых суспензий по типу используемого катализатора

Фильтровальный материал	Содержание никеля, в пищевом саломасе, в мг/кг, при продолжительности испытаний, сут			
	1 – 3	3 – 5	5 – 7	7 – 9
Катализатор ГМ-3				
Хлопколавсановая ткань марки ТФХЛ	3,5 – 4,7	4,2 – 5,6	4,0 – 5,2	5,1 – 5,3
Бельтинг марок Ф	3,9 – 5,3	4,7 – 6,0	6,2 – 6,8	–
БФ-БД	5,7 – 7,0	6,8 – 9,4	–	–
Катализатор ВНИИЖ – 1				
Хлопколавсановая ткань марки ТФХЛ	7,9 – 9,4	8,5 – 10,2	8,8 – 11,0	9,2 – 11,4
Бельтинг марок Ф	8,0 – 10,0	8,9 – 11,0	8,5 – 10,5	–
БФ-БД	12,6 – 13,8	14,1 – 15,6	–	–

Фильтрование гидрированных жиров от порошкообразных никелевых или никель-медных катализаторов с размером частиц 0,05 – 0,30 мм осуществляли на рамных фильтр-прессах при двухслойной заправке их фильтровальным материалом, давлении 100 – 200 кПа и температуре процесса 130 – 160 °С для пищевых и 140 – 170 °С для технических целей. Об эффективности использования смешанной ткани судим по скорости фильтрования, задержи-

ХИМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ СТЕКЛА ПАРФЮМЕРНЫХ ФЛАКОНОВ

Сирадзе М.Г., Кукуладзе М.В., Бердзенишвили И.Г., Непаридзе Н.С., Медзмаришвили Н.Г.,
 Чхаидзе Е.Т., Дзнеладзе С.Дж.

Грузинский технический университет

Духи и одеколоны согласно стандарту представляют собой однородные прозрачные жидкости [1].

Наличие осадков в парфюмерных жидкостях ухудшает внешний вид товарной продукции. Одной из возможных причин появления осадков в духах и одеколоне является химическое взаимодействие парфюмерных жидкостей со стеклом флаконов. В практике ликеро-водочной промышленности обнаруживалось воздействие стеклотары на появление осадков в выпускаемой продукции.

Целью нашей работы было исследование влияния химической устойчивости стекла парфюмерных флаконов на появление осадков в духах и одеколоне.

Химическая устойчивость – это сопротивляемость стекла воздействию различных агрессивных сред. Она зависит от ряда факторов: состава стекла, природы воздействующей среды, температуры, механического воздействия, состояния поверхности и др. [2].

Стекло парфюмерных флаконов относится к силикатным и в основном имеет следующий химический состав: $Na_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$. Кроме того, в состав стекла могут входить в различных соотношениях окислы калия, бора, железа, алюминия, магния, микродобавки кобальта, селена.

Химическая стойкость силикатных стекол зависит главным образом от содержания в стекле кремнезема (SiO_2) и окислов щелочных металлов. Устойчивость стекла ко всем реагентам повышается с ростом содержания кремнезема и снижается с увеличением количества окислов щелочных металлов за счет диффузии щелочных ионов из стекла в раствор.

Практика работы стекольных заводов показала, что химически устойчивое стекло должно содержать не более 16,5 % окислов щелочных металлов. Это подтверждено и нами на основании анализа стекла парфюмерных флаконов, выпускаемых во Франции, ГДР, Польше, Болгарии, которое содержало от 12 до 16 % окислов.

Проведенный нами анализ рецептурного состава стекла парфюмерных флаконов, производимых стекольными заводами страны, показал, что суммарное содержание окислов натрия и калия в стекле равно или превышает 16,5%.

Для характеристики устойчивости стекла парфюмерных флаконов можно использовать формулу

$$\Delta = (Na_2O + K_2O + MgO) - (Fe_2O_3 + Al_2O_3).$$

где Δ – показатель устойчивости; $Na_2O, K_2O, MgO, Fe_2O_3, Al_2O_3$ – массовая доля окислов, %.

Стекло, имеющее значение $\Delta \leq 16,5$, относится к химически устойчивому; при значении $\Delta > 18,0$ стекло трудно уберечь от выщелачивания [3].

Рассчитанные по приведенной выше формуле значения показателя устойчивости парфюмерных флаконов соответствовали полученным нами экспериментальным данным. Нестойкими оказались флаконы показатель устойчивости которых составляло: ($\Delta = 19,75$), ($\Delta = 19,5$), ($\Delta = 19$), ($\Delta = 18,7$) и ($\Delta = 17,0$).

Для изучения влияния химической устойчивости стекла флаконов на возможность появления осадков в парфюмерных жидкостях были выбраны флаконы, изготовленные из стекла разного химического состава. В них испытывались те сорта духов, при хранении которых отмечались случаи появления осадков (образцы 1–12).

Для сравнения духи разливали в кварцевую посуду (кварцевое стекло содержит 100% SiO_2). Образцы хранили в темноте при комнатной температуре. Периодически качество парфюмерных жидкостей проверяли на прозрачность и определяли значение pH . Результаты наблюдений приведены в таблице.

Качество парфюмерных жидкостей при хранении

Наименование	Массовая доля окислов металлов в стекле парфюмерных флаконов, %	Значения показателя устойчивости (Δ)	Значения pH *	
			исходные	через 6 мес. хранения
Образец 1	15,5	14,1	5,50	5,75
Образец 2	16,5	17,4		5,83
Образец 3	17,3	18,8		6,20
	Кварцевая посуда	—		5,50
Образец 4	16,5	17,4	5,70	5,96
Образец 5	17,3	18,8		6,36**
	Кварцевая посуда	—		5,70
Образец 6	16,5	17,3	6,65	6,95
Образец 7	17,3	18,7		7,10**
	Кварцевая посуда	—		6,70
Образец 8	16,5	17,4	5,20	5,50
Образец 9	17,3	18,8		5,80
	Кварцевая посуда	—		5,35
Образец 10	15,5	14,1	5,60	5,60
Образец 11	16,5	17,4		5,75
Образец 12	17,3	18,8		6,18**
	Кварцевая посуда	—		5,60

* Средние (из десяти флаконов) данные значений pH и визуальных наблюдений.

** В этих случаях в духах появились осадки.

Как видно из данных таблицы, при хранении испытанных духов стекло флаконов выщелачивается, о чем свидетельствует увеличение значений pH духов. При этом наибольшие изменения значений pH отмечены при хранении духов во флаконах с повышенным содержанием окислов щелочных металлов.

В случае хранения духов в кварцевой посуде величины их значений pH практически не изменились. В отдельных случаях взаимодействие стекла флаконов с парфюмерными жидкостями приводило к появлению осадков в духах.

Для выяснения воздействия отдельных компонентов парфюмерных жидкостей на стекло флаконов были проведены исследования с индивидуальными душистыми веществами, эфирными маслами, композициями – базами, этиловым спиртом, водой. Душистые вещества в виде 1%- и 10%-ного спиртовых растворов, этиловый спирт крепостью 96,2°, водопроводная и

дистиллированная вода разливались в кварцевую посуду и во флаконы, стекло которых имело различный химический состав.

Были проверены следующие эфирные масла и душистые вещества: бергамотное, апельсиновое, пачулиево, коричное, иланг-иланговое, ветиверовое, кориандровое масла; стиракс смола, иралия, кумарин, мускус амбровый, изоамилсалицилат, метилионон, диэтилфталат, линалилацетат, ванилин, гидрооксицитронеллаль.

Под влиянием этилового спирта происходило выщелачивание стекла флаконов. При этом значения pH увеличились от 7,0 до 9,6.

При хранении водопроводной и дистиллированной воды в парфюмерных флаконах появились осадки в виде хлопьев, чешуек и пленок. Значения pH значительно возросли, а после появления коллоидных осадков стали уменьшаться за счет образования геля кремневой кислоты, снижающего щелочность раствора.

В кварцевых колбах в течение всего времени хранения значения pH оставались близкими к исходным и осадки не выпадали.

Таким образом, как духи, так и отдельные их компоненты в той или иной мере взаимодействуют со стеклом флаконов, что может приводить к появлению осадков в парфюмерных жидкостях.

Мы изучили также влияние температуры и механического воздействия на химическую устойчивость стекла парфюмерных флаконов. Известно, что разрушение стекла любым реактивом при температуре до 100 °C ускоряется в 1,5 – 2,5 раза при повышении температуры на 10°. Кроме того, движущаяся жидкость сильнее разрушает стекло, чем в спокойном состоянии [2].

Воздействие температуры на выщелачивание стекла флаконов проверялось для духов (образцы 1 – 3) при 30, 40 и 50°C.

Наблюдения за образцами этих духов показали, что при 30°C значения pH изменяются через 3 мес, а это в два раза быстрее, чем при комнатной температуре. При 40 °C этот показатель изменился уже через 1,5 – 2 мес. Механическое воздействие (встряхивание) не оказывает заметного влияния на изменение химической устойчивости стекла флаконов.

Таким образом, установлено, что химическая неустойчивость стекла флаконов, связанная с его составом, может влиять на качество парфюмерных жидкостей при хранении, вызывая появление в них осадков. Кроме того, с повышением температуры процесс выщелачивания стекла флаконов значительно ускоряется. В связи с этим необходимо разработать способы, повышающие химическую устойчивость парфюмерной стеклотары.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 17237 – 71. «Духи». – М.: Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР, 1974.
2. Справочник «Стекло»/под. ред. В.Н. Павлушкина. – М.: Стройиздат, 1973.
3. Безбородов М.А. Химическая устойчивость силикатных стекол. – Минск: Мир, 1972, с. 79.

SUMMARY

CHEMICAL STABILITY OF PERFUME TEST-TUBE GLASS

Siradze M.G., Kukuladze M.V., Berdzenishvili I.G., Neparidze N.S., Medzmariashvili N.G., Chkhaidze E.T. and Dzeladze S.J.

Georgian Technical University

Thus, it is determined that the chemical stability of test-tube glass depends on its composition which may affect the quality of perfume solutions when stored, caused by their precipitation. Coming out of this it is necessary to process the methods that will improve the chemical stability of perfume glass and containers.

Keywords: chemical stability, test-tube glass, perfume solutions, storing, precipitation, methods, perfume glass, containers.

მაგარი ყველის ტექნოლოგია თაფლის დანამატით

ბოკერია ა.შ., ხუციშვილი რ.ა., ძნელაძე ს.ჯ., სორდია ე.კ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საქართველოში ყველს, მოგესხენებათ, უხსოვარი დროიდან აწარმოებდნენ. დღემდე მოღწეულია ყველის დამზადების მრავალი ტრადიციული ტექნოლოგია, რაც ჩვენი ქვეყნის მრავალფეროვანი რელიეფიდან და კუთხეებიდან მომდინარეობს. შესაბამისად ყველა კუთხის ყველი გამორჩეულია თავისი იერსახითა და საგემოვნო მახასიათებლებით.

ჩვენ მიერ შემუშავებული მაგარი ყველის ტექნოლოგია ახლოს დგას ჰოლანდიური, ესტონური, კოსტრომული და ა.შ. მაგარი ყველის სახეობებთან. აღნიშნული ჩამონათვალის მაჭიკის ფერმენტით მაგარი ყველების დამზადების არსი მეორე გაცხელების დაბალი ტემპერატურით განისაზღვრება [1,2].

შემუშავებული მაგარი ყველის დამზადების ტექნოლოგია თაფლის დანამატით ახალი სიტყვა იქნება მსოფლიოს მოსახლეობისათვის, რომელებიც ახალი საგემოვნო თვისებების მატარებელი პროდუქტების მუდმივ ძიებაშია.

მაგარი ყველის დამზადების ტექნოლოგიაში დანამატად გამოყენებულია სამეგრელოს რეგიონიდან მოწოდებული მინდვრის თაფლი.

თაფლის კვებით ღირებულებაზე და მის უნიკალურობაზე ჩვენ აღარ გავამახვილებთ ყურადღებას. უბრალოდ ვიტყვით, რომ მის შემადგენლობაში (მიუხედავად საერთო შაქრის მაღალი პროცენტული შემადგენლობისა, ≈80%) 300-მდე ერთმანეთისაგან ძირულად განსხვავებული კომპონენტი შედის. მათ შორის გამოვარჩევდით ვიტამინებს, მინერალურ ნივთიერებებს, თავისუფალ ამინომჟავებს, ცილოვან და არაცილოვან ნაერთებს (ძირითადად ფერმენტების სახით) და ა.შ. [3,4].

მაგარი ყველი ჩვენ ძროხის რძისაგან დავამზადეთ. დამზადებისას, პირველ რიგში, შევამოწმეთ მიღებული რძისა და თაფლის შემადგენლობა (მონაცემები მოტანილია ცხრ. 1 და 2-ში):

ცხრილი 1. ძროხის რძის ქიმიური შემადგენლობა

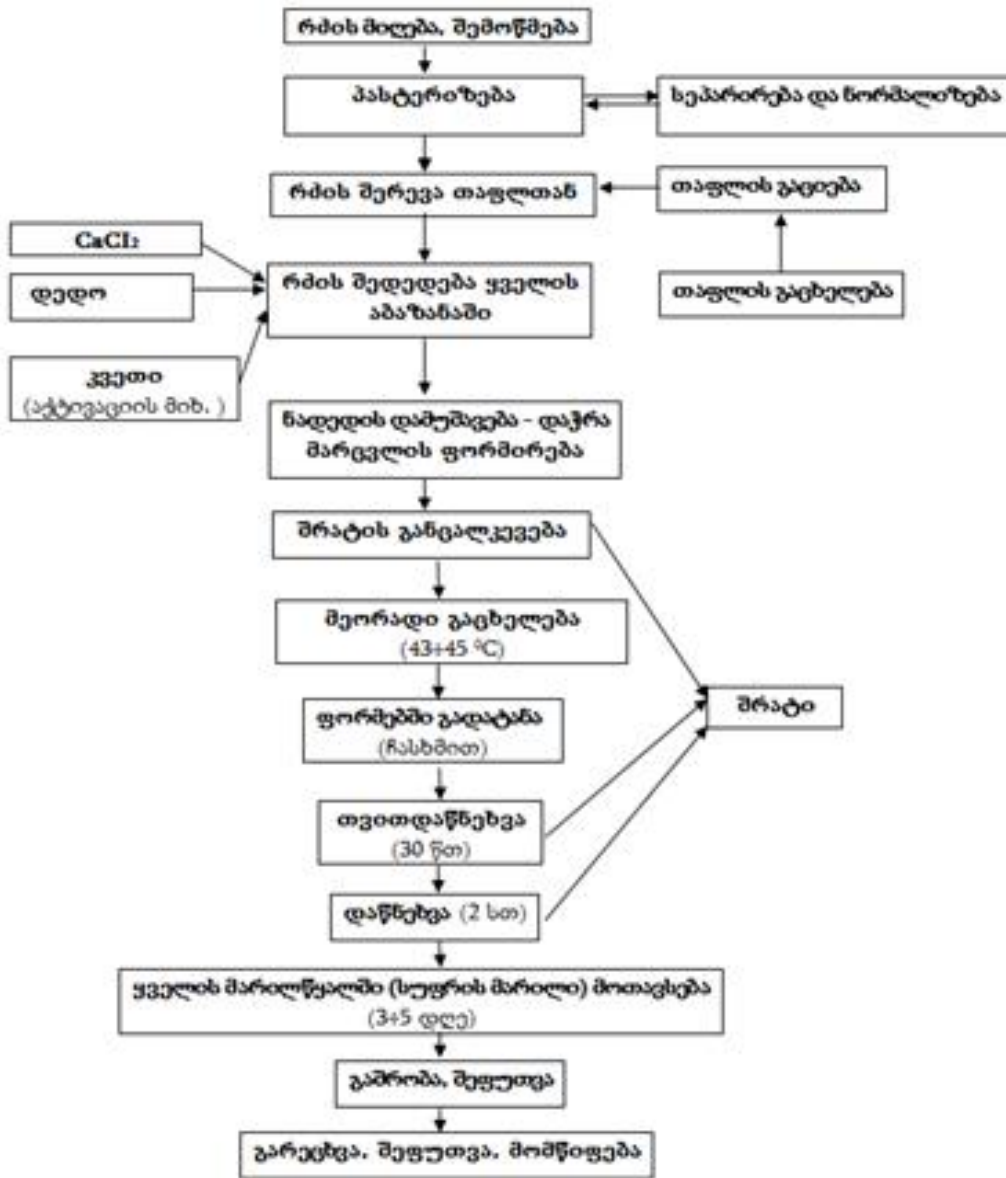
რძის შემადგენლობა	რაოდენობრივი მაჩვენებლები
მშრალი ნივთიერებები, %	12,44
წყალი, %	87,56
ცილა, %	3,32
ცხიმი, %	3,81
მინერალური ნივთიერებები, %	0,72
რძის შაქარი, %	4,78

ცხრილი 2. სამეგრელოს რაიონის მინდვრის თაფლის ქიმიური შემადგენლობა

თაფლის შემადგენლობა	რაოდენობრივი მაჩვენებლები
მშრალი ნივთიერებები, %	82,88
საერთო შაქარი, %	82,15
ცილა, %	0,31
ვიტამინი C (მგ 100 გ-ზე)	0,52
წყალი, %	17,12
მინერალური ნივთიერებები, %	0,42

როგორც ვხედავთ, რძემ და თაფლმა დააკმაყოფილა მათზე წაყენებული სტანდარტით გათვალისწინებული მოთხოვნები და ჩვენ შევუდექით მაგარი ყველის დამზადებას.

დანამატებით მომზადებული სხვა ყველებისაგან განსხვავებით, ჩვენ თაფლი პასტერიზებულ და ნორმალიზებულ რძეში შევიტანეთ. აქვე უნდა აღინიშნოს ის გარემოებაც, რომ პასტერიზება თაფლსაც ჩავუტარეთ 70 °C-ზე და შემდეგ გავაგრილეთ 40 °C-მდე. ყველის მომზადებისას დედოდ გამოვიყენეთ იტალიური ფირმის **Calza Clemente** მშრალი დედო **CLCDVT01**, ხოლო კვეთად იტალიური წარმოების ფერმენტი მიკროპლერიკი. მაგარი ყველის ტექნოლოგიური სქემა მოტანილია ნახაზზე.



მაგარი ყველის დამზადების ტექნოლოგია თაფლის დანამატით

ცხრილი 3. მაგარი ყველის მახასიათებლები თაფლის დანამატით

№	ყველის მახასიათებლები	შედეგები
1	მჟავიანობა, pH	5,4
2	ტენიანობა, %	49,2
3	მშრალი ნაშთი, %	50,8
4	ცილა, %	20,06
4	ვიტამინი C (მგ 100 გ-ზე)	0,12
5	შაქრიანობა, %	4,14
6	მარილი, %	3.64
7	ცხიმინიანობა %	22,96
8	ტექსტურა	რბილი, ელასტიური, რბილი ქერქით. ხანგრძლივი მომწიფების შემდეგ - მტვრევადი.
9	იერსახე	ღია მოყვითალო, მარმარილოსებრი ყვითელი ჩანართებით
10	საგემოვნო მახასიათებლები	ყველისათვის დამახასიათებელი და თაფლის სასიამოვნო არომატი სიტკბოს გარეშე

ჩვენ შევიმუშავეთ მაგარი ყველის დამზადების ტექნოლოგია თაფლის დანამატით, მივიღეთ ნატურალური პროდუქტი ხელოვნური დანამატების გარეშე და მასში მაქსიმალურადაა შენარჩუნებული ყველსა და თაფლში არსებული ვიტამინები და სხვა სასარგებლო ნივთიერებები (ცხრ.3). აქვს მარმარილოსებური იერსახე თაფლის მოყვითალო მარცვლების ჩანართებით, ორგანოლექტიკურად წარმოადგენს გემრიელ პროდუქტს სიტკბოს გარეშე, მაგრამ შეინიშნება თაფლის სასიამოვნო მსუბუქი არომატი. ამასთან, თაფლის მაღალი ანტიოქსიდანტობის გამო ყველი ინახება ბევრად უფრო დიდი პერიოდით (5 თვით მეტი), ვიდრე არსებული ტექნოლოგიებით დამზადებული მაგარი ყველები.

ლიტერატურა

1. E.M. Düsterhöft, W. Engels G. van den Berg, Cheese: Dutch-Type Cheeses. Reference Module in Food Science, 2016.
2. E.M. Düsterhöft W. Engels G. van den Berg. Dutch-Type Cheeses. Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition), 2011;
3. А. Меркулов. Пищевая ценность и химический состав меда. //Вопросы питания. москва, GEOTAP-Медиа, №4 (554), 2024, сс. 112-119.
4. Sharla Riddle, The chemistry of Honey. Bee Culture, The magazine of American Beekeeping. U.S., July 25, 2016, pp. 322-352.

SUMMARY

COOL CHEESE TECHNOLOGY WITH HONEY ADDITIVE

Bokeria A.Sh., Khutsishvili R.A., Dzneladze S.J. and Sordia E.K.

Georgian Technical University

We have developed a cool cheese-making technology with a natural honey additive. As a result, we got both a healthy product and enriched it with organoleptic characteristics. However, due to the high antioxidant content of honey, the cheese is stored for a longer period of time (five months longer) than cold cheeses made with conventional technology.

Keywords: milk, cool cheese, honey, natural product, technology.

ახალი რქემჟავა პროდუქტი მაწონი თაფლით

ბოკერია ა.შ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რძის პროდუქტების დამზადების ახალი ტექნოლოგიების შემუშავება მეტად აქტუალური თემაა მსოფლიოს მოსახლეობისათვის. თანამედროვე მომხმარებელთათვის მნიშვნელოვანია პროდუქტების ძიება ახალი საგემოვნო მახასიათებლებით, რომლებიც ბუნებრივი და არა სინთეზური დანამატებითაა გამდიდრებული.

მაწონი ქართული რქემჟავა პროდუქტია, რომელიც ანტიკური ხანიდან მზადდებოდა საქართველოში. იგი 2020 წლიდან არამატერიალური კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლად იქნა აღიარებული საქართველოს კულტურული მემკვიდრეობის დაცვის ეროვნული სააგენტოს მიერ [1].

მაწონი საქართველოს საზღვრებს გარეთაც მეტად პოპულარულია (ევროპა, იაპონია და ა.შ.), რაც მისი საგემოვნო მახასიათებლებითა და კვებითი ღირებულებით განისაზღვრება. მაგ.: ძროხის რძისაგან დამზადებული მაწონის კვებითი ღირებულება 54 კკალ-იას წარმოადგენს, რაც განპირობებულია მასში შემავალი ცილებით, ცხიმებით (მზადდება ცხიმ-მოუხდელი რძით), ნახშირწყლებით, ვიტამინებით, მინერალური ნივთიერებებით, ცოცხალი მიკროორგანიზმებით, რომლებიც დადებითად ზემოქმედებს ადამიანის ორგანიზმზე [2].

ქართული მაწონი ძირითადად ძროხის რძისაგან მზადდება, მაგრამ ჩვენი ქვეყნის რეგიონებში მას კამეჩის, თხის და იშვიათად ცხვრის რძისგანაც ამზადებენ [3].

მაწონის ყოველი ახალი პარტია, ოჯახებში, ტრადიციულად წინა პარტიის მაწონის გამოყენებით, რქემჟავა ბაქტერიული შტამებისაგან შემდგარი დედოთი მზადდება დღემდე, რაც განმაპირობებელი ფაქტორია ჯაჭვის უწყვეტობისა უძველესი დროიდან [4].

მაწონის მომზადების ტრადიციული მეთოდი უცვლელი სახითაა შემორჩენილი დღემდე: ჭურჭელში ათავსებენ დედოს (დაახლოებით 1/2 ლ რძეზე 1 ჩ. კოვზი მაწონი), აზავებენ ჯერ მცირე მოცულობა რძეში და შემდეგ ამატებენ თბილ რძეს (35 °C), ურევენ და თავდახურულ ჭურჭელს თბილად ფუთავენ. სითბოში შედელების პროცესს რამდენიმე საათი ჭირდება. აქვე უნდა აღინიშნოს ის ფაქტიც, რომ რქემჟავა დუდილის წარმართვისათვის (მაწონის შედელებისათვის) შემდგარი დედო მხოლოდ ქართული წარმოშობის რქემჟავა ბაქტერიული შტამებისაგან უნდა იყოს მოღებული [4].

ჩვენს მიერ მაწონში დანამატად გამოყენებულ იქნა საქართველოში, სამეგრელოს რეგიონში ნაწარმოები მინდვრის თაფლი, რომელიც, შეიძლება ითქვას, დაწვრილებით შევისწავლეთ.

შაქრების (გლუკოზა,საქაროზა, მალტოზა, ოლიგოსაქარიდები და ა.შ.) მაღალი შემცველობის (75 – 85 %) მიუხედავად, თაფლი უნიკალური პროდუქტია, რაზეც მეტყველებს მის შემადგენლობაში შემავალი, ადამიანის ჯანმრთელობაზე დადებითად მოქმედი 200-მდე ნივთიერება. თაფლი მდიდარია ვიტამინებით, მინერალური ნივთიერებებით, ცილებით და ა.შ. სამეგრელოს რაიონიდან მოწოდებული თაფლის მახასიათებლები მოტანილია ცხრილში.

კვლევები ჩატარებულ იქნა აგრეთვე ძროხის რძეზე, რომლისგანაც შემუშავებული ტექნოლოგიით დამზადდა მაწონი თაფლის დამატებით.

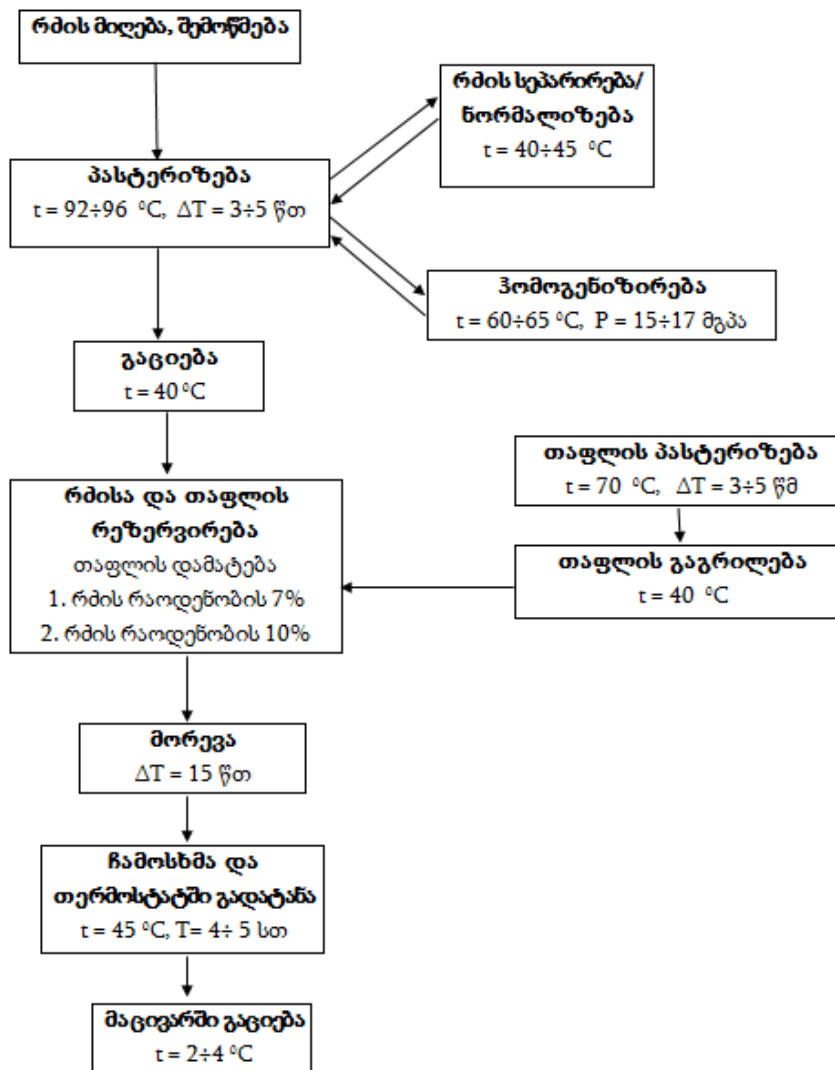
თაფლის ქიმიური შემადგენლობა

ქიმიური შემადგენლობა	რაოდენობრივი მაჩვენებლები
შაქარი (საერთო)	79,9%
ტენიანობა	17,95 %
მშრალი ნივთიერებები	82,05%
ცილა	1,8%
არაცილოვანი აზოტოვანი ნაერთები	0,35%
ზოგიერთი მინერალური ნივთიერებების საშუალო მნიშვნელობა, მგ/100გ	
კალიუმი	32
რკინა	778
კალციუმი	14
იოდი	1,9
ნატრიუმი	9,3
ფოსფორი	18
სპილენძი	51,3
ქლორი	17,3
მაგნიუმი	3
ფტორი	95
ვიტამინები, მგ/კგ	
B ₁	0,38
B ₃	0,92
B ₂	0,42
C	34,1
PP	0,98
ზოგიერთი თავისუფალი ამინომჟავას შემცველობა, მგ%	
პროლინი	17,4
თრეონინი	43,0
ალანინი	2,8
ვალინი	3,8
მეთიონინი	7,2
ლეიცინი	1,9

რძეს ჯანმრთელობის თეთრ ელექსირს უწოდებენ, რომელშიც სწორად არის დაბალანსებული მასში შემავალი ნივთიერებები: ცილები, ნახშირწყლები (ლაქტოზა), ცხიმები, ვიტამინები, მინერალური ნივთიერებები, ანტისხეულები და სხვა ნაერთები. რძის ძირითად მასას კი წყალი წარმოადგენს (85,5 – 89,5%). აქვე გვინდა აღვნიშნოთ, რომ რძის ცილის შენებაში მონაწილე 18 ამინომჟავადან რვა შეუცვლელია (100 გ რძეში: ლეიცინი – 283 მგ, ლიზინი – 261 მგ, ვალინი – 191 მგ, იზოლეიცინი – 189 მგ, ფენილალანინი – 175 მგ, თრეონინი – 153 მგ, მეთიონინი – 83 მგ, ტრიპტოფანი – 50 მგ).

მაწვნის დასამზადებლად გამოვიყენეთ ძროხის რძე ცხიმინობით 3,80%.

მაწვნის მომზადების ტექნოლოგიური სქემა თაფლის დანამატით მოტანილია ნახაზზე:



მაწონი თაფლით - ტექნოლოგიური სქემა

თაფლი 7 და 10 %-ის რაოდენობით დაემატა რძის რაოდენობასთან მიმართებაში. ორივე შემთხვევაში მაწვნის სიტკბო დაბალანსებულია და მისი მოხმარება შეუძლიათ სხვადასხვა დაავადების მქონე, მათ შორის დიაბეტით დაავადებულ ადამიანებს, რადგან თაფლში შემავალი შაქრები (ძირითადი: გლუკოზა, ფრუქტოზა) სისხლში მოხვედრისას მარტივად გარდაიქმნება ენერგიად დაშლის შედეგად, შესაბამისად შაქრის მომატება და დაგროვება სისხლში არ მიმდინარეობს. თაფლი არ შეიცავს ქოლესტეროლს. თაფლში შემავალი ქრომის მცირედი რაოდენობა კი ააქტიურებს კუჭქვეშა ჯირკვალს და აძლიერებს ისულინის (ტიპი1 დიაბეტის დროს) მოქმედებას. აქვე უნდა აღინიშნოს თაფლის მიღების ნორმირების ფაქტორი, – მისი მიღება დიაბეტით დაავადებულებისათვის დაუშვებელია დღე-ღამის განმავლობაში 5 გ-ზე (1 ჩ.კ) მეტი. შემუშავებული ტექნოლოგიით მაწონში დამატებული თაფლი აღნიშნულ ნორმებს არ ადგამება, მით უმეტეს, რძეში გახსნილი თაფლი მაწონში არსებული რძემჟავა ბაქტერიების ზემოქმედებით კიდევ უფრო ადვილად ექვემდებარება დაშლას [5].

მიღებული პროდუქტი მაწონი თაფლით ტექნოლოგია გამორჩეულია იმით, რომ თაფლის დამატება არა მზა მაწონზე მიმდინარეობს, არამედ ახალი პროდუქტის მოსამზადებლად წინასწარ თაფლგარეული რძე გამოიყენება, რაც დადებით გავლენას ახდენს როგორც მის საგემოვნო მახასიათებლებზე (მაწონი გამოვიდა ზომიერად ტკბილი თაფლის სასიამოვნო არომატით), ისე იწვევს თაფლში არსებული ვიტამინებისა თუ სხვა ღირებული ნივთიერებების სრულად გადასვლას და გახსნას მაწონში, რძესა და თაფლში შემავალი ამინომჟავებით სინთეზირებული ცილების მრავალგვარობას და მისი კვებითი ღირებულების გაზრდას. ამასთან, დამატებული თაფლის ანტიოქსიდანტური თვისებების ხარჯზე, დამზადებული მაწონის ვარგისიანობის ვადა 10 დღით იზრდება.

ლიტერატურა

1. საქართველოს კულტურული მემკვიდრეობის დაცვის ეროვნული სააგენტოს გენერალური დირექტორის ბრძანება № 02/49 2020 წლის 22 ივლისი, კულტურული მემკვიდრეობის თვალსაზრისით ღირებული ობიექტისთვის არამატერიალური კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლის სტატუსის მინიჭების შესახებ.
2. ა. ხარაზიშვილი, დ. კვირიკაშვილი. რძისა და რძის პროდუქტების ტექნოლოგია. თბილისი, 2010. 322 გვ.
3. რძემჟავა პროდუქტების წარმოების კერძო ტექნოლოგია - მაწონი. აგროსიახლეები, 22.06.2023.
4. ე. კაკაბაძე. საქართველოში გამოყოფილი რძემჟავა ბაქტერიების ბიომრავალფეროვნების, ბიოტექნოლოგიური და პრობიოტიკური პოტენციალის შესწავლა-დახასიათება, თბილისი, 2020, 143 გვ.
5. Белянчиков Ю. Можно ли есть мед при сахарном диабете? Ж. ДиаЧек, Москва, 18.11.2019, ст. 8–9.

SUMMARY

NEW FERMENTED MILK PRODUCT MATSONI WITH HONEY

Bokeria A.Sh.

Georgian Technical University

This article touches upon the issues of innovation in the production of dairy products with the addition of biologically active additives of natural origin, in particular, field honey directly into milk before fermentation. The article examines the technology of the fermented milk product Matsoni with the addition of field honey, in which the amount of added honey regulates the composition and quality of the resulting new product.

Keywords: Matsoni, honey, technology, ferment.

მანდარინის ქერქიდან საკვები დანამატის მიღება და მისი სამრეწველო გამოყენება

გრიგორაშვილი გ.ზ., კალატოზიშვილი ე.ი., ხვედელიძე ნ.ზ., იჩქიტაძე მ.ი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის კვების მრეწველობის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი

დღეს მსოფლიო მასშტაბით საკვები დანამატების მიღება მცენარეული ნედლეულიდან ახალ და პერსპექტიულ მიმართულებად ითვლება. საკვები დანამატების სასურველი მიმართულებით წარმართვა ხელს უწყობს ფერმენტული რეაქციების სასურველ წარმართვას, ტექნოლოგიური პროცესების სრულყოფას და ზრდის პროდუქციის ხარისხს.

დღეს განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა მცენარეული საკვებდანამატების მიღებას, რადგან დაბინძურებული გარემოდან ხდება ორგანიზმში მავნე ნივთიერებების მოხვედრა, რომლებიც იწვევენ ორგანული ნივთიერებების ჟანგვით პროცესებს და სერიოზულ პათოლოგიურ ცვლილებებს.

მთელი რიგი კვლევებით დადგენილია, რომ მცენარეებს აქვთ უნარი გამოიმუშავონ სხვადასხვა სახის დამცავი ნივთიერებები. მათ გააჩნიათ ანტიოქსიდანტური თვისებები, რომლებიც აფერხებენ ან უვნებელყოფენ თავისუფალ რადიკალურ პროცესებს.

ანტიოქსიდანტებით მდიდარი მცენარეული საკვების მიღება უზრუნველყოფს ორგანიზმის დაცვას ჟანგვითი პროცესების შედეგად წარმოქმნილი მავნე ნივთიერებების უარყოფითი ზემოქმედებისაგან. ანტიოქსიდანტებით მდიდარია ხილი და ბოსტნეული [1].

ბუნებრივი ანტიოქსიდანტებია: ასკორბინის მჟავა, ვიტამინი E, β-კაროტინი, α-ტოკოფეროლი, ფენოლმჟავები, კუმარინები, ლიგნანები, ფლავონოიდები, ფენოლური პოლიმერები [2].

ბუნებრივი რესურსების კომპლექსური გამოყენება, უნარჩემო ტექნოლოგიების დამუშავება და დანერგვა რეალიზაციის მნიშვნელოვანი პირობაა.

წარმოების ნარჩენების გამოყენება მნიშვნელოვანი პრობლემაა საკონსერვო წარმოებაში. კერძოდ, წვენების წარმოებაში. ამჟამად, საქართველოში ყოველწლიურად მზადდება 80 – 100 ათასი ტონა მანდარინის ნაყოფი, რომლის დამუშავების ძირითად პროდუქტს წვენი წარმოადგენს. დარჩენილი საწარმოო ნარჩენი პრაქტიკულად არ გამოიყენება, მაშინ როდესაც ის ბიოლოგიურად აქტიურ ნაერთებს შეიცავს და შესაძლებელია მისი გამოყენება სხვადასხვა სახეობის პროდუქტების შესაქმნელად.

ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენს მანდარინის ნაყოფიდან ისეთი პროდუქტის მიღება, რომელიც გამოყენებული იქნება როგორც ნატურალური საკვებდანამატი სამკურნალო-პროფილაქტიკური დანიშნულების საკვები პროდუქტის დასამზადებლად.

მანდარინის ქერქიდან მიღებული საკვებდანამატის ფიზიკო-ქიმიური მაჩვენებლები

მაჩვენებლები	შემცველობა
ტენიანობა, %	72,0
მშრალი ნივთიერებები, %	28,0
ჰემიცელულოზა, %	0,2
უჯრედისი, %	0,6
ნაცარი, %	0,5
საკვები ბოჭკოები, %	1,9
პოლიფენოლების ჯამური რაოდენობა, მგ%	400,0
ფლავონოიდების ჯამური რაოდენობა, მგ%	550,0
ვიტამინი C, მგ%	30,0
ანტიოქსიდანტური აქტივობა	1,48
ასკორბინმჟავაზე გადამზადებით, მგ/კგ	

პროდუქტის დასამზადებლად მანდარინის ნაყოფს მექანიკურად მოვაცილეთ კანი და დავაქუცმაცეთ მიქსერში. მიღებული მასას დავუმატეთ მცირე რაოდენობით წყალი და მივიღეთ პასტა.

ცნობილი ქიმიური და ბიოქიმიური ანალიზის მეთოდებით განვსაზღვრეთ მიღებული პროდუქტის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები [3]. ჩატარებული კვლევებით მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში.

როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, მიღებული პროდუქტი სხვა სასარგებლო ნივთიერებებთან ერთად მდიდარია ანტიოქსიდანტური ნივთიერებებით (ფლავონოიდები, ასკორბინის მჟავა), რაც მის მაღალ ანტიოქსიდანტურ აქტიობას განაპირობებს. მიღებული პროდუქტის ანტიოქსიდანტური აქტივობის განსაზღვრამ აჩვენა, რომ მისი აქტივობა ასკორბინის მჟავას მიმართ 1,48მგ/კგ-ს შეადგენს [4].

ამრიგად, ჩატარებული კვლევებით შეიძლება დავასკვნათ, რომ მანდარინის ქერქიდან მიღებული პროდუქტი შეიძლება განვიხილოთ როგორც ნატურალური საკვებდანამატი სამკურნალო-პროფილაქტიკური დანიშნულების ფუნქციური კვების პროდუქტის მისაღებად. იგი შეიძლება გამოყენებული იყოს როგორც პურის წარმოებაში, ასევე საკონდიტრო სფეროში, რაც გამოიწვევს აღნიშნული პროდუქტების კვებითი ღირებულების ამაღლებას.

ლიტერატურა

1. Volikasis G., Efstathions C. Determination of rutin and other flavonoids by from injection adsorptive stripping voltametry using nujol – graphite and nujol – graphite paste electrodes/ talanta 2000, 51, 4, pp. 775-785.
2. Craft B., Kerrihard A., Amarowicz R., Red R. Phole based antioxidants and vitro methods for their Assortment/Comprehensive Reviews in Food Science and food safety, 2012, 11, 2 pp. 148-173.
3. თ. მნიანი, გ. მარგველაშვილი. მცენარის ქიმიური ანალიზი. -თბილისი, განათლება, 1988, 300 გვ.
4. Gupta D. Methods for determination of antioxidant capacity. Intrenational journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 215, 6, 2, pp. 546-566.

SUMMARY

OBTAINING A FOOD SUPPLEMENT FROM MANDARIN PEEL AND DETERMINING THE INDUSTRIAL DIRECTION OF ITS USE

Grigorashvili G.Z., Kalatozishvili E.I., Khvedelidze N.Z. and Ichkitidze M.I.

Georgian Technical University – Institute of Food Industry

A food supplement is obtained from mandarin peel, which is characterized by a rich content of antioxidant compounds (flavinoids, ascorbic acid) which determines its high antioxidant activity. Based on the above product can be considered as a natural supplement for obtaining a functional food product for therapeutic and preventive purposes, It can be used both in the production of bread and in the filed of confectionery, which will lead to increase the nutritional value of the products.

Keywords: mandarin, fruit, antioxidants, flavonoids, ascorbic acid, function food product.

A COMPARATIVE ANALYSIS OF DRYING EGGPLANTS IN A POLYETHYLENE-COATED SOLAR DRYER AND NATURAL DRYING IN THE SUN

Archvadze K.T., Chachava I.R., Liparteliani R.G., Khotenashvili N.Z. and Tabukashvili Z.Sh.

TSU Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry, Tbilisi

Abstract. In this paper, the results of a study on the effectiveness of eggplant drying in a solar dryer with a polyethylene coating are presented. The use of solar dryers (SD) is a promising direction for drying agricultural products, as it allows for to reduction of drying time, preserves product quality, increases shelf life, and reduces the negative impact on the environment. A solar dryer with a polyethylene coating has been developed and tested, which provides effective drying of eggplants. It has been found that drying eggplants in a SD can reduce drying time by 2-3 times compared to drying in the open air. Dried eggplants obtained in a SD have higher quality compared to dried eggplants obtained in the open air: they retain their natural color, aroma, and taste, and also contain more vitamins and minerals. SD is an energy-efficient and environmentally friendly way to dry eggplants, as it does not require the use of fossil fuels and does not pollute the environment.

Keywords: solar drying plant, polyethylene coating, eggplant, drying, quality, efficiency, environmental friendliness.

1. Introduction.

Currently, an urgent issue is the development of energy-efficient and environmentally friendly methods for drying agricultural products. In this regard, the use of solar drying devices (SD) with various coatings is a promising direction. Solar dryers are an effective means for drying agricultural products (a/p) such as fruits, vegetables, and herbs using solar energy.

This paper presents the results of a study of the effectiveness of drying agricultural products - eggplants in a solar drying device with a polyethylene coating.

Eggplants are known for their nutritious and healthy properties. They contain a variety of vitamins such as B1, B6, and K, as well as minerals including magnesium, copper, and manganese. Eggplant is also rich in dietary fiber, which contributes to the health of the digestive system and can help regulate blood sugar levels [1].

One of the key components of eggplant is nasunin, a type of antioxidant found in the skin of eggplants. Nasunin is a powerful antioxidant and demonstrates properties capable of protecting cell membranes from damage. This makes eggplants useful for maintaining the health of the nervous system. Nasunin is effective in the prevention of lifestyle-related diseases such as aging, cancer, and atherosclerosis [2].

Studies show that eggplants can help reduce cholesterol levels and improve the cardiovascular system, due to the content of phytonutrients that help improve blood flow and reduce oxidative stress [3].

In addition, due to its low-calorie content and high fiber levels, eggplants are an excellent choice for inclusion in the diet for those who seek to control their weight.

2. Research objectives

Development of affordable and energy-efficient solar drying plants

1. Energy efficiency and environmental friendliness: the use of a renewable energy source - the sun, which makes SD environmentally friendly and reduces dependence on fossil fuels.

2. Cost reduction: a) Easy operation; b) Use of local materials; c) Since the main source of energy is sunlight, the operating costs are significantly lower compared to other methods of dryers that use gas or electricity.

3. Product quality improvement: Obtaining high-quality dried products, including eggplant: appearance, taste, aroma, vitamin composition, etc. Drying in SD helps to preserve the nutritional value of products, including vitamins and minerals, which are often destroyed by high-temperature processing or prolonged solar drying outdoors [6].

3. The main part

3.1 Research methods:

Experimental studies: Drying of various types of agricultural products in a solar drying plant with a polyethylene coating.

Comparative analysis: Comparing the effectiveness of a solar dryer with other drying methods, such as natural outdoor drying (n/d).

Based on the world-famous solar dryers, a solar drying plant designed for drying fruits, vegetables, mushrooms, medicinal plants, etc. was developed and tested.

An original and simple design of a SD with different coatings for drying agricultural raw materials capable of simultaneously producing a wide range of products is proposed (Fig.1).

The main elements of a solar air heater are as follows: a transparent coating absorbing solar radiation, usually made of polycarbonate, glass, polyethylene, etc., providing maximum absorption of solar radiation and a channel through which air passes. The transparent coating is usually made of glass. Polyethylene was used in this installation. Polyethylene has good resistance to atmospheric influences, is relatively inexpensive and has high transparency [2, 5].

In the proposed device, there is a single method operating on natural traction: air enters the chamber from the open bottom (1) and is heated in the drying chamber, where the object to be dried is placed on perforated pallets (2). The heated air moves in the drying chamber from the bottom up through the material layer and is removed from the chamber through the exhaust pipe (4). The walls of the drying chamber (3) are painted black. The front part of the SD is covered with polyethylene. In the process of absorption, radiant energy is converted into thermal energy and causes heating of this object [4, 7, 8].

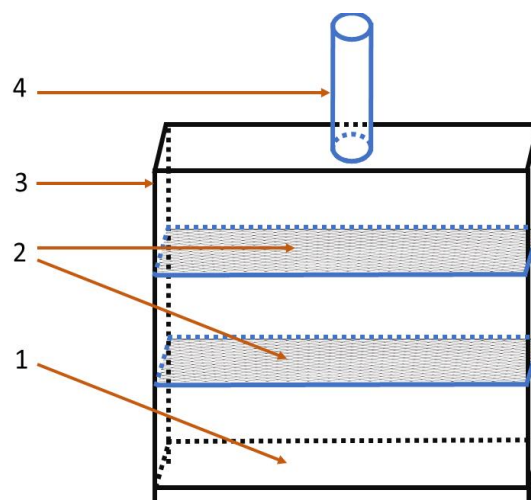


Fig.1 Solar drying plant

More than 15 types of agricultural products were dried in the proposed SD. We offer the results of eggplant drying in the SD and traditional drying – outdoors in the sun.

1 day of drying

Table 1. Data table for drying the Eggplant product

timeofday (hours)	relative humidity, (%)	Atmospheric pressure, (kPa)	Windspeed, (km/h)	air temperature in the shade (°C)	air temperature in the sun (°C)	notes
10.00	48	101.7	26	25	28	partly cloudy during the day
12.00	42	101.6	26	27	32	
14.00	38	101.5	26	29	40	
16.00	36	101.4	24	30	36	
18.00	35	101.4	22	28	31	
20.00	34	101.4	22	26	26	
22.00	33	101.4	22	22		

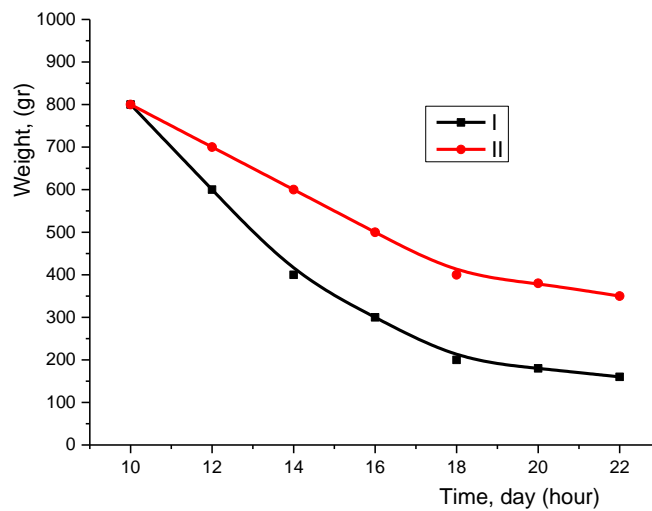


Fig. 2. The change in the mass of raw materials "Eggplant" during the day:
 1 – change in the mass of raw materials dried in the open air;
 2 – change in the mass of raw materials dried in a solar dryer.

2 day of drying

Table 2. Data table for drying the Eggplant product

timeofday (hours)	relative humidity, (%)	Atmospheric pressure, (kPa)	Windspeed, (km/h)	air temperature in the shade (°C)	air temperature in the sun (°C)	notes
10.00	50	101.7	11	26	26	cloudy
12.00	46	101.5	8	29	30	
14.00	46	101.3	6	26	29	
16.00	50	101.5	6	27	27	
18.00	62	101.6	12	28	28	
20.00	80	101.7	13	20	20	
21.00	85	101.7	13	18		

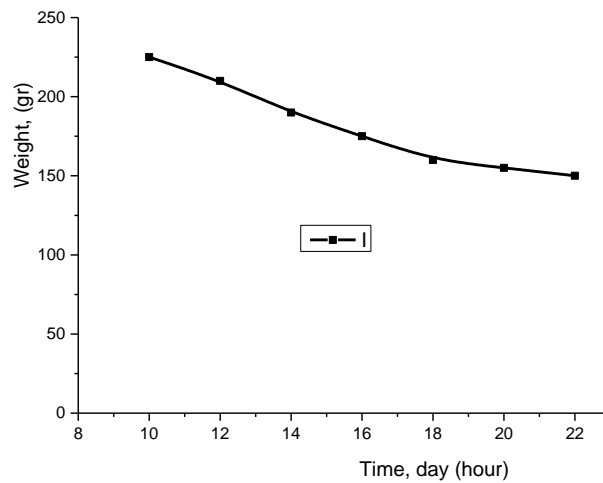


Fig. 3. The change in the mass of raw materials "Eggplant" during the day:
1 – change in the mass of raw materials dried in the open air;

Table 3. Analysis of experimental data

PRODUCT NAME		
eggplant		
	SD	N/D
initial weight (g)	780	780
final weight (g)	155	158
weight reduction (%)	80.1	79.8
drying time	12	35

The drying time in the SD took 2.92 times less time than n/d in the open air.

When drying vegetables in the sun, vitamin C losses are significant. This is due to the fact that ascorbic acid/ vitamin C/ is sensitive to light, heat, and oxygen. Vitamin C is one of the most easily degradable vitamins. However, if this vitamin has been preserved relatively well, then the probability that other vitamins and nutrients have been destroyed to a lesser extent is high.

An analysis of the vitamin C content showed that with n/d, the loss of vitamin C was 64%, and with the use of SD with a polyethylene coating, the loss of vitamin C was 46%.

3.2 Scientific novelty and discussion of the results.

Advantages of a solar dryer:

- Reduction of drying time: The use of a solar drying unit- SD- significantly reduces the drying time compared to traditional methods such as outdoor drying, which leads to a reduction in the loss of vitamins and other nutrients in the dried products.
- Maintaining quality: SD provides gentle drying, preserving the aroma, nutrients, and taste qualities of the products. The resulting dried products do not contain preservatives and dyes and have a high content of vitamins.
- Sterility: SD ensures the sterility of products, which increases their shelf life and safety for the consumer.
- Convenience of storage: Products dried in SD are less susceptible to spoilage and can be stored much longer than fresh ones.

- Cost-effectiveness: The use of SD saves money and physical labor.
- Preservation of vitamins: Data analysis has shown that SD is the optimal drying method in terms of preserving the vitamin composition of products.
- Reduction of physical labor: SD simplifies the drying process, which reduces physical stress on workers.
- Environmental friendliness: SD does not pollute the environment, as there is no release of heat and carbon dioxide. It is an environmentally friendly drying method.
- Simplicity: The SD is easy to use and does not require constant monitoring.
- Versatility: SD can be used for drying various types of agricultural products. Drying in the SD takes place both during the day and at night, as well as in any weather: in wind, rain, or cloudy weather.

Note the disadvantages of traditional drying methods, such as natural outdoor drying:

- Weather dependence: Outdoor solar-air drying depends on weather conditions, which limits its application.
- Low quality: Outdoor drying often results in low-quality products.
- Duration: Outdoor drying may take 4-15 days.
- Complexity: Outdoor drying requires constant monitoring and protection of products from insects, moisture, dust, and wind.

Let's outline the advantages of dried eggplant in a solar dryer over dried eggplant outdoors:

Faster drying time: Solar dryers use the heat of the sun to dry the eggplant, which significantly reduces the drying time compared to outdoor drying. This helps to preserve the nutrients and flavor of the eggplant. The longer the eggplant is dried, the more nutrients are destroyed.

Better texture and appearance: Solar drying helps to preserve the natural texture and color of the eggplant, making it more attractive to consumers. Drying outdoors can cause the eggplant to become brittle and lose its natural appearance.

Reducing the risk of product contamination: Solar dryers provide a clean and controlled environment, reducing the risk of eggplant contamination from dust, insects, or other external factors. Outdoor drying can lead to contamination of the product.

Extending the shelf life: Observations have shown that eggplants dried in SD usually have a longer shelf life than eggplants dried outdoors.

Better taste and aroma: SD helps to preserve the natural taste and aroma of eggplant while drying outdoors can lead to loss of taste and aroma.

In general, using a solar dryer to dry eggplant can result in a higher quality product with better texture, taste and nutritional properties compared to outdoor drying. The longer the eggplant is dried and the higher the drying temperature, the more nutrients are destroyed [6].

Conclusion

The use of polyethylene-coated solar drying devices is a promising direction for drying agricultural products. SD is an efficient, economical and environmentally friendly way of drying agricultural products. SD allows you to reduce the drying time, preserve the aroma, taste, and useful substances of products, ensure its sterility, facilitate storage, and preserve the vitamin composition, as well as save money, reduce physical labor, and not harm the environment. The developed polyethylene-coated solar drying unit is an affordable and effective solution for drying various products, including eggplants, presented in this article. Dried eggplants, which can be stored for approximately 12 months, are an ideal product for stockpiling. They occupy significantly less space than fresh eggplants, making them easier to store and transport. Dried eggplants have a more concentrated taste, and contain an increased amount of antioxidants, vitamins, and minerals

compared to their fresh counterparts. They can be used in various dishes and are a good source of fiber, vitamins and minerals such as potassium, magnesium, silicon, copper, molybdenum and iron [5]. Thus, dried eggplants can be recommended as a healthy and practical alternative to fresh eggplants, especially in conditions of limited access to fresh products or in the pursuit of long-term food storage.

REFERENCES

1. S.Y. Radelov. All about medicinal plants in your beds.— St. Petersburg: SZKEO LLC, 2010, - pp. 4-7, 224 p.
2. Yasuko Noda, Takao Kneyuki, Kiharu Igarashi, Akitane Mori, Lester Packer. Antioxidant activity of nasunin, an anthocyanin in eggplant peels. //Toxicology, 2000, Volume 148, Issues 2–3, 7, pp.119-123. [.doi.org/10.1016/S0300-483X\(00\)00202-X](https://doi.org/10.1016/S0300-483X(00)00202-X)
3. Hanna Seprina Br Sembring, Koo Bok Chin. Antioxidant Activities of Eggplant (*Solanum melongena*) Powder with Different Drying Methods and Addition Levels to Pork Sausages Food Sci AnimResour. 2021, 41(4), pp.715–730,. doi: [10.5851/kosfa.2021.e31](https://doi.org/10.5851/kosfa.2021.e31)
4. Eun-Ju Jung, Myung-Suk Bae, Eun-Kyung Jo, Young-Hong Jo and Seung-Cheol Lee . Antioxidant activity of different parts of eggplant. //Journal of Medicinal Plants Research, 2011, 5 (18), pp.4610-4615, Available online at <http://www.academicjournals.org/JMPR>
5. Nechaev A. P., Traubenberg S. E., Kochetkova A. A. and others. Food chemistry. Edited by A. P. Nechaev. 4th edition, revised and supplemented — St. Petersburg: GIORD., 2007, 640 p.
6. C. Ertekin, O. Yaldiz. Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. //Journal of Food Engineering. 2004, 63, 3, pp.349-359, , <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2003.08.007>
7. Ketevan Archvadze, Ilia Chachava, Riva Liparteliani, Nanuli Khotenashvili, Zurab Chubinishvili, Zurab Tabukashvili. On the issue of creating solar drying plants for the purpose of obtaining dried agricultural products, // World Science, 202, 4(76). 7, 2https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30062022/7836
8. K.T. Archvadze, I.R. Chachava, R.P.Tsiskarishvili, N.Z. Khotenashvili, Z. Sh.Tabukashvili. Creation and research of a polycarbonate-coated helio technological installation. //International academic journal "WORLD SCIENCE", 20207, (59), pp. 110-115.

რეზიუმე

ბადრიჯნის მზეზე ბუნებრივი და პოლიეთილენის საფარით მზის საშრობში გამრობის შედარებითი ანალიზი

არჩვაძე ე.ტ., ჩაჩავა ი.რ., ლიპარტელიანი რ.გ., ხოტენაშვილი ნ.ზ., თაბუკაშვილი ზ.შ.

თსუ პეტრე მელიქიშვილის სახელობის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი

წინამდებარე ნაშრომში წარმოდგენილია პოლიეთილენის საფარის მქონე მზის საშრობ დანადგარში ბადრიჯნის გამრობის ეფექტურობა. ჰელიოსაშრობის (ჰს) გამოყენება პერსპექტიული მიმართულებაა სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების გასაშრობად. დადგენილია, რომ ჰს-ში ბადრიჯნის გამრობა საშუალებას გვაძლევს შევამციროთ გამრობის დრო 2-3-ჯერ ღია ცის ქვეშ გამრობასთან შედარებით. ჰელიოსაშრობში მიღებული პროდუქტი უფრო ხარისხიანია ღია ცის ქვეშ მიღებულ პროდუქტთან შედარებით. ინარჩუნებს ბუნებრივ ფერს, არომატს და გემოს, ასევე შეიცავს მეტ ვიტამინებსა და მინერალებს. ჰელიოსაშრობი არის ბადრიჯნის გამრობის ენერგოეფექტური და ეკოლოგიურად სუფთა მეთოდი, რომელიც არ საჭიროებს წიაღისეული საწვავის გამოყენებას და არ აბინძურებს გარემოს.

საკვანძო სიტყვები: მზის საშრობის დანადგარი, პოლიეთილენის საფარი, ბადრიჯანი, შრობა, ხარისხი, ეფექტურობა, ეკოლოგია.

ვაზის ჯიშის – „ახმეტის წითელი“ სამეურნეო-ტექნოლოგიური თვისებები

ბატიაშვილი შ.ბ, კალანდია ა.გ, ბუიშვილი გ.თ

**იაკობ გოგებაშვილის სახელობის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი**

საქართველოში მევენახეობა-მეღვინეობა ერთ-ერთი გამორჩეული დარგია სოფლის მეურნეობაში, რადგან ქვეყნის ნიადაგურ-კლიმატური, მრავალფეროვანი პირობები ქმნის მაღალხარისხოვანი მევენახეობის განვითარების შესაძლებლობას, რასაც აძლიერებს ვაზის მრავალფეროვანი, ადგილობრივი ჯიშების სიუხვე.

კახეთი კლასიკური მევენახეობა-მეღვინეობის განუმეორებელი ოაზისია, უმსხვილესი რეგიონია, სადაც კონცენტრირებულია ქვეყნის ვენახების 65 – 70 %-ზე მეტი და წარმოებული ღვინის 75 – 80 %. კახეთის რეგიონში მრავალი სამრეწველო თუ სასუფრე ყურძნის ჯიშის ნერგია გამოყვანილი და ხორციელდება მათი მოვლა-მოყვანის და გაშენების თანამედროვე აგროტექნოლოგიური ღონისძიებები.

ამჟამად, საქართველოს მეღვინეობის 10 ზონაში 530-ზე მეტი ჯიშის არსებობაა დადასტურებული. მათგან 425-ზე მეტი დღემდეა შემორჩენილი. ვაზის ჯიშები თავმოყრილია საკოლექციო ნაკვეთებში, დანარჩენი კი მოძიების პროცესშია. ზოგიერთი მათგანი ფართოდაა გავრცელებული, უმეტესობა იშვიათად გვხვდება, უფრო მეტი კი კერძო კოლექციებში ან საცდელ მეურნეობებშია დაცული.

ქართული ვაზის უძველესი ჯიშების მოძიება-შესწავლა დიდი ხანია მიმდინარეობს და დღესაც აქტიურად გრძელდება. დამაბრკოლებელია ის გარემოება, რომ ჯიშების გარკვეული რაოდენობა გადაშენდა, ან დაკარგა თავისი დამახასიათებელი თვისებები და თავდაპირველ აღწერას აღარ პასუხობს. დღეისათვის 500-ზე მეტი ადგილობრივი ვაზის ჯიშია აღწერილი და რაოდენობის მიხედვით, მას ანალოგი არ მოეძებნება.

როდესაც ვსაუბრობთ ჯიშთა გამოყვანის ისტორიულ ტერიტორიებზე, გასათვალისწინებელია, რომ საქართველოს სხვადასხვა რეგიონში განსხვავებული გეოკლიმატური პირობები მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ვაზის ჯიშების ფუნქციურ მხარეს, თუ გარეგნულ იერს. აქედან გამომდინარე, სხვა რეგიონსა თუ პირობებში გადატანილი ესა თუ ის ჯიში, ხშირად იცვლის მისთვის დამახასიათებელ თვისებებს და ახალ ადგილზე არსებულ ჯიშებს ემსგავსება.

ვაზის სახელი ისტორიულად არის ჩამოყალიბებული და მათში ჩადებულია მეტად მრავალფეროვანი აზრი, უშუალოდ ყურძნის გარეგნობისა და მისი სხვადასხვა თვისებების წინ წამოწევით.

ვაზის ჯიში „ახმეტის წითელი“-ს შესახებ მოიპოვება მწირი ინფორმაცია. ცნობები ძირითადად ბოტანიკურ აღწერილობას მოიცავს.

ზრდასრული ფოთოლი საშუალო ან დიდი ზომისაა, ხუთნაკვთიანი. ფოთლის ქვედა მხარე შებუსუსულია თხელ აბლაბუდისებრად. ყვავილი ორსქესიანია. მტევანი საშუალო ზომისაა, კონუსური ფორმის, დატოტვილი, ზოგჯერ ცილინდრულ-კონუსური. საშუალო სიმკვრივის, ზოგჯერ თხელი. მარცვალი საშუალო ზომისაა, ოვალური ფორმის. მუქი წითელი, თითქმის შავი ფერის. კანი მკვრივი აქვს, რბილობი – წვნიანი, წვენი – უფერული. ახმეტური შავი საშუალო ზრდისა და საშუალო მოსავლიანია. სრულ სიმწიფეში ოქტომბრის შუა რიცხვებში შედის. სავეგეტაციო პერიოდის ხანგრძლივობა კვირტის გაშლიდან სრულ სიმწიფემდე საშუალოდ 165 დღეა. მტევნის წონა 165 – 200 გრამია. ყურძნის სრული სიმწიფის

პერიოდში მისი შაქრიანობა აღწევს 18 – 19 %-ს, ხოლო მჟავიანობა – 7 – 8 გ/ლ-ს. მიიღება ხარისხიანი სუფრის წითელი ღვინო, გამოიყენება საკუბაჟე მასალად [1].

ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ვაზის ჯიში „ახმეტის წითელის“ სამეურნეო-ტექნოლოგიური თვისებების შესწავლა. ვინაიდან აღნიშნული ვაზის უძველესი ჯიში არ არის შესწავლილი და არსებული ჯიში მხოლოდ ჯიდაურას სამეცნიერო კვლევით ცენტრშია დაცული, აქედან გამომდინარე, კვლევა განხორციელდა სსიპ სოფლის მეურნეობის სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრის ბაზაზე არსებული ყურძნის ჯიშ „ახმეტის წითელის“ ყურძენზე.

შესწავლილ იქნა ყურძნის მტევნის მექანიკური შემადგენლობის და ყურძნის წვენის ანალიზი. საკვლევი ნიმუშების გამოკვლევა განხორციელდა ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის სამეცნიერო ლაბორატორიაში.

საანალიზო ნიმუშები აღებულ იქნა 19.09.2024-ში. კვლევის შედეგად აღმოჩნდა, რომ ახმეტის წითელის მტევნის საშუალო წონა მერყეობს 341 – 342 გ-ის, კლერტის კი 15 – 16 გ-ის ფარგლებში. გამოკვლეულ იქნა 100 მარცვალი. 100 მარცვლის წონა გამოვიდა 299 გ, 100 მარცვლის წიპწის წონა – 12 გ, კანის წონა – 26 გ, 100 მარცვლის სითხის რაოდენობა 200 მლ. შაქრიანობა – 22,6 გ/ლ, pH – 3,1, ტიტრული მჟავიანობა – 10,88 გ/ლ. 100 მარცვლის წიპწების რაოდენობა - 201 ცალი, რაც საშუალოდ 2 – 3 წიპწაა 1 მარცვალში.

ვაზის ჯის „ახმეტის წითელის“ ზოგიერთი ქიმიური მონაცემები

	საერთო ფენოლები მგ/მლ (ქლოროგენის მჟავაზე გადაანგარიშებით)	ფენოლკარბონმჟავები მგ/მლ (კოფეინის მჟავაზე გადაანგარიშებით)	საერთო ფლავონოიდები მგ/მლ (კვერცეტინზე გადაანგარიშებით)	საერთო ანტოციანინები მგ/მლ (ციანიდინ 3-O გლუკოზიდის ქლორიდზე გადაანგარიშებით)	მონომერული ანტოციანინები მგ/მლ (მალვიდინ 3-O გლუკოზიდზე გადაანგარიშებით)	კატეჩინები მგ/მლ (D კატეჩინზე გადაანგარიშებით)	ლეიკოანტოციანინები მგ/მლ (ლეიკოანტოციანინი მგ/მლ)	ანტიოქსიდანტური აქტივობა - DPPH რადიკალის 50% ინჰიბირება მგ ნიმუშის მიერ
მთლიანი მარცვალი	2,643	0,320	1,698	0,177	0,159	0,269	0,971	19,059
გამონაწენი	10,113	0,379	8,881	0,876	0,809	1,136	2,901	5,722
წვენი	0,762	0,091	0,639	0,021	0,014	0,055	0,069	140,586
ღვინო	1,616	0,071	1,116	0,039	0,037	0,205	0,445	42,560

დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას, რომ არსებული კვლევა და მონაცემები ნათლად საუბრობს ჯიშის რაობაზე და მის პოტენციალზე. აღსანიშნავია, რომ ვაზის ჯიში „ახმეტის წითელი“ დღემდე არ ყოფილა შესწავლილი. ვფიქრობთ, არსებული მონაცემები გახდება გზამკვლევი არსებულ ჯიშთან მიმართებაში. ვფიქრობთ, არსებული მონაცემები გახდება გზამკვლევი არსებულ ჯიშთან მიმართებაში. ჯიში საჭიროებს შემდგომ კვლევებს, რათა დადგინდეს პოტენციალი და გამოყენების მიმართულება.

ლიტერატურა

1. უჯმაჯურიძე ლ., კაკაბაძე გ., მამასახლიძევილი ლ. ქართული ვაზის ჯიშები. - თბილისი, გამომცემლობა "პეგასი", 2018, გვ.60.

SUMMARY

„AKHMETIS TSITELIS“ AGRICULTURAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES

Batiashvili Sh.B., Kalandia A.G. and Buishvili G.T.

Iakob Gogebashvili Telavi State University

Batumi Shota Rustaveli State University

The study was conducted on the Akhmetis Tseli grape variety, its agricultural and technological properties: whole grain, juice, wine. The determination of chemical compositions and quantitative data was carried out.

Keywords: Akhmetis Tseli, Kakheti, Grapes.

INFLUENCE OF VARIOUS FACTORS ON THE DEVELOPMENT OF PLANT DISEASES

Kanchaveli Sh.S. and Pavliashvili K.M.

Scientific-Research Center of Agriculture - SRCA, Georgia
Georgian Technical University

Abstract: The role of various factors in the occurrence and development of plant diseases is discussed. It has been established that the mentioned factors have the ability to change the natural susceptibility of the plant to one or another disease. The impact of environmental factors on both the pathogen and the plant is determined. They can be beneficial for one and harmful for another. Therefore, a strong and rapid development of the disease is expected if the environmental factors are unfavorable for the plant and favorable for the pathogen. Otherwise, the disease develops weakly and requires maximum time for its development.

Keywords: pathogen, environmental factors, plant disease, plant receptivity.

The host plant-environment system is characterized by the speed and degree of disease development. Each environmental factor, such as temperature, has a fully defined minimum, optimum, and maximum for all pathogens, so that a plus or minus deviation from the optimum limit, in which the growth of the pathogen does not noticeably slow down and does not increase, can be considered the norm of development. But the plant is also affected by temperature and other factors that have the ability to change its natural receptivity. The same factor has different effects on the pathogen and the host plant: they can be beneficial for one, and harmful for another. Therefore, a strong and rapid development of the disease is expected if the environmental conditions are not favorable for the plant and favorable for the pathogen. Otherwise, the disease develops weakly and requires maximum time for its development. So many factors affect both the pathogen and the plant, hence the speed, degree, and harmfulness of the disease seem to be determined by the algebraic sum of favorable and unfavorable factors for the development of the disease.

One of the main problems in determining the influence of environmental conditions on the development of plant diseases is to determine their impact on both the pathogen and the plant [1,2]. Weather conditions can have a favorable effect on the pathogen, and have a negative effect on the plant and increase its receptivity [3,4].

Experiments have shown that the damage caused by the disease is not always determined by the receptivity of the host plant tissues. It is also determined by the host plant's resistance to disease and its ability to recover. For example, two lines of corn may be equally affected by root rot, but the line that can quickly produce secondary roots will recover from the damage more quickly. The fungus *Rhizoctonia solani* can cause the death of potato roots and stems, but under favorable conditions for the plant, new roots develop quite quickly and the crop can survive. In case of unfavorable conditions, the ability of the plant to recover is reduced and the pathogen causes much more damage. Ultimately, the speed of the process of decay and regeneration of plant organs determines the damage and speed caused by the disease, and both processes depend on the influence of environmental conditions. The host-plants ability to eliminate or compensate for the caused damage depends on the type of exposure to the pathogen, its neutralization by the plant, or environmental conditions favorable to the plant.

It was also found that host plant tolerance, that is, the ability to withstand the disease, can also undergo changes depending on environmental conditions. The amount of rust damage to a given wheat cultivar varies greatly with soil and weather conditions, especially after wheat flowering. Hot, dry weather seems to increase rust damage, while cool weather seems to decrease it. When using fertilizers with an unbalanced composition, there is more rust damage on the plot than on the plot where mineral nutrients are used in an optimal combination. As a result of the disease, the

amount of harvest can be significantly reduced in case of unfavorable environmental conditions for the host plant, and on the contrary, in favorable conditions for the plant, the harmfulness of the disease can be significantly neutralized.

There are cases when the disease develops within a wide range of environmental factors. Fruit rot causes complete wilting regardless of where the fruit is on the tree or in storage. The speed of rotting can vary, but the degree of its spread is determined only by the size of the fruit. If the temperature or other important factor does not deviate beyond the limit, then it is considered normal for the growth of the pathogen. Such an event occurs in the case of mutual dependence between *Sclerotinia fructicola* and stone plants and many other pathogens.

The influence of soil and weather conditions on disease development may be known, but in many cases, it is impossible to determine the relative importance of each factor and the mechanism of action itself.

It has been found that for the maximum development of many diseases, it is necessary to combine the favorable factors defined in the appropriate period of time. Hot and dry, cold and wet weather - the combination of such conditions mostly leads to the development of the disease and the increase in its harmfulness.

In some cases, environmental conditions affect inoculum formation, spread, and one or more stages of germination. In other cases, this effect mainly affects the establishment of the pathogen in the host-plant and its further development. Sometimes the plant is affected, both as a nutrient for the pathogen, as well as its resistance, healing ability, and tolerance.

When studying the influence of environmental factors on the development of plant diseases, the indirectly or directly acting conditions should be distinguished from each other, but these conditions only determine the influence of such factors as temperature, humidity, light intensity, or day length. Soil type and structure may be of some importance, but they have only an indirect effect on disease development, as they affect the amount of moisture, access, aeration, acidity, or alkalinity of the soil.

It is important to consider the difference between macro and microclimate, between the general weather and the weather in a given place where the disease develops. It should also be taken into account that there is a difference in the amount of water and moisture in the atmosphere and the air layers near the leaves.

It was established that if the leaves of the plant develop a layer of dense tissues on the surface, then they act on the development of diseases. In general, weather conditions during the growing season can determine the spread and severity of a disease, but in many cases, weather conditions are crucial in a critical period of time. Weather conditions can be hot and dry, or cold and humid. At such times, the weather has a greater influence on the intensity of the disease than mild weather. The total amount of precipitation has a greater influence on the development of many diseases than the number of individual rainy days.

It is difficult to make a logical and satisfactory classification of the factors affecting the development of the disease. Such groups can be named: meteorological, soil and biotic factors; atmospheric, soil, and biotic factors; or physical, chemical, and biotic. It is impossible to exclude individual groups in all classifications. When discussing this issue, attention should be paid to physical factors, then chemical, nutritional factors, and finally biotic factors, attention should be paid to ecological factors, both before the plant is infected and after the disease is detected.

Thus, both the plant disease and its development are complex processes, many factors affect both the pathogen and the plant, therefore the intensity and change of the disease development is determined by the algebraic sum of favorable and unfavorable factors for the development of the disease.

REFERENCES

1. ყანჩაველი შ.ს. მცენარეთა დაავადებათა ეკოლოგია. - თბილისი, გრიფონი, 2022, 403 გვ.
2. Нилова В.П., Кострома. Е.У. Влияние условий среды целлюлозную активность штаммов *Verticillium dahliae* вызывающий усыхания сливы. //Микология и фитопатология, 1983, 75, сс.318- 322.
3. Yigal Elad; Ilaria Pertot . Climate change impact on plant pathogens and plant diseases. // Journal of Crop Improvement, 2014,28(1) : 99-139. DOI:10.1080/15427528.2014.865412.
4. Игнатов А.Н., Кошкин Е.И., Андреева И.В., Гусейнов Г.Г., Гусейнов К.Г., Джалилов Ф.С-У. Влияние глобальных изменений климата на фитопатогены и развитие болезней растений. //Агрехимия, 2020, № 12, сс. 81-96.

რეზიუმე

სხვადასხვა ფაქტორების გავლენა მცენარის დაავადებათა განვითარებაზე

ყანჩაველი შ.ს., პავლიაშვილი ქ. მ.

საქართველოს სოფლის მეურნეობის სამინისტროს სამეცნიერო კვლევითი ცენტრი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

დადგენილია, რომ მცენარეთა მრავალი დაავადებისას მაქსიმალური განვითარებისთვის აუცილებელია სათანადო დროის პერიოდში განსაზღვრული ხელსაყრელი ფაქტორების შეთანწყობა. ასევე დადგენილია, რომ გარემო ფაქტორები გავლენას ახდენენ დაავადების ინოკულუმის წარმოქმნაზე, გავრცელებაზე და გაღვივებაზე დაავადების რამდენიმე ეტაპზე. შესწავლილია მცენარეთა დაავადებათა განვითარებაზე მოქმედი ისეთი ფაქტორები, როგორცაა: მეტეოროლოგიური, ნიადაგური, ფიზიკური, ქიმიური, კვების და ბიოტური. დადგენილია, რომ ეს ფაქტორები ახდენენ ზემოქმედებას, როგორც პათოგენზე ასევე მცენარეზე. აქედან გამომდინარე, დაავადების განვითარების ინტენსივობა და ცვალებადობა განისაზღვრება დაავადების განვითარებისთვის ხელსაყრელი და არახელსაყრელი ფაქტორების ალგებრული ჯამით.

საკვანძო სიტყვები: პათოგენი, გარემო ფაქტორები, მცენარეთა დაავადება.

EFFECT OF ORGANIC-MINERAL PREPARATION WITH CHELATE ON RESISTANCE TO
TRACHEOMYCOSIS WILT OF FRUIT TREES

Kanchaveli Sh.S. and Pavliashvili K.M.

Scientific-Research Center of Agriculture - SRCA, Georgia
Georgian Technical University

Abstract: The article discusses the role of organic-mineral preparation with chelate in the resistance of peach and apple seedlings to tracheomyces wilt. It has been established that pathological processes in fed artificially diseased plants take place with less intensity compared to unfed diseased plants. Physiological and biochemical processes in them also change in the direction that helps to increase the resistance of the plant to tracheomyces disease.

Keywords: chelate, tracheomyces, disease, disease intensity.

Tracheomyces of fruit trees is widespread in Georgia and the fight against it is a great difficulty due to the peculiarities of the disease. It is necessary to carry out complex combat measures against wilting, one of which is important to increase plant resistance.

As it is known, resistance can be increased by feeding them with various substances, which change the physiological and biochemical processes of the plant in the direction that the resistance of the plant increases against diseases, including wilting [1,2].

It has been established that synthetic substances, as well as plant extracts, affect the pectolytic enzymes of pathological fungi as one of the factors of pathogenicity, and they cause an increase in plant resistance to wilting [3].

For a long time, organic-mineral preparation chelate has been widely used for plant nutrition, it has been established that feeding with chelate leads to increased resistance of lemon to Malseco. In fed plants, new tissue rapidly develops at the site of infection to cover the wound, isolating the infected area and limiting the further spread of the disease [4].

We studied the effect of feeding with a 1 % chelate working mixture on resistance to tracheomyces wilt of fruit trees. Peaches were included from stone fruit trees and apples from seed trees. The experiment was carried out with the fungus *Verticillium dahliae* in the background of artificial humidification.

Microscopic analysis of the fed plants revealed that their cells are thickened, indicating increased resistance.

The effect of chelate feeding on diseased plants is also great. Their pathological changes are insignificant compared to malnutrition, and this process can be seen with external symptoms as well.

As a result of artificial disease, 94 % of diseased seedlings wilted from unfed peach seedlings, and only 33 % from fed ones, 21 % of diseased plants from fed apple seedlings wilted, and 72% from unfed ones.

It was found that in the case of *V. dahliae* disease of un-nourished peach seedlings, the height of necrotic tissues reaches 25cm 1 month after infection, while this indicator is 6.5 cm in chelate-fed ones.

In diseased malnourished peaches 1 month after the disease, new tissues are weakly developed at the wound site, the edges of which are necrotic. Wood disease spreads to the pith. In diseased wood, the vessels are clogged by gum-like substances.

In fed peaches 1 month after the disease, new tissues at the site of the wound partially cover the site of infection, the wood tissues are slightly darkened on the peripheral side of the wound; The disease spreads weakly in the direction of plant pith.

4 months after the disease of undernourished peaches, new tissues are weakly developed at the wound site. Both the primary and secondary tissues of the bark are necrotic, and the disease of the wood tissues reaches the pith of the plant. In these places, the vessels are massively clogged with gum-like substances, and the mycelium hyphae of the fungus are spread in the vessels. A crack is observed in the wood as a result of the breakdown of tissues.

In fed peach plants, 4 months after the disease, a strong callus is developed at the site of infection, and the blockage of vessels in diseased wood tissues is not as massive as in unfed ones.

The length of necrosis in the tissues of a malnourished apple after 1 month after the disease is 11 cm. New tissues are formed at the wound site. The wound has not yet healed.

The length of necrosis in chelated apple tissues 1 month after the disease is 3.5 cm. The wound is completely healed and the spread of infection is limited.

In the tissues of malnourished apples 4 months after the disease the wood at the site of infection is brown. New tissues are formed and the wound is healed.

In the tissues of the apple fed with chelate, it became diseased after 4 months, new tissues are formed in the place of infection, the wound is healed, and the diseased wood is covered in depth in the form of a small band.

Thus, as determined by pathanatomical research, feeding with chelate in both peaches and apples reduces pathological changes and promotes the intensive formation of new tissues at the infection site, thus limiting the further spread of infection.

It was established that, in addition to pathological changes, feeding with chelate affects the course of physiological and biochemical processes in the plant.

As a result of feeding with chelate, the total amount of water in healthy plants does not change much, both in peaches and apples. As a result of the disease, the total amount of water in unfed peaches decreased by 20.5 %, and in chelate-fed peaches by only 6 %.

The amount of water in an unfed diseased apple will decrease by 10.6 %, in a chelate-fed apple - by only 2.5 %.

As a result of feeding with chelate, the amount of bound water increases in both healthy and diseased plants, which indicates an increase in plant resistance.

In an undernourished diseased peach, the intensity of transpiration decreases by 77.6%, in the case of feeding with chelate, it decreased by only 28.4%.

The intensity of transpiration in diseased fed apples decreases less than in unfed apples. If the intensity of transpiration is reduced by 67.2% in the malnourished, it will be reduced by 15% in the chelated diet.

In an undernourished diseased peach, the intensity of photosynthesis will decrease by 62%, in a chelate-fed peach it will decrease by only 25%.

The intensity of photosynthesis decreased by 46.2% in malnourished diseased apples, and by only 18% in chelated apples.

In healthy plants, as well as in apples and peaches, feeding with chelate leads to a significant increase in both chlorophylls (a and b), but as a result of disease, the concentration of both chlorophylls decreases in both peaches and apples, but in diseased fed plants their amount decreases less compared to feeding. As a result of feeding, the ratio between chlorophyll a and b also changes.

The effect of feeding with chelate on the activity of enzymes involved in oxidation-reduction processes has been studied. It was found that feeding with chelate increases the activity of enzyme catalase, both in healthy and artificially diseased plants so that both peaches and apples by the catalase activity of diseased fed plants approach the healthy plants (fed), which undoubtedly indicates the positive effect of feeding with chelate.

A similar phenomenon occurs in the case of enzymes peroxidase and polyphenol oxidase.

The variation of plant cell permeability during artificial disease and the effect of feeding with chelate on this process have been studied.

It is established that as a result of the disease, cell permeability increases both in unfed plants and in fed ones. The permeation process in fed diseased plants is less increased in both apple and peach compared to the unfed one. Permeability increases more in peaches compared to apples. Different results are obtained depending on the apple and peach varieties themselves. For example, in the resistant apple variety Champagne Rennet, the amount of wilting did not change as a result of the disease, while in the susceptible variety Kekhura, it increased by only 3.1 %. In general, permeability increases less in plants affected by feeding, which indicates the positive side of feeding with chelate.

The effect of feeding with chelate on the amount of phenolic compounds, one of the nutrients of endurance, was also studied. The total amount of phenolic compounds in plants fed in all variants increases, which is of great importance for increasing plant resistance.

As it was found out from the analysis of the conducted tests, anatomical, physiological, and biochemical indicators of plant resistance change as a result of the disease, particularly pathological changes in plants take place. The intensity of the total amount of water, transpiration, and photosynthesis of plants is reduced. Reduction of the indicated indicators in the plants fed with chelate is insignificant, thus the fed plants approach the control healthy plants. Changes in the activity of enzymes participating in the oxidation-reduction process also flow similarly. Fluctuations in enzyme activity in food-affected plants are negligible compared to healthy plants. In addition, chelate feeding affects cell permeability and phenolic compounds in diseased plants. As a result of all mentioned, the resistance of plants to tracheomicrotic wilt increases.

REFERENCES

1. Котляров В.В., Федулов Ю.П., Доценко К.А., Котляров Д.В., Яблонская Е.К. Применение физиологически активных веществ в агротехнологиях. -Краснодар, 2014, 170 с.
2. ყანჩაველი შ.ს. მცენარეთა პათოლოგიის საფუძვლები. -თბილისი, გრიფონი, 2017, 668 გვ.
3. Grosman F. Unterschugen uber humuung pectoplytischer enzyme von Fusarium oxisporum f. licopersicii. Phytopathol. Z, 1962, 44, 4, pp. 361-380.
4. კიკაჩიშვილი ზ.ნ. ლიმონ „ახალქართულში“ ქიმიური ნივთიერებების მოქმედების შედეგად ზოგიერთი ბიოლოგიური და ფიზიოლოგიური ცვლილებები. მცენარეთა დაცვის ს/კ ინსტ. შრომათა კრებული. თბილისი, 1966, ტ. XVII, გვ. 201- 207.

რეზიუმე

ორგანულ-მინერალური პრეპარატით, ხელატიტ, კვების გავლენა ხეხილის ტრაქეომიკოზური ხმობისადმი გამძლეობაზე

ყანჩაველი შ.ს., ჰავლიაშვილი ქ. მ.

საქართველოს სოფლის მეურნეობის სამინისტროს სამეცნიერო კვლევითი ცენტრი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესწავლილია ორგანულ-მინერალური პრეპარატით ხელატიტ კვების გავლენა გამძლეობის ანატომიურ, ფიზიოლოგიურ და ბიოქიმიურ მაჩვენებლებზე ატმის და ვაშლის ნერგებში სოკო *Verticillium dahliae*-თი ხელოვნური დასენიანების ფონზე. დადგინდა, რომ გამოკვებულ დაავადებულ მცენარეებში ადგილი აქვს ნაკლებ პათოლოგიურ ცვლილებებს, გამოუკვებავ მცენარეებთან შედარებით. ასევე მათში ფიზიოლოგიური და ბიოქიმიური პროცესები იცვლება იმ მიმართულებით, რაც ხელს უწყობს მცენარის გამძლეობის გაზრდას დაავადების მიმართ. ხელატიტ გამოკვებულ დაავადებულ მცენარეებში უფრო მეტად იზრდება ბმული წყლის ფენოლური ნაერთების რაოდენობა გამოუკვებავთან შედარებით, რაც მიუთითებს ხელატიტ კვების დადებით მხარეზე და ხმობისადმი გამძლეობის გაზრდაზე.

საკვანძო სიტყვები: ხელატი, ტრაქეომიკოზი, დაავადება, დაავადების ინტენსივობა.

A NEW APPROACH TO DEVELOPMENT AND STUDY OF ANTICANCER COMBINATIONS

Nadiradze I.V.

Georgian Technical University

Abstract. Non-small cell lung cancer (NSCLC) is the most common and deadly type of lung cancer. With this disease, cancer cells originate in the lung tissues. Non-small cell lung cancer grows slowly compared to small cell lung cancer — but it often spreads to other parts of the body by the time it's diagnosed. So, early detection and treatment are essential. One of the main reasons for the lag in clinical practice compared to scientific advances and findings is the high cost and long lead times of developing, testing, and approving new drugs, which is largely determined by the complexity and duration of the approval procedure. It is therefore desirable to use combinations of already approved modalities and drugs with new putative anticancer drugs under investigation to the maximum extent possible, by re-purposing widely used drugs and methods. Based on the above considerations and the results of our studies, we selected the following compounds: two combinations of drugs (gemcitabine plus cisplatin and carboplatin plus paclitaxel) approved by the FDA and recommended by the National Cancer Institute (NCI) as highly effective modalities for the non-small cell cancer combination therapy; DMSO, widely used as a highly effective medical solvent and considered to have anticancer impact and the actively studied putative anticancer agents - copper oxide nanoparticle dispersions as components of a combination anti-cancer drug for adjuvant therapy. Standard saline solution and distilled deionized water were used as solvents. We developed and studied 16 combinations containing all selected components and 8 combinations containing only copper oxide nanoparticles dispersed in water and saline solution ("blank nanoparticle dispersions"), in the nanoparticle concentration range of 0 - 100 mg/ml and 0-200 mg/ml. Necrotic and Apoptotic effectiveness to cancer A549 cells and healthy NHDF cells was determined by MTT and Annexin V-FITC/PI testing and selectivity to cancer cells in comparison with healthy cells was calculated. The main finding of our research is that the developed and tested combinations have a recordable high additive selectivity compared to all approved and widely used drugs and drug combinations. Another significant finding is that the high impact of copper oxide nanoparticles into selectivity was the result of a synergistic super-additive interaction of "blank" nanoparticles with other active components of the developed and tested combinations, but not a specific direct additive contribution of nanoparticles.

Keywords: non-small cell lung cancer, highly localized multi-component combination cancer therapy, synergy, nanoparticles, necrosis, apoptosis, selectivity

Introduction

Non-small cell lung cancer (NSCLC) is the most common and deadly type of lung cancer. With this disease, cancer cells originate in the lung tissues. Non-small cell lung cancer grows slowly compared to small cell lung cancer — but it often spreads to other parts of the body by the time it's diagnosed. So, early detection and treatment are essential. There are three main types of non-small cell lung cancer. Adenocarcinoma forms in cells that secrete mucus and other substances. It usually develops in the outer portions of your lungs. Adenocarcinoma of the lung mostly affects people who currently smoke or those who used to smoke. But it can develop in people who've never smoked as well. It's also more likely to occur at a younger age compared to other types of lung cancer. Squamous cell carcinoma starts in squamous cells (the flat cells that line the inside of your airways) and usually forms in the central part of your lungs. It's typically associated with a history of smoking. Large cell carcinoma (also called undifferentiated carcinoma) can form in any portion of the lung. It's more difficult to treat because it grows and spreads quickly. There are also other types of non-small cell lung cancer, including sarcomatoid carcinoma and adenosquamous carcinoma and these subtypes are much less common. Currently, more than ninety anti-cancer drugs and only two drug combinations (gemcitabine plus cisplatin and carboplatin plus paclitaxel) are approved for use against NSCLC in clinical practice [1]. Highly localized synergistic multicomponent combination therapy is the most effective and advanced modern modality of cancer therapy [2, 3]. Nanoparticles

play a rapidly growing role as "smart" targeted delivery vehicles and active anticancer agents synergistic with widely used anticancer drugs [4-7]. A revolutionary contribution to the success of the concept was made by adding boron nanoparticle-provided boron-neutron capture and boron-proton capture nuclear reactions which can substantially expand and greatly enhance the effectiveness of the combined modalities developed within the framework of the concept, serving as effective and safe adjuncts to proton therapy. The presented research reports the study of the new anticancer composition containing fixed amounts of gemcitabine plus cisplatin and carboplatin plus paclitaxel, glucose, and various amounts of copper oxide nanoparticle water dispersion, DMSO, and saline solution. The reported study aimed to determine the type and magnitude of synergy of active components of mixtures with copper oxide nanoparticles.

Materials

All chemicals, reagents, and drugs were obtained from Merck (India), HiMedia (India), Invitrogen (India), SRL (India), and Sigma-Aldrich (USA). DCFDA (D6883) was purchased from Sigma-Aldrich (India). Fetal bovine serum (FBS) (16000044) was obtained from GIBCO (USA); MEM sodium pyruvate, MEM non-essential amino acids, L-glutamine, and DMSO (99.8%) were procured from HiMedia, India. Gemcitabine was procured from GPI (Georgia), and CuO nanoparticle water dispersion (22 weight %, 20-50 nm) was obtained from "Nanografi Nanotechnologies" (Turkey). Human lung cancer cell line A549 and human Primary Normal Human Dermal Fibroblasts line NHDF were obtained from ATCC, USA.

Methods

MTT cell proliferation assay

In 96-well micro-titer culture plates cells were planted at a density of 0.5×10^5 cells per well. The medium was taken out and replaced with fresh medium containing no (control) or 5 nanograms of the tested sample after overnight incubation. The cells were then incubated for 48 h. After the incubation period, MTT (100 μ l; 0.5 mg/ml) was added to each well and incubated in a humidified incubator containing 5 % CO₂ at 37 °C for 4 hrs. After discarding the supernatant, the purple-colored formazan crystals formed in the wells were dissolved with 100 μ L DMSO per well and the absorbance was estimated at 490 nm wavelength using a microplate reader. The percent cell viability of each treatment group compared to the control group was calculated [8].

Annexin V-FITC/PI staining for apoptosis

Induction of apoptosis was quantified via flow cytometric analysis of control using the Annexin V-FITC apoptosis detection kit according to the manufacturer's protocol (BD Bioscience) [9]. Briefly, post-treatment cells were harvested with 1X Trypsin and washed in ice-cold 1 x PBS followed by being re-suspended in 100 μ L of 1X binding buffer solution supplied within the kit. Finally, cells were incubated with 5 μ L of annexin V-FITC and 5 μ L of PI for 15 min at room temperature in the dark before acquiring data using BD FACS Verse flow cytometer (BD Biosciences, San Jose, CA). Annexin V/FITC positive cells were regarded as apoptotic cells analyzed using Cell Quest Software (BD Biosciences) [9].

Development of test combinations

Eight test samples 1-8, supposed to provide high anticancer efficacy and treatment safety, contained gemcitabine plus cisplatin and 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, and 80 mg/ml of copper oxide nanoparticles. Another eight test samples 9-16 contained carboplatin plus paclitaxel and 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, and 80 mg/ml of copper oxide nanoparticles. The rest ("blanc") eight samples 17-24

contained only 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, and 80 mg/ml of copper oxide nanoparticles, emulsifier, water, and standard (0.9%) saline solution. All test samples were prepared using standard equipment for mechanical and ultrasonic mixing. Proportions of gemcitabine to cisplatin and carboplatin to paclitaxel were as prescribed in [10], while the proportion of DMSO, saline, and water was calculated as given in [11]

Characterization of the developed and tested combinations

One of the most informative characteristics of the anticancer combinations provided by MTT assay and indicating their efficacy and safety is the selectivity to cancer cells, defined as the ratio R_{SV} of the viability of treated healthy cells (in our case, NHDF cells) to the viability of treated cancer cells (A549 cells). Likewise, a reliable characteristic of the efficacy and safety of anticancer combinations provided by Annexin V-FITC/PI testing is the selectivity R_{SA} defined as the ratio of the proportion of apoptotic cells induced in treated cancer cells to the proportion of apoptotic cells induced in treated healthy cells:

$$R_{SV} = (V_1 - V_C) / (V_2 - V_C) \quad (1)$$

where V_1 is the viability of treated NHDF cells, V_2 is the viability of treated A549 cells and V_C is the viability of control (untreated) cells.

$$R_{SA} = (P_2 - P_C) / (P_1 - P_C) \quad (2)$$

where P_2 is the proportion of apoptotic cells induced in treated A549 cells, P_1 is the proportion of apoptotic cells induced in treated NHDF cells and P_C is the proportion of apoptotic cells of control (untreated) cells. To assess and compare the “averaged impact” of the necrotic and apoptotic pathways we used a combined value (the “averaged impact index”), namely the geometric mean of the measured indices, considering it an acceptable characteristic for assessing the joint impact and safety of the tested drugs both through necrotic and apoptotic pathways of cancer and healthy cells.

Assessment of the impact and synergy of metal oxide nanoparticles

One of the most important characteristics of drug combinations is the ability of their components to have a strong super-additive interaction against tumor cells, in the absence or with a very small super-additive interaction against the healthy tissue cells. Measuring the synergy of multicomponent mixtures is a complex and time-consuming task, which can be attempted in many ways. In the frame of this study the aimed not to quantitatively measure the synergy index, but to determine whether the high impact of copper oxide nanoparticles into selectivity was the result of a synergistic interaction of “blank” nanoparticles with other active components of the developed and tested combinations, or it was a specific direct positive effect of nanoparticles. For this purpose, combinations 17-24 were prepared and tested using the methods described above. The similarity or significant difference in the dependence of selectivity on the concentration of nanoparticles in the multicomponent combinations 1-16 and in the “blank” dispersions 17-24 should provide an answer to the above question.

Results and discussion

The dependence of R_{SV} , R_{SA} , and $(R_{SV} \times R_{SA})^{1/2}$ indices of the multicomponent combined mixture samples 1-8 (containing gemcitabine plus cisplatin) on the concentration of CuO nanoparticles in samples is given in Figure 1. The dependence of R_{SV} , R_{SA} , and $(R_{SV} \times R_{SA})^{1/2}$ indices of the multicomponent combined mixture samples 9-16 (containing carboplatin plus paclitaxel) on the concentration of CuO nanoparticles in samples is given in Figure 2. The dependence of R_{SV} , R_{SA} and $(R_{SV} \times R_{SA})^{1/2}$ indices of the “blank” samples 17-24 on the concentration of CuO nanoparticles in samples is given in Figure 3.

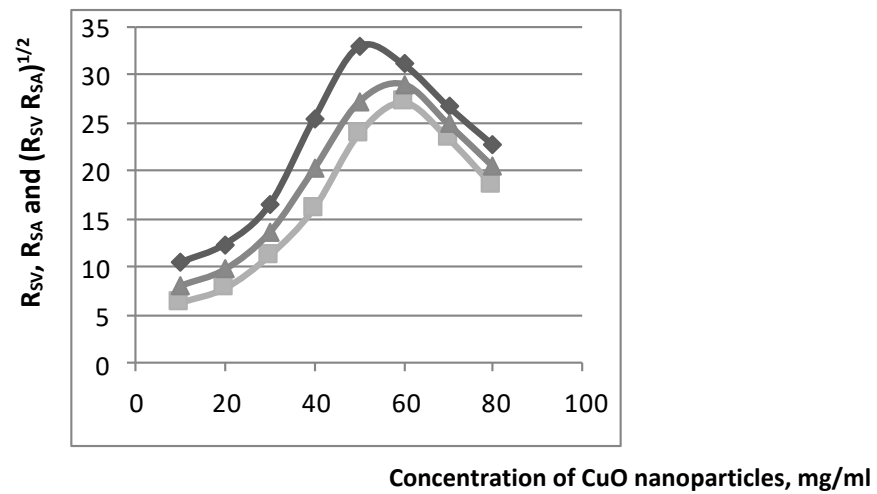


Fig. 1. Dependence (up to down) of the R_{sv} , R_{sa} and $(R_{sv} \times R_{sa})^{1/2}$ indices of the multicomponent combined mixture samples 1-8 (containing gemcitabine plus cisplatin) on the concentration of CuO nanoparticles

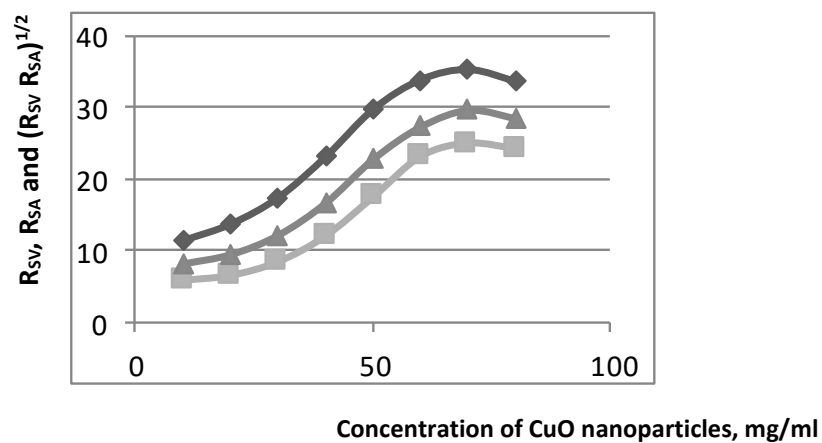


Fig. 2. Dependence (up to down) of the R_{sv} , R_{sa} , and $(R_{sv} \times R_{sa})^{1/2}$ indices of the multicomponent combined mixture samples 9-16 (containing carboplatin plus paclitaxel) on the concentration of CuO nanoparticles

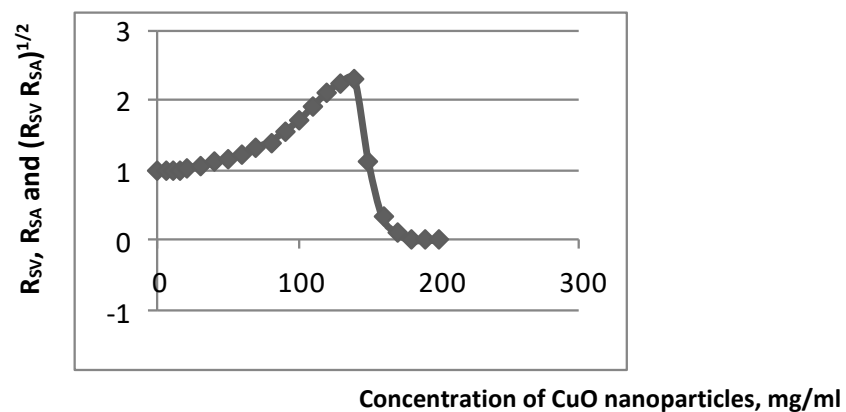


Figure 3. Dependence (up to down) of R_{sv} , R_{sa} and $(R_{sv} \times R_{sa})^{1/2}$ indices of the "blank" samples 17-24 on the concentration of CuO nanoparticles

One of the main reasons for the lag in clinical practice compared to scientific advances and findings is the high cost and long lead times of developing, testing, and approving new drugs, that is largely determined by the complexity and duration of the approval procedure. It is therefore desirable to use combinations of already approved modalities and drugs with new putative anticancer drugs under investigation to the maximum extent possible, by re-purposing widely used drugs and methods. Based on the above considerations and the results of our studies, we selected the following compounds: two combinations of drugs (gemcitabine plus cisplatin and carboplatin plus paclitaxel) approved by the FDA and recommended by the National Cancer Institute (NCI) as highly effective modalities for the non-small cell cancer combination therapy; DMSO, widely used as a highly effective medical solvent and considered to have anticancer impact and the actively studied putative anticancer agents - copper oxide nanoparticle dispersions as components of a combination anti-cancer drug for adjuvant therapy. Standard saline solution and distilled deionized water were used as solvents. We developed and studied 16 combinations containing all selected components and 8 combinations containing only copper oxide nanoparticles dispersed in water and saline solution ("blank nanoparticle dispersions"), in the nanoparticle concentration range of 0 - 100 mg/ml and 0-200 mg/ml. The widely used MTT cell proliferation assay and Annexin V-FITC/PI staining for apoptosis assay were applied to the A549 and NHDF cell cultures. The selectivity of test combinations to cancer A549 cells compared with healthy NHDF cells was taken as the informative characteristic of the effectiveness and safety of the tested samples. Three selectivity indices were introduced based on the viability and apoptotic activity of samples. In our opinion the ratios R_{SV} , R_{SA} and $(R_{SV} \times R_{SA})^{1/2}$ characterize the anti-proliferative activity, apoptosis inducing activity, and safety (or the potential therapeutic window) of the tested samples better than the most commonly used LD indices and are simple, illustrative and accessible to a significant part of researchers than the integrated computational-experimental methods specifically designed to search for combinations maximizing a predefined therapeutic index (TI). The main finding of our research is that the developed and tested combinations have a recordable super-additive selectivity compared to all approved and widely used drugs and drug combinations. Another significant finding is that the high impact of copper oxide nanoparticles into selectivity was the result of a synergistic super-additive interaction of "blank" nanoparticles with other active components of the developed and tested combinations, but not a specific direct positive effect of nanoparticles.

Our study had several limitations caused by the wide range of issues covered, the short period, and the restricted volume of funding for our research. To overcome the limitations the following steps should be undertaken: the range of the nanosized copper oxide concentration should be increased at least up to 3000 mg/l or even more to observe the saturation or any unexpected new features in the dose-response relationship; the step of changing the concentration of copper oxide in the samples under study should be reduced several times to detect the possible peaks of synergy; new anticancer drugs should be tested in multicomponent the combinations; copper oxide nanoparticles should be replaced by several other nanosized anticancer metal and metal oxide substances; several of the various ionophores should be added to the combinations with aim to potentiate their anticancer efficacy and selectivity.

REFERENCES

1. National Cancer Institute. Drugs Approved for Lung Cancer, <https://www.cancer.gov/about-cancer/treatment/drugs/lung>, last access on 20.09.2024. therapy using hyperthermia with immunotherapy, radiotherapy, chemotherapy, and surgery. //J.Cancer Metastasis Treat. 2017; 3: pp. 218-30. <http://dx.doi.org/10.20517/2394-4722.2017.35>.
2. Chirakadze A, Jishiashvili D, Buachidze Z, Gorgadze K, Shiolashvil Z, Jishiashvili A, Mitagvaria N, Lazrishvili I. New approaches to development of new nanomaterials for magnetic hyperthermia of cancer cells and perspectives of combined treatment of cancer in Georgia. J. Low Dimens. Syst. 2018; 2: 8-12.

3. Yagawa Y, Tanigawa K, Kobayashi Y, Yamamoto M. Cancer immunity and and therapy using hyperthermia with immunotherapy, radiotherapy, chemotherapy, and surgery. J. Cancer Metastasis Treat. 2017; 3: 218-30. <http://dx.doi.org/10.20517/2394-4722.2017.35>, last access on 20.09.2024.
4. Jishiashvili D, Chirakadze A, Shiolashvil Z, Jishiashvili A, Mitagvaria N. Studies of the comparatively low-temperature synthesis and preliminary toxic characteristics of silver doped lanthanum manganite nanoparticles using conventional and microwave heating. Proceedings of MTP: Modern Trends in Physics, Baku State University Publishing House, ISSN 2522-4352, 2019; pp. 47-51.
5. A. Chirakadze, N. Mitagvaria, D. Jishiashvili, M. Devdariani, G. Petriashvili, L. Davlianidze, N. Dvali, K. Chubinidze, A. Jishiashvili, Z. Buachidze, I. Khomeriki. Development and testing of nanoparticles for treatment of cancer cells by Curie temperature controlled magnetic hyperthermia. Bull Georg Nat. Acad. of Sci. 2021; 15: (1) 91-99.
6. A. Chirakadze A, Mitagvaria N, Jishiashvili D, Petriashvili G, Dvali N, Shiolashvili Z, Chubinidze K, Makhatadze N, Jishiashvili A, Buachidze Z, Khomeriki I.. Microwave synthesis, characterization, and testing of acute toxicity of boron nitride nanoparticles by monitoring of behavioral and physiological parameters. Bull Georg Nat. Acad of Sci. 2021; 15: (2) 120-126.
7. Zavestovskaya I, Popov A, Kolmanovich D, Tikhonovski G, Pastukhov A, Savinov M, Shakhov V, Babkova J, Popov A, Zelepukin I, Grigoryeva M, Shemyakov A, Klimentov S, Ryabov V, Prasad PN, Deyev S, Kabashin A, Tran N, Shtam T, Marchenko Y, Konevega, A, Lebedev D. Current state and prospectives for proton boron capture therapy. boron nanoparticle-enhanced proton therapy for cancer treatment. Nanomaterials (Basel). 2023; 13: (15), 2167.
8. Twentyman, P. R., Luscombe, M. A study of some variables in a tetrazolium dye (MTT) based assay for cell growth and chemosensitivity. Br. J. Cancer 56, 279–285, 1987.
9. Miller, E. Apoptosis measurement by annexin v staining. Methods Mol. Med. 88, 191–202, 2004.
10. NCCP National SACT Regimens, <https://www.hse.ie/eng/services/list/5/cancer/profinfo/chemoprotocols/>, Last access on 20.09.2024.
11. A. Chirakadze, G. Chubinidze, M. Bose, et al. Selective Toxicity Testing of Gemcitabine, DMSO, Rubidium and Cesium Salts and Saline Solution Compositions in A549 and NHDF Cell Lines. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, 17, 3, 94-99, 2023.

რეზიუმე

ახალი მიდგომა ანტისიმსივნური კომბინაციების შემუშავებისა და შესწავლისადმი ნადირაძე ი.ვ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ფილტვის არაწვრილუჯრედოვანი კიბო (NSCLC) ფილტვის სიმსივნური დაავადებების ყველაზე გავრცელებული და მომაკვდინებელი სახეობაა. ამ დაავადების დროს კიბოს უჯრედები წარმოიქმნება ფილტვის ქსოვილებში. ფილტვის არაწვრილუჯრედოვანი კიბო ნელა პროგრესირებს წვრილუჯრედოვან ფილტვის კიბოსთან შედარებით, მგრამ ხშირად ვრცელდება სხეულის სხვა ნაწილებზე დიაგნოზის დასმამდე. ამიტომ აუცილებელია მისი ადრეული გამოვლენა და მკურნალობა. კლინიკურ პრაქტიკაში მეცნიერულ მიღწევებთან და მიგნებებთან შედარებით დიდი ჩამორჩენის ერთ-ერთი მთავარი მიზეზია ახალი მედიკამენტების შემუშავების, ტესტირებისა და დამტკიცების მაღალი ღირებულება და ხანგრძლივი დრო, რაც დიდწილად განისაზღვრება წინასწარი გამოცდების და გამოყენების ნევბართვის გაცემის პროცედურის სირთულითა და ხანგრძლივობით. ამიტომ სასურველია გამოვიყენოთ ხელახალი დანიშნულებით უკვე დამტკიცებული მოდალობებისა და წამლების კომბინაციები ახალ სავარაუდო კიბოს საწინააღმდეგო ისეთ საშუალებებთან ერთად, რომლებიც უკვე კვლევის პროცესშია. ზემოაღნიშნული მოსაზრებებიდან გამომდინარე და ჩვენი უკვე ჩატარებული კვლევების შედეგებიდან გამომდინარე, ახალი კომბინაციების აქტიურ კომპონენტებად ჩვენ შევარჩიეთ შემდეგი ნაერთები: წამლების ორი კომბინაცია (გემციტაბინი პლუს ცისპლატინი და კარბოქლატინი პლუს პაკლიტაქსელი), დამტკიცებული მსოფლიოს სააგენტოს (FDA) მიერ და რეკომენდებული კიბოს ეროვნული ინსტიტუტის (NCI) მიერ, როგორც არაწვრილუჯრედოვანი კიბოს კომბინირებული თერაპიის მაღალეფექტური მოდალობები; DMSO - ფართოდ გამოყენებული, როგორც მაღალეფექტური სამედიცინო გამხსნელი და შესწავლილი, როგორც სავარაუდო კიბოს საწინააღმდეგო აგენტი; სპილენძის ოქსიდის ნანონაწილაკების წყლოვანი დისპერსია, აგრეთვე შესწავლილი, როგორც კომბინირებული კიბოს საწინააღმდეგო აგენტი. გამხსნელებად გამოყენებული იყო აგრეთვე

სტანდარტული ფიზიოლოგიური ხსნარი და გამოხდილი დეიონიზებული წყალი. ჩვენ შევიმუშავეთ და შევისწავლეთ 16 კომბინაცია, რომელიც შეიცავდა ყველა შერჩეულ აქტიურ კომპონენტს და გამხსნელს, აგრეთვე 8 კომბინაცია, რომელიც შეიცავდა მხოლოდ სპილენძის ოქსიდის ნანონაწილაკების წყალოვან დისპერსიებს და ფიზიოლოგიურ ხსნარს (ნანონაწილაკების „ცარიელ“ დისპერსიების), ნანონაწილაკების კონცენტრაციის დიაპაზონში მგ/მლ 0 - 100 და 0-200 მგ/ მლ. ნეკროზული და აპოპტოზური ეფექტურობა კიბოს A549 უჯრედებზე და ჯანსაღ NHDF უჯრედებზე განისაზღვრა MTT და ანექსინის V-FITC/PI ტესტირებით. გამოთვლილ იქნა კომბინაციების სელექტიურობა კიბოს უჯრედების მიმართ ჯანმრთელ უჯრედებთან შედარებით. ჩვენი კვლევის მთავარი შედეგი არის ის, რომ შემუშავებულ და ტესტირებულ კომბინაციებს აქვს რეკორდულად მაღალი სელექტიურობა ყველა ნებადართულ და ფართოდ გამოყენებულ წამალთან და წამლების კომბინაციებთან შედარებით. მეორე მნიშვნელოვანი აღმოჩენა არის ის, რომ სპილენძის ოქსიდის ნანონაწილაკების კონცენტრაციის მკვეთრი გავლენა კომბინაციების სელექტიურობაზე არის „ცარიელი“ ნანონაწილაკების შემუშავებული და გამოცდილი კომბინაციების სხვა აქტიურ კომპონენტებთან სინერგიული სუპერ - ადიტიური ურთიერთქმედების შედეგი, და არა ნანონაწილაკების სპეციფიკური პირდაპირი ეფექტი.

საკვანძო სიტყვები: ფილტვის არაწვრილუჯრედოვანი კიბო, ავთვისებიანი სიმსივნეების ძლიერად ლოკალიზებული მრავალკომპონენტური კომბინირებული თერაპია, სინერგია, ნანონაწილაკები, ნეკროზი, აპოპტოზი, სელექტიურობა.

პაციენტის დამყოლობა მკურნალობაზე: გამოწვევები და გაუმჯობესების რეკომენდაციები

მამიაშვილი ნ.ვ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მედიკამენტებისადმი არასათანადო დამყოლობა პაციენტებში იწვევს სამკურნალო პროცესის ხანგრძლივობას და მკურნალობის სამედიცინო ხარჯების დამატებით ზრდას, რაც აისახება ჯანდაცვის სისტემის ფინანსურ ეფექტიანობაზე. ტექნოლოგიური ინოვაციების შესაქმნელად გამოყენებული საინჟინრო მიდგომები ხელს უწყობს პაციენტების დამყოლობას. „გონიერი“ კონტეინერების, რომლებიც წამლის მიღების დროს აფიქსირებენ და შეტყობინებას უგზავნიან პაციენტს, ან სხვადასხვა ტიპის ტელემედიცინის პლატფორმების გამოყენება, რომლებიც საშუალებას აძლევს სამედიცინო პერსონალს დისტანციურად დააკვირდნენ მკურნალობის პროცესს, მნიშვნელოვნად ამცირებს ეკონომიკურ დანაკარგებს და განაპირობებს მკურნალობის შედეგების გაუმჯობესებას. მიუხედავად იმისა, რომ ამ საკითხზე კვლევები მრავლად არის ჩატარებული, ბევრი მათგანი არათანმიმდევრული მეთოდოლოგიით, ხასიათდება, ეს კი საბოლოო ჯამში, შედეგების სანდოობას და დასკვნების პრაქტიკულობას მნიშვნელოვნად ამცირებს. მედიკამენტების მიღებაზე დამყოლობა გულისხმობს, რამდენად სწორად მიჰყვებიან პაციენტები დანიშნული მკურნალობის რეჟიმს. მაღალი დამყოლობა ნიშნავს, რომ პაციენტი ზუსტად მიჰყვება ექიმის მითითებებს, ხოლო დაბალი – მიანიშნებს დოზების გამოტოვებას ან სამკურნალო საშუალების არასწორ (არაზუსტ) გამოყენებაზე. პაციენტის დამყოლობაზე გავლენას ახდენს შემდეგი ფაქტორები: სოციალური და ეკონომიკური ფაქტორები, მკურნალობის სირთულე, მედიკამენტების გვერდითი მოვლენები, პაციენტის ცნობიერება და დამოკიდებულება მკურნალობის მიმართ, ექიმის და პაციენტის დამოკიდებულება [1,2].

დამყოლობის კვლევების მიზანია განისაზღვროს, თუ რა დონეზე იცავს მკურნალობის რეჟიმს პაციენტი, რისი გაუმჯობესებაა საჭირო მაქსიმალური შედეგების მისაღწევად. ამგვარი კვლევების ჩატარება მნიშვნელოვანია, ვინაიდან სტატისტიკურად დადგენილია, რომ პაციენტების 30 – 50% არ იცავს დანიშნულ მკურნალობას, რაც ეფექტურობის შემცირებას და ჯანმრთელობის გაუარესებას იწვევს. დამყოლობის მაღალი ხარისხის კვლევის ჩასატარებლად გასათვალისწინებელია რამდენიმე ელემენტი:

A. **კვლევის დიზაინი:** აუცილებელია მიზნების მკაფიოდ დასახვა, საკვლევი მოსახლეობის სწორად განსაზღვრა, დადგენილი კვლევის მეთოდების მოთხოვნების მკაცრად შესრულება

B. **დამყოლობის გაზომვები:**

• გაზომვის ინსტრუმენტები დამყოლობის განსაზღვრისთვის უნდა შეირჩეს სწორად და სიფრთხილით. ამ მხრივ შესაძლებელია გამოკვვეთოთ:

i. თვითმეფასების ინსტრუმენტები, რომელიც მოიცავს კითხვარების მომზადებას და გამოკითხვებს, რომლებშიც პაციენტები თავადვე აფასებენ მკურნალობის მიმართ საკუთარ დამყოლობის დონეს, სამკურნალო საშუალებების მიღების რეჟიმს. აღნიშნული მეთოდი მარტივია, თუმცა ამავედროულად შეიძლება სუბიექტურიც იყოს, ვინაიდან პაციენტებს შეუძლიათ არასწორი ინფორმაციის მიწოდება მკვლევარისთვის.

ii. ფარმაცევტული ჩანაწერები – სააფთიაქო ჩანაწერების მიხედვით შესაძლებელია დადგინდეს, რეგულარულად იღებენ თუ არა პაციენტები სამკურნალო საშუალებებს (მაგ., რამდენად დროულად იძენენ წამალს).

iii. ტაბლეტების დათვლის მეთოდი გულისხმობს პაციენტთან დარჩენილი ტაბლეტების (ან სხვა წამლის ფორმის ერთეულების) რაოდენობის დათვლას იმის განსაზღვ-

ღვრისთვის, სწორად მიჰყვებიან თუ არა ისინი წამლების მიღების რეჟიმს. ეს მეთოდი ვერ აფიქსირებს რეალურ მდგომარეობას (მაგალითად, თუ პაციენტმა წამალი შეიძინა ავთიაქიდან, მაგრამ, უბრალოდ, გადაადგო). პაციენტებს კვლევის დროს თხოვენ, რომ შემდგომ ვიზიტზე ავთიაქში მიიტან სახლში არსებული წამალი (კონტეინერი) და მარტივი დათვლით ადგენენ დარჩენილი წამლის რაოდენობას და სამკურნალო საშუალების გამოყენების სისწორეს.

iv. ელექტრონული მონიტორინგს ახორციელებენ სპეციალური მოწყობილობების საშუალებით, რომლებიც აკონტროლებს, პაციენტებმა როდის მიიღეს მედიკამენტები. ეს ტექნოლოგიურად დახვეწილი და ზუსტი მეთოდია, ავტომატურად იწერს პაციენტის ყველა ქმედებას, რაც ფაქტობრივად გამორიცხავს პაციენტის მხრიდან შესაძლო შეცდომებს ან მისი მხრიდან არაზუსტი ინფორმაციის მიწოდებას. თანამედროვე ტექნოლოგიები საშუალებას იძლევა გამოყენებულ იქნას იმგვარი მოწყობილობები, რომლებიც მონაცემების ჩაწერას აკეთებს მაშინ, როცა პაციენტი ხსნის სამკურნალო საშუალების შეფუთვას. ეს მეთოდი, მართალია, ზუსტ მონაცემებს იძლევა, თუმცა საკმაოდ ძვირია.

- ინსტრუმენტების ვალიდურობა: მკურნალობის დამყოლობის დასადგენად გამოყენებული ყველა ინსტრუმენტი უნდა იყოს ვალიდური და სანდო. ინსტრუმენტი ვალიდურია, რომელიც ზომავს რეალურად იმას, რისი გაზომვაც ჩვენს მიზანს წარმოადგენს, ხოლო სანდოა, თუ მუდმივად იძლევა ერთსა და იმავე შედეგს. აღნიშნული მახასიათებლების გათვალისწინება მნიშვნელოვანია ზუსტი შედეგების მისაღებად.
- არასათანადო დამყოლობის ზღვარი: მკაფიოდ უნდა იქნას განსაზღვრული, რა უნდა ჩაითვალოს არადამყოლობად – ერთი დოზის თუ რამდენიმე დოზის გამოტოვება.

C. ანგარიშგება/ელექტრონული მონიტორინგი: აუცილებელია კვლევის ყველა ეტაპის დეტალური და გამჭვირვალე ანგარიშგენა/რეპორტინგი, იმისთვის, რომ შეფასება და შედარება უფრო მარტივი იყოს [3]

მკურნალობის დამყოლობის კვლევების მიმართ არსებული გამოწვევები უკავშირდება როგორც მეთოდოლოგიურ, ასევე ტერმინოლოგიურ პრობლემებს, კერძოდ, განსხვავებული და არასანდო მეთოდოლოგიების გამოყენება კვლევებში ართულებს შედეგების შედარებისა და გენერალიზების პროცესს. არსებობს ვარიაციები, რომელიც მნიშვნელოვნად აფერხებს კვლევის ხარისხის შეფასებას. მედიკამენტების დამყოლობის ზუსტი გაზომვა სერიოზულ გამოწვევას წარმოადგენს. პრობლემები ამ მიმართულებით ზოგჯერ დაკავშირებულია პაციენტების მახსოვრობასთან, რამდენიმე მედიკამენტის მიღებისას მათი რეჟიმების დაცვის სირთულესთან და სოციალურ-ეკონომიკური ფაქტორების ზემოქმედებასთან [4,5].

დამყოლობის კვლევების გასაუმჯობესებლად რეკომენდაციები მოიცავს განმარტებების სტანდარტიზაციას, სისტემური და მკაცრი მეთოდოლოგიების გამოყენებას კვლევის შედეგების სანდოობის, საიმედოობის, დადასტურებისა და გადაცემის უზრუნველსაყოფად, სათანადო გაზომვების მახასიათებლების შერჩევასა და რეპორტინგის პროცესის გაუმჯობესებას. მკურნალობის მიმართ დამყოლობის გასაუმჯობესებლად მნიშვნელოვანია პაციენტისთვის მკურნალობის ხელმისაწვდომობა და პროცესის გამარტივება, ამ მიზნით შეიძლება ჩამოვყალიბოთ ზოგადი სტრატეგიები: პაციენტებისთვის განათლების პროგრამების შემუშავება, ელექტრონული მოწყობილობების შეთავაზება, რომლებიც პაციენტს შეახსენებს წამლის მიღებას, მრავალპროფური გუნდის (ექიმები, ფარმაცევტები და ფსიქოლოგები) ერთობლივი ძალისხმევა პაციენტის დამყოლობის გასაუმჯობესებლად [6,7].

ამგვარად, მკურნალობის დამყოლობასთან დაკავშირებული პრობლემები ჯანდაცვის ერთ-ერთი მთავარი გამოწვევაა, განსაკუთრებით ქრონიკული დაავადებების მართვაში. კვლევების მეთოდოლოგიური გაუმჯობესება, ანგარიშგების სტანდარტიზაცია და სწორად შერჩეული ინსტრუმენტები უზრუნველყოფს კვლევის ხარისხის ზრდას, გასათვალისწინებელია ეკონომიკურ და საინჟინრო ასპექტებიც, რომლებიც უზრუნველყოფს ჯანდაცვის

სისტემის ეფექტიანობის ამაღლებას პაციენტების სამკურნალო პროცესში ჩართულობის გაუმჯობესების გზით.

ლიტერატურა:

1. Mohamad Aljofan , Ainash Oshibayeva , Ikilas Moldaliyev. The rate of medication nonadherence and influencing factors: A systematic Review. ELECTRON J GEN MED, Volume 20, Issue 3, June 2023, Article No: em471. <https://doi.org/10.29333/ejgm/12946>
2. Patricia Schnorrerova , Martin Wawruch . Petra Matalová . Medication adherence: measurement methods and approaches. *Bratisl Med J* 2024; 125 (4): p. 264–273.
3. Mason M, Cho Y, Rayo J, Gong Y, Harris M, Jiang Y. Technologies for Medication Adherence Monitoring and Technology Assessment Criteria: Narrative Review. *JMIR Mhealth Uhealth* 2022; 10 (3). DOI: [10.2196/35157](https://doi.org/10.2196/35157)
4. Dietrich F, Zeller A, Allemann S, Arnet I. Development and acceptance of a new adherence monitoring package to identify non-adherent patients with polypharmacy in primary care: a feasibility study. *BMJ Open Qual* 2023; 12 (1). DOI: 10.1136/bmj-oq-2022-002155.
5. Gagnier J, Lai J, Mokkink LB, Terwee CB. COSMIN reporting guideline for studies on measurement properties of patient-reported outcome measures. *Quality of Life Research* 2021; 30 (8): 2197–2218. DOI: 10.1007/s11136-021-02822-4.
6. Dalli LL, Kilkenny MF, Arnet I et al. Towards better reporting of the proportion of days covered method in cardiovascular medication adherence: A scoping review and new tool TEN–SPIDERS. *Br J Clin Pharmacol* 2022; 88 (10): 4427–4442. DOI: 10.1111/bcp.15391.
7. Ilardo ML, Speciale A. The community pharmacist: Perceived barriers and patient-centered care communication. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17 (2). DOI: 10.3390/ijerph17020536.

SUMMARY

MEDICATION ADHERENCE: CHALLENGES AND RECOMMENDATIONS FOR IMPROVEMENT

Shashiashvili N.V.

Georgian Technical University

The problem of treatment adherence is one of the most important challenges in the management of various diseases, especially in chronic conditions. Many studies have been conducted with a focus on this issue, however, they are often characterized by pronounced methodological deficiencies, which limits the ability to generalize the results of the study and the effectiveness of their use in practice. The article is about an overview of the main standards that have been developed to improve the quality of adherence research on treatment with treatments. Aspects related to research design, adherence measurement, and reporting are discussed, which contribute to the observance of methodological rigor and as a result, the credibility of the research results. These approaches integrate economic and engineering aspects aimed at enhancing the efficiency of the healthcare system and improving patient engagement in the treatment process.

Keywords: adherence, medication, patient, treatment.

კონსენსუსზე დაფუძნებული მეთოდების მიმოხილვა ჯანდაცვის სისტემების მარეგულირებელი ჩარჩოების შემუშავებისთვის

მამიაშვილი ნ.ვ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ჯანდაცვის სისტემებისა და პოლიტიკის შემუშავების სფეროში ძირითადი გადაწყვეტილებები ზოგჯერ იმგვარ გარემოში მიიღება, რომელსაც ახასიათებს გაურკვევლობა და არასრული ან ბუნდოვანი მტკიცებულებები. ამ გადაწყვეტილებებს კი შეიძლება ჰქონდეთ შორს მიმავალი შედეგები, რაც გავლენას მოახდენს მოსახლეობაზე. ამიტომ, მნიშვნელოვანია, რომ ასეთი გადაწყვეტილებები მიღებულ იქნეს გამჭვირვალედ და მაღალი სოციალური პასუხისმგებლობით, რათა უზრუნველყოფილი იყოს პოზიტიური შედეგების მიღება საზოგადოებრივი ჯანმრთელობისთვის. ერთ-ერთი კრიტიკული სტრატეგია ამ პროცესისთვის არის ჩარჩოებისა და ინსტრუმენტების შემუშავება, რომელიც საფუძვლად უდევს პოლიტიკის გადაწყვეტილებებს და ჯანდაცვის სერვისების განხორციელებას. კონსენსუსის მიღწევის მეთოდები (Consensus Development Methods - CDMs) ხელს უწყობს მტკიცებულებებისა და ექსპერტების მოსაზრებების ურთიერთკავშირს/სინთეზს ჯანდაცვის სისტემებში ეფექტური ჩარჩოებისა და ინსტრუმენტების შესაქმნელად. თანამედროვე საინჟინრო მიდგომები მოიცავს სხვადასხვა პროგრამული და ტექნოლოგიური პლატფორმების შემუშავებას მონაცემთა დამუშავების, კომუნიკაციის გაუმჯობესების და გადაწყვეტილების მიღების პროცესის ავტომატიზაციის უზრუნველსაყოფად, რითაც მნიშვნელოვნად გაიზრდება პოლიტიკის შემუშავების და განხორციელების ეფექტიანობა. CDM ძირითადი როლები შემდეგი სახით ჩამოყალიბდება: ჯანდაცვის სერვისების დანერგვა, ჯანდაცვის ეროვნული პოლიტიკის შეაფასება და გლობალური ჯანდაცვის ინიციატივების გაძლიერება [1,2].

CDM-ის ძირითადი მახასიათებლებია:

1. დაინტერესებული მხარეების ჩართულობა: CDM-ები ხაზს უსვამენ სხვადასხვა დაინტერესებული მხარის, მათ შორის ჯანდაცვის პროფესიონალების, პოლიტიკის შემქმნელების, და საზოგადოების წარმომადგენლების ჩართვის მნიშვნელობას, რათა უზრუნველყონ გადაწყვეტილების მიღების პროცესში მრავალფეროვანი შეხედულების გათვალისწინება.

2. მტკიცებულებებისა და ექსპერტიზის ინტეგრაცია: იძლევა კვლევის შედეგად მიღებული მტკიცებულებების გაერთიანებას ექსპერტების შეხედულებებთან და გამოცდილებასთან, რაც ხელს უწყობს მეტად ინფორმირებული გადაწყვეტილების მიღებას.

3. სტრუქტურირებული გადაწყვეტილების მიღება: CDM-ები უზრუნველყოფს სისტემურ მიდგომას განსხვავებული ვარიანტების შეფასებისა და კონსენსუსის მიღწევაში, რამაც შეიძლება გააძლიეროს პოლიტიკის შემუშავების პროცესები და მეთოდების და შედეგების სიმკაცრე.

4. გამჭვირვალობის ხელშეწყობა: კონსენსუსის მიღწევის პროცესის დოკუმენტირების გზით, CDM-ებს შეუძლიათ ხელი შეუწყონ გამჭვირვალობას, რაც საშუალებას მისცემს დაინტერესებულ მხარეებს ჰქონდეთ სრული და დეტალური ინფორმაცია გადაწყვეტილების მიღების შესახებ, რაც განაპირობებს ნდობის ჩამოყალიბებას შედეგების მიმართ.

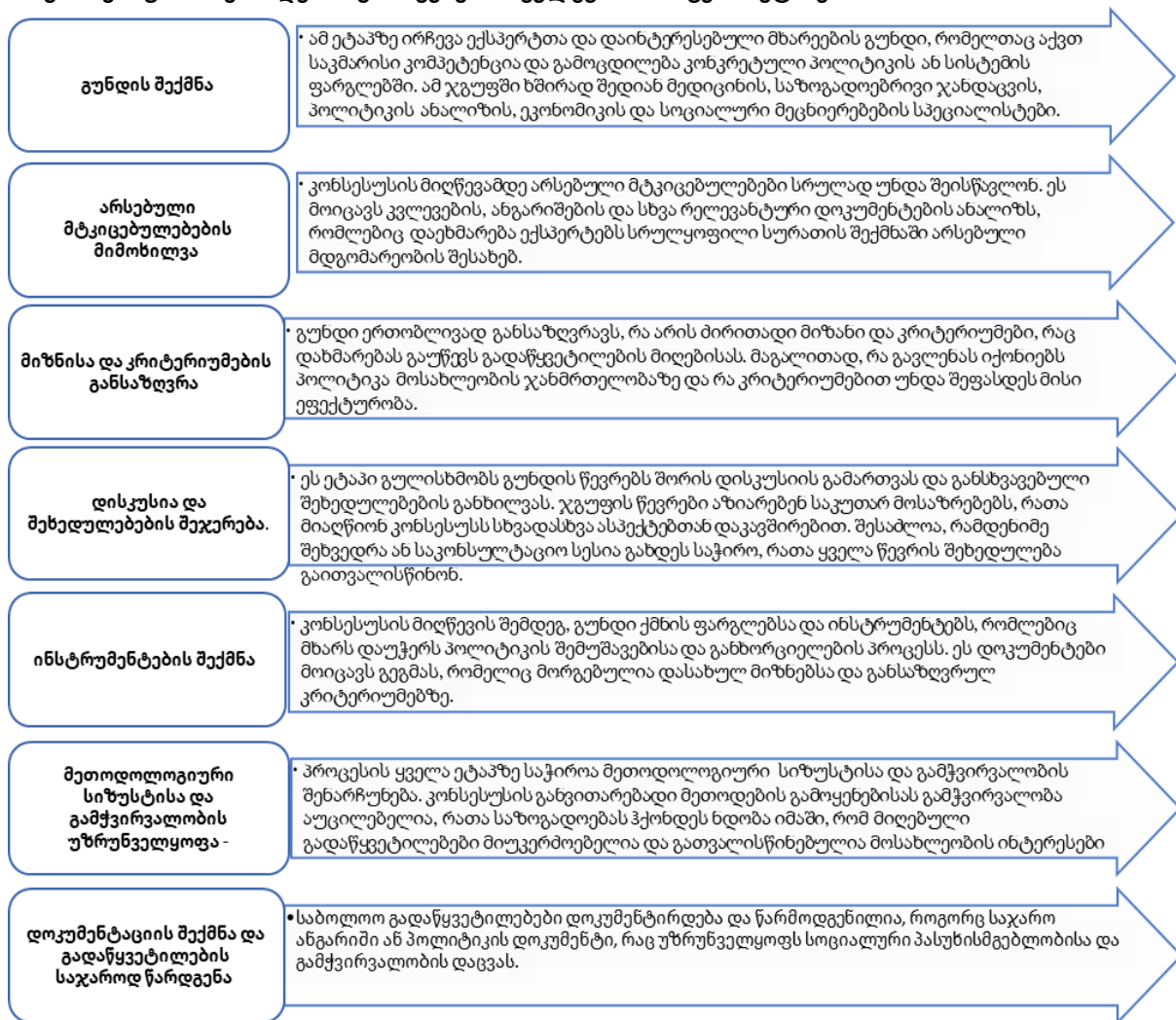
კონსენსუსის მიღწევის პროცესი, განსაკუთრებით ჯანდაცვის სისტემებსა და პოლიტიკის შემუშავებაში, მოიცავს ერთობლივი გადაწყვეტილებების მიღებას. პროცესში ჩართულნი არიან სპეციალისტები და დაინტერესებული მხარეები. ეს მეთოდები გამოიყენება ძირითადად ისეთ შემთხვევაში, როდესაც სრული ობიექტური მტკიცებულებები არ არსებობს ან გადაწყვეტილების მიღება სირთულეებითაა დაკავშირებული. პროცესი მოიცავს რამდენიმე მნიშვნელოვან ეტაპს [1, 3,4] (სქემა).

მიუხედავად იმისა, რომ CDM ღირებულ ინსტრუმენტს წარმოადგენს ჯანდაცვის სისტემებისა და პოლიტიკის შემუშავებისთვის, პრობლემად რჩება გამოწვევები, რომლებიც უნდა გადაიჭრას მეთოდოლოგიური სიმკაცრისა და ვალიდურობის შესანარჩუნებლად. საერთო გამოწვევებია:

1. სათანადო CDM-ების შერჩევა: კონსენსუსის შესაფერისი მეთოდის ამერჩევა შეიძლება რთული აღმოჩნდეს. სხვადასხვა მეთოდები განსხვავებული ძლიერი და სუსტი მხარეებით გამოირჩევა, რაც დამოკიდებულია პროექტის მიზნებზე და კონტექსტზე;

2. მტკიცებულებებთან ექსპერტთა მოსაზრებების დაბალანსება: ზოგჯერ რთულია ექსპერტის მოსაზრებებსა და მტკიცებულებებს შორის ბალანსის დამყარება, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც დაინტერესებულ მხარეებს შორის არსებობს უთანხმოება. გადაწყვეტილებები დაფუძნებული უნდა იყოს მყარ მტკიცებულებებზე და მოხდეს პრაქტიკული გამოცდილების გათვალისწინება;

კონსენსუსის მეთოდების გამოყენებით კვლევის პროცესის ეტაპები



3. გამჭვირვალობისა და ანგარიშვალდებულების შენარჩუნება: გამჭვირვალე უდა იყოს კონსენსუსის მიღწევის პროცესი, რათა გაიზარდოს დაინტერესებულ მხარეებს ნდობა მიღებული შედეგისადმი. აღნიშნული ითვალისწინებს დისკუსიების დოკუმენტირებას, მიღებულ გადაწყვეტილებების და მათი დასაბუთების შესახებ ჩანაწერების გაკეთებას.

4. სხვადასხვა დაინტერესებული მხარეების ინტერესების გათვალისწინება: დაინტერესებულ მხარეთა ფართო სპექტრის ჩართვამ ზოგჯერ იწვევს გუნდში კონფლიქტური ინტერესების წარმოჩენას [2,5].

კონსენსუსის მეთოდის სრულყოფის მიზნით შემოთავაზებულია რეკომენდაციები: კერძოდ, პროცესის დოკუმენტირება (დისკუსიების, გადაწყვეტილებების, დასაბუთების დეტალური ჩანაწერების შენახვა უზრუნველყოფს ანგარიშვალდებულების პრობლემის გადაჭრას), დაინტერესებული მხარეების ჩართულობა მთელი პროცესის განმავლობაში (კონსენსუსის მიღწევის ეტაპებზე დაინტერესებული მხარეების ჩართვა უზრუნველყოფს მათი შეხედულებების წარმოდგენას, განხილვას და გათვალისწინებას, ასევე ინფორმირებულობას მიღებული გადაწყვეტილებების შესახებ), საზოგადოების ხელმისაწვდომობა კვლევის შედეგებზე (კონსენსუსის მიღწევის ძალისხმევის შედეგების საჯაროდ ხელმისაწვდომობა დაინტერესებულ მხარეებს ეხმარება გადაწყვეტილების მიღების პროცესისადმი ნდობის ჩამოყალიბებაში) [6].

კონსენსუსის მეთოდები ფასდაუდებელია ეროვნული და საერთაშორისო ჩარჩოებისა და ინსტრუმენტების შემუშავებისთვის ჯანდაცვის სისტემებში და პოლიტიკის ჩამოყალიბებაში/ცვლილებაში. მრავალფეროვანი პერსპექტივებისა და მოპოვებული მტკიცებულებების ინტეგრაციის გზით, CDM ინფორმირებული გადაწყვეტილების მიღების გზაა, რომელიც პასუხობს მოსახლეობის საჭიროებებს.

ლიტერატურა

1. Consensus development methods: Use in the production of national and international frameworks and tools in health systems and policy making In book: Contemporary Research Methods in Pharmacy and Health Services. January 2022. (pp.447-453) DOI:10.1016/B978-0-323-91888-6.00018-1.
2. Bory Kea, Benjamin C Sun. Consensus development for healthcare professionals. Intern Emerg Med. 2014 Nov 28;10(3):373–383.
3. Yang Xu, Kin Keung Lai, W K J Leung. A consensus-based decision model for assessing the health systems. PLoS One. 2020 Aug 18;15(8):e0237892. doi: [10.1371/journal.pone.0237892](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237892)
4. Xu Y, Lai KK, Leung WKJ (2020) A consensus-based decision model for assessing the health systems. PLoS ONE 15(8): e0237892. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237892>
5. [William T. Gattrell, Amrit Pali Hungin](#), ACCORD guideline for reporting consensus-based methods in biomedical research and clinical practice: a study protocol. [Research Integrity and Peer Review](#) volume 7, Article number: 3 (2022).
6. Botes, M., Bruce, J., & Cooke, R. (2023). Consensus-based recommendations for strengthening emergency care at primary health care level: a Delphi study. *Global Health Action*, 16(1). <https://doi.org/10.1080/16549716.2022.2156114>.

SUMMARY

REVIEW OF CONSENSUS-BASED METHODS FOR DEVELOPING REGULATORY FRAMEWORKS IN HEALTHCARE SYSTEMS

Shashiashvili N.V.

Georgian Technical University

In healthcare systems, critical policy decisions are often made amid uncertainty or limited evidence, demanding transparency and accountability to optimize public health outcomes. Expert panels and stakeholders play a key role in creating policy frameworks and establishing processes for policy formulation, implementation, and service delivery. Consensus Development Methods (CDMs) support these efforts by blending existing evidence with expert insights to guide complex decisions. This article explores methods for achieving consensus, their application in national and international healthcare, and highlights the importance of transparency. Modern engineering approaches include the development of various software and technological platforms to support data processing, enhance communication, and automate decision-making processes, significantly increasing the efficiency of policy formulation and implementation.

Keywords: Consensus Development Methods, Evidence, health systems, Stakeholders.

კოგნიტიური ინჟინერიის გამოყენება ჰაციენტის გადაწყვეტილებების მიღების პროცესის შესაფასებლად იერარქიული ამოცანების ანალიზის საშუალებით

მამიაშვილი ნ.ვ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

იერარქიული ამოცანების ანალიზი (HTA – Hierarchical Task Analysis), წარმოადგენს კოგნიტიური ინჟინერიის მეთოდს, რომელიც გამოიყენება იმის გასაგებად, თუ რა ამოცანებს ასრულებენ ინდივიდები, განსაკუთრებით რთულ სცენარებში, სადაც გადაწყვეტილების მიღებაზე მრავალი ფაქტორი ახდენს გავლენას. HTA კომპლექსურ ამოცანას შლის კომპონენტებად (მიზნებად და ქვე-მიზნებად) და ამ გზით ცდილობს გაიგოს მათი იერარქიული დამოკიდებულება. თითოეული ამოცანის გამოკვლევა ხდება სხვადასხვა დონეზე, დაწყებული მიზნებით და დასრულებული იმ კონკრეტული ქმედებებით, რომლებიც აუცილებელია ამ მიზნების მისაღწევად. ამგვარი იერარქიული დაშლა ხელს უწყობს თითოეულ საფეხურზე შეცდომების და განმარტებების იდენტიფიცირებას, და გამორკვევას, თუ სად შეიძლება ჩარევები იყოს ეფექტური [1]. HTA-ის ძირითადი მახასიათებლებია **ამოცანების დაშლა (დეკომპოზიცია)** მცირე, მართვად კომპონენტებად, **იერარქიული სტრუქტურის ფორმირება** მიზნების, ქვე-მიზნების, ქმედებების და გადაწყვეტილებების ჩვენებით, **მოქნილობა** (ის ადაპტირებადია და შეიძლება გამოყენებულ იქნას სხვადასხვა გარემოში) და **კოგნიტიური ფოკუსი-აქცენტირება** კოგნიტიურ პროცესებზე. ხელს პროცესების დეტალურად შესწავლა და ოპტიმიზაცია HTA-ით განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ჯანდაცვის სფეროში, სადაც გადაწყვეტილების მიღება ზოგჯერ რთული და მრავალფაქტორულია [2,3].

HTA-ის ეფექტურად განხორციელების მიზნით, მკვლევარები ასრულებენ სტრუქტურულ პროცესებს შემდეგი ეტაპების შესაბამისად:

1. **ამოცანის იდენტიფიცირება:** კომპლექსური ამოცანის ან გადაწყვეტილების მიღების პროცესი, რომელიც უნდა გაანალიზდეს. მაგალითად, ფარმაციის სფეროში ეს შეიძლება იყოს ურეცეპტოდ გასაცემი წამლის (OTC) შერჩევის პროცესი.

2. **მონაცემების შეგროვება:** სპეციალისტებისგან დეტალური მონაცემების შეგროვება ან პირდაპირი დაკვირვება ან „Think-Aloud“ ინტერვიუები ჰაციენტებთან. მაგალითისთვის, OTC წამლების შერჩევის შემთხვევაში, მონაცემების შეგროვება მოხდება მათი ფარმაცევტთან კომუნიკაციის პროცესზე დაკვირვების შედეგად.

3. **ამოცანების დაშლა:** ამოცანის დაყოფა კომპონენტებად, საერთო მიზნიდან ქვე-მიზნების გამოყოფა, მაგალითად, სასურველი წამლის შერჩევა მოიცავს ქვე-მიზნების იდენტიფიცირებას, როგორცაა პროდუქტის ეტიკეტების შედარება, სიმპტომების განხილვა და გვერდითი ეფექტების გაანალიზება.

4. **იერარქიული წარმოდგენა:** იერარქიულ სტრუქტურაში ამოცანებისა და ქვე-მიზნების ორგანიზებულად განთავსება, რაც ვიზუალურად ასახავს გადაწყვეტილების მიღების პროცესს.

5. **ანალიზი და ინტერპრეტირება:** ხორციელდება თავად სტრუქტურის ანალიზი ბარიერების, კონფლიქტების ან იმ ადგილების გამოსავლენად, სადაც შეცდომები შესაძლებელია იყოს დაშვებული. ამგვარი ანალიზი მნიშვნელოვანია ჩარევების ან გადაწყვეტილების მიღების პროცესების გასაუმჯობესებლად.

6. **შედეგების გამოყენება და შეფასება:** მიღებული შედეგების გამოყენება ინტერვენციების ან არსებული პროცესების შეცვლის მიზნით. მაგალითად, OTC წამლების შერჩევის პროცესში, პროდუქტის ეტიკეტების ცვლილება, ფარმაცევტული განათლების პროგრამების შემუშავება წამლის შერჩევის გადაწყვეტილების მიღების პროცესის გასამარტივებლად [4-6].

კვლევის მიზანს წარმოადგენდა HTA საშუალებით ხანდაზმულ პაციენტებში ურეცეპტო მედიკამენტების შერჩევის პროცესის აღწერა და ფარმაცევტის ჩარევის შეფასება არჩევანზე. დაკვირვებას ახდენდნენ ხანდაზმულებზე (65 წელზე მეტი ასაკი). ამ ასაკობრივი ჯგუფის პაციენტებისთვის წამლის შერჩევის პროცესი რთულია, მუდმივად დგანან ისეთი პრობლემების წინაშე, როგორცაა ასაკობრივი ფიზიკური და კოგნიტური ცვლილებები, თანმხლები დაავადებები და მედიკამენტების მიღების რთული რეჟიმები. პაციენტების გადაწყვეტილებების შეფასება ხდებოდა ინტერვენციამდე და ინტერვენციის შემდეგ, თავად ინტერვენცია მოიცავდა ფარმაცევტების მიერ საინფორმაციო მასალების და პერსონალიზებულ რჩევების მიწოდებას წამლის შერჩევის პროცესის გამარტივების მიზნით. კვლევის შედეგად OTC მედიკამენტების შერჩევის პროცესში გამოიკვეთა და დამუშავდა 8 მთავარი მიზანი და 15 ქვე-მიზანი. ჩამოყალიბდა კვლევის პროცესის მნიშვნელოვანი მიგნებები: 1. **მიზნის იდენტიფიცირება:** მიზანი იყო შესაბამისი OTC წამლის შერჩევა. მიზანი დაიძალა რამდენიმე ქვე-მიზნად, მათ შორის უმნიშვნელოვანესი იყო: სიმპტომების გაგება, პროდუქტების შედარება და გვერდითი ეფექტების გათვალისწინება. 2. **კოგნიტური პროცესი:** იერარქიული ამოცანების ანალიზით დადგინდა, რომ პაციენტები გადიოდნენ რთულ პროცესს, საფეხურებს შორის მნიშვნელოვანი იყო ინფორმაციის შეგროვება, რისკების შეფასება, პრიორიტეტების შეჯერება – ღირებულებას, უსაფრთხოებას და ეფექტურობას შორის. გადაწყვეტილებაზე გავლენას ახდენდა დაავადების და წამლის შესახებ ცნობიერების დონე. 3. **აფთიაქის ჩარევა:** იერარქიული ამოცანების ანალიზით შეფასდა აფთიაქის ინტერვენციის ეფექტი. ინტერვიუებმა გამოავლინა, რომ აფთიაქის ჩარევის შედეგად შესამჩნევად გაუმჯობესდა ხანდაზმულების უნარი შეერჩიათ სასურველი მედიკამენტები.

გამოვლინდა იერარქიული ამოცანების ანალიზის უპირატესობები და ნაკლოვანებები: უპირატესობებს შორის აღსანიშნავია პროცესების **დეტალური გააზრება** (HTA უზრუნველყოფს კომპლექსური ამოცანების დეტალურ გაგებას, ამარტივებ იმ სივრცეების იდენტიფიცირებას, სადაც შესაძლოა თავი იჩინოს გამოწვევებმა ან დაშვებული იქნას შეცდომები), **ადაპტირება** (HTA ტარდება მონაცემთა შეგროვების სხვადასხვა მეთოდების გამოყენებით, სხვადასხვა გარემოში), **კოგნიტურ პროცესებზე ორიენტაცია** (კოგნიტურ პროცესებზე აქცენტირება საშუალებას აძლევს მკვლევარებს, გაიგონ არა მხოლოდ ის, თუ რა გადაწყვეტილებები მიიღება, არამედ ისიც, როგორ და რატომ მიიღება კონკრეტული გადაწყვეტილება). უპირატესობების პარალელურად ვლინდება ნაკლოვანებებიც, ესენია: **ხანგრძლივი დრო კვლევებისთვის, ექსპერტიზის საჭიროება ამოცანების ანალიზისთვის და კონტექსტზე დამოკიდებულება** (HTA შედეგები დაკავშირებულია კონტექსტთან, რომელშიც ეს სპეციფიური ამოცანა სრულდება, ეს კი ზღუდავს მიღებული შედეგების განზოგადების შესაძლებლობას სხვა გარემოებებზე)[7].

ამგვარად, იერარქიული ამოცანების ანალიზის (HTA) საშუალებით იკვლევენ პაციენტების მიერ მიღებული გადაწყვეტილებების კოგნიტურ პროცესებს, თუ როგორ იღებენ პაციენტები კომპლექსური გადაწყვეტილებებს და სად იკვეთება ინტერვენციების საჭიროება. მეთოდი სიღრმისეულ წარმოდგენას გვაძლევს პაციენტის ქცევაზე, რაც მას შეუძლებელ ინსტრუმენტად აქცევს ფარმაციისა და ჯანდაცვის სერვისების კვლევებში, ხელს უწყობს სპეციალისტებს გაანალიზონ პაციენტების გადაწყვეტილებები და ჩამოაყალიბონ და შეიმუშაონ მიზანმიმართული ჩარევების მექანიზმები ჯანდაცვის სერვისების გასაუმჯობესებლად [8].

ლიტერატურა:

1. Guo, H., Qi, H. J., Li, X. R., Xu, N., Zhao, Q., Shen, Z. S., Jia, Y. G. (2021). Effect of a template case report based on cognitive task analysis on emergency thinking ability of resident doctors in standardized training. *Patient Preference and Adherence*, 15, 1585–1591.

2. Saydia Razak. Hierarchical task analysis as a systems mapping tool in complex health care environments: Emergency department response to chemical, biological, radiological, and nuclear events. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries* Volume 34, Issue 2 p. 147-158.
3. Russ AL, Militello LG, Glassman PA, Arthur KJ, Zillich AJ, Weiner M. Adapting cognitive task analysis to investigate clinical decision making and medication safety incidents. *J Patient Saf.* 2019;15:191–197. doi:10.1097/PTS.0000000000000324
4. Salmon, P.M., Stanton, N.A., Walker, G.H., Hulme, A., Goode, N., Thompson, J., & Read, G.J.M. (2022). *Handbook of Systems Thinking Methods* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429281624>
5. Stanton, N. A. D., Salmon, P. D., & Walker, G. H. D. (2018). *Systems thinking in practice: Applications of the event analysis of systemic teamwork method*. CRC Press.
6. Swaby, L., Shu, P., Hind, D. *et al.* The use of cognitive task analysis in clinical and health services research — a systematic review. *Pilot Feasibility Stud* 8, 57 (2022). <https://doi.org/10.1186/s40814-022-01002-6>
7. Utilizing a cognitive engineering approach to conduct a hierarchical task analysis to understand complex patient decision making. Jan. 2022. DOI:10.1016/B978-0-323-91888-6.00027-2. In book: *Contemporary Research Methods in Pharmacy and Health Services* (pp.379-396)
8. Szulewski A, Howes D, van Merriënboer JG, Sweller J. From theory to practice: the application of cognitive load theory to the practice of medicine. *Acad Med.* 2020. <https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000003524>.

SUMMARY

UTILIZING A COGNITIVE ENGINEERING TO CONDUCT A HIERARCHICAL TASK ANALYSIS TO UNDERSTAND PATIENT DECISION MAKING

Shashiashvili N.V.

Georgian Technical University

Hierarchical Task Analysis (HTA) is a powerful tool for understanding complex solutions for patients. This is especially true in scenarios where patients have to choose medications. Through HTA, researchers perform tasks according to their constituent parts and examine the cognitive processes of decisions made by patients. Studies provide important information on how patients make complex decisions and where the need for interventions is highlighted. While the analysis of hierarchical tasks addresses certain challenges, such as time spending and the need for special knowledge, it gives us an in-depth insight into patient behavior and decision-making. This makes it an indispensable tool in pharmaceutical and health services research. Analysis of hierarchical tasks using pharmacy practice studies helps healthcare and pharmaceutical specialists analyze patient decision-making processes, and establish and develop targeted intervention mechanisms.

Keywords: Hierarchical Task Analysis, Cognitive Engineering.

OUR AUTHORS (2024)

A

Abesadze R.K. – 2024,1; 2.
 Andguladze Sh.N. – 2024,2.
 Archvadze K.T. – 2024,2.
 Avalishvili Z.A. – 2024,1.

B

Batiashvili Sh.B. – 2024,2.
 Bejashvili E.V. – 2024,1.
 Beraia N.O. – 2024,2.
 Berdenishvili I.G. – 2024,1; 2.
 Bereziani M.G. – 2024,1.
 Bibilashvili A.P. – 2024,2.
 Bibileishvili D.V. – 2024,1.
 Bibileishvili G.V. – 2024,1(6).
 Bokeria A.Sh. – 2024,1; 2(2).
 Bokuchava N.V. – 2024,2.
 Buishvili G.T. – 2024,2.
 Butkhuzi T.G. – 2024,1(2).

C

Chachava I.R. – 2024,2
 Chachkhiani-Anasashvili N.R. – 2024,1(2).
 Chikovani A.B. – 2024,1.
 Chitiashvili G.B. – 2024,2.
 Chkhaidze E.T. – 2024,2 (3).
 Chkhartishvili N.N. – 2024,1.
 Chkheidze N.A. – 2024,1.
 Chumbadze M.T. – 2024,1; 2(2).

D

Darakhvelidze M.V. – 2024,2.
 Devdariani N.G. – 2024,2.
 Dolidze N.D. – 2024,2.
 Dzidzishvili I.G. – 2024,1.
 Dzneladze S.J. – 2024,1 (3); 2(4).

E

Ebanoidze L.O. – 2024,1 (3).
 Eliashvili L.Z. – 2024,1 (2).
 Endeladze N.O. – 2024,1.

F

Fadiurashvili V.N. – 2024,1.

G

Gasitashvili Z.A. – 2024,1.
 Geradze P.I. – 2024,2 (2).

Gigashvili N.R. – 2024,1.
 Giorgadze I.S. – 2024,1.
 Gogesashvili N.N. – 2024,1 (3).
 Gogiberidze I.B. – 2024,1.
 Gogichashvili L.G. – 2024,1.
 Gonashvili N.G. – 2024,2.
 Gorgidze D.A. – 2024,1.
 Grigorashvili G.Z. – 2024,2.
 Guraspashvili A.N. – 2024,2.
 Gverdtsiteli L.V. – 2024,1.

I

Iashvili M.N. – 2024,1.
 Iashvili N.G. – 2024,1.
 Ichkitidze M.I. – 2024,2.
 Iremadze D.M. – 2024,2.
 Iremadze M.E. – 2024,2.

J

Javashvili Z.D. – 2024,1 (3).
 Jibuti L.Z. – 2024,2.
 Jibuti Z.V. – 2024,2.
 Julukhidze A.G. – 2024,1; 2(2).

K

Kakabadze E.G. – 2024,1 (2).
 Kakauridze A.J. – 2024,2.
 Kakhidze N.A. – 2024,1.
 Kalandia A.G. – 2024,2.
 Kalatozishvili E.I. – 2024,2.
 Kanchaveli Sh.S. – 2024,1 (2); 2(2).
 Kevkhishvili G. Sh. – 2024,1(4); 2(2).
 Kezherashvili M.G. – 2024,1 (4).
 Khachidze R.M. – 2024,2.
 Kharati R.G. – 2024,1 (2).
 Khartishvili M.P. – 2024,1.
 Khotenashvili N.Z. – 2024,2.
 Khuskivadze M.M. – 2024,1.
 Khutsishvili R.A. – 2024,2.
 Khutsishvili S.A. – 2024,1.
 Khutsishvili T.T. – 2024,1(2).
 Khvadagiani A.I. – 2024,2
 Khvedelidze A.I. – 2024,1 .
 Khvedelidze N.Z. – 2024,2.
 Kikoria K.M. – 2024,1(2).
 Kiladze M.T. – 2024,1.
 Kipiani P.N. – 2024,2.

Kochiashvili M.G. – 2024,2.
 Kukuladze M.V. – 2024,2(3).
 Kuparadze L.P. – 2024,1(3).
 Kurdadze G. – 2024,2.

L

Liparteliani G.G. – 2024,1.
 Liparteliani R.G. – 2024,2.
 Loladze G. – 2024,2.
 Loladze N.T. – 2024,1.
 Loria J.B. – 2024,1 (3).

M

Makhashvili K.A. – 2024,1.
 Makhviladze M.G. – 2024,1.
 Mamulashvili M.A. – 2024,1 (2).
 Medzmariashvili N.G. – 2024,2(3).
 Meskhishvili M.M. – 2024,1 .
 Mindadze S.O. – 2024,2(2).
 Mskhiladze N.G. – 2024,1.
 Mukhatgverdeli N.N. – 2024,2.
 Museridze R.R. – 2024,1.

N

Nabakahtiani G.N. – 2024,1.
 Nadiradze I.V. – 2024,2.
 Namicheishvili T.G. – 2024,1 (3).
 Neparidze N.S. – 2024,2(3).
 Nikolaishvili I.Z. – 2024,1.
 Nizharadze N.S. – 2024,1.

O

Ormotsadze N.Sh. – 2024,1.

P

Papava L.Sh. – 2024,1.
 Parulava L.P. – 2024,1.
 Parunashvili G.A. – 2024,1(2) .
 Pavliashvili K.M.– 2024,2(2).
 Pkhakadze T.I. – 2024,2.

R

Ramishvili V.N. – 2024,1(3).
 Ratiani N.G. – 2024,2.
 Rusadze M.T. – 2024,1(2).
 Kipiani P.N. – 2024,2.
 Razmadze N.A. – 2024,2.

S

Samkharadze M.G. – 2024,1.
 Sarajishvili K.G. – 2024,1.
 Shatirishvili I.Sh. – 2024,1.
 Shatirishvili Sh.I. – 2024,1 (2).
 Shustakashvili N.T. – 2024,1.
 Sigua L.R. – 2024,1.
 Siradze M.G. – 2024,1.
 Sordia E.K. – 2024,1 (2).
 Surmava A.A. – 2024,1.
 Skhvitaridze A.R. – 2024,2.
 Skhvitaridze R.E. – 2024,2.
 Shalamberidze M.Sh. – 2024,2.
 Shashiashvili N.V. – 2024,2(3).
 Shekunov A.A. – 2024,2.
 Sigua L.R. – 2024,2(2).
 Silagadze S.R. – 2024,2.
 Siradze M.G. – 2024,2(3).
 Sordia E.K. – 2024,2.

T

Tabatadze M.G. – 2024,1.
 Tananashvili L.A. – 2024,1.
 Tserodze M.P. – 2024,1.
 Tsikvadze V.G. – 2024,1.
 Tsinadze Z.O. – 2024,1; 2.
 Tsivadze M.A. – 2024,1.
 Tigishvili D.R. – 2024,2(2).
 Tabukashvili Z.Sh. – 2024,2.
 Tcheishvili T.Sh. – 2024,2.
 Tokadze L.Sh. – 2024,2.
 Topuria R.M. – 2024,2.

Z

Zakaraia M.Sh. – 2024,2.
 Zalkaliani D.G. – 2024,2.
 Zivzivadze L.B – 2024,2.
 Zivzivadze V.G. – 2024,2.
 Zodelava G.G. – 2024,1.