



RS Global

INTERNATIONAL

Scientific and Practical
CONFERENCE

International Trends
in Science and Technology

Proceedings of the XXII International Scientific and Practical Conference

International Trends in Science and Technology

**Vol.1, February 28, 2020,
Warsaw, Poland**

Founder:
RS Global Sp.z O.O.,
Scholarly Publisher
Warsaw, Poland

**Publisher Office's
address:**

Dolna 17, lok. A_02
Warsaw, Poland,
00-773

E-mail:
rsglobal.poland@gmail.com

Copies may be made only from legally acquired originals.
A single copy of one article per issue may be downloaded for personal use
(non-commercial research or private study). Downloading or printing multiple
copies is not permitted. Electronic Storage or Usage Permission of the
Publisher is required to store or use electronically any material contained in
this work, including any chapter or part of a chapter. Permission of the
Publisher is required for all other derivative works, including compilations and
translations. Except as outlined above, no part of this work may be
reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any
means without prior written permission of the Publisher.

ISBN 978-83-956628-3-6

© RS Global Sp. z O.O.;
© The Authors

The authors are fully
responsible for the facts
mentioned in the articles.
The opinions of the authors
may not always coincide
with the editorial boards
point of view and impose
no obligations on it.

**RS Global Sp. z O.O.
Warsaw, Poland
2020**

CONTENTS

PHYSICS AND MATHEMATICS

- Huzyk Nadiia, Petruchenko Oksana, Brodyak Oksana*
INVERSE FREE BOUNDARY PROBLEM FOR DEGENERATE PARABOLIC EQUATION..... 3

ENGINEERING SCIENCES

- Nosova Ya. V., Ibrahim Younouss Abdelhamid,
Chygrinova E. A., Khudaieva S. A., Perepelitsa A.*
SOME ASPECTS OF CREATING INDIVIDUAL SPLINT SYSTEMS..... 10

- Petro Savchuk, Dmytro Matrunchyk, Vitalii Kashytskyi, Oksana Sadova, Iryna Moroz*
THE INFLUENCE OF ULTRASONIC TREATMENT ON THE MECHANICAL PROPERTIES
OF EPOXY COMPOSITES MODIFIED WITH FINE POWDER OF TITANIUM OXIDE..... 13

- Sytnik A. V.*
THE LABORATORY METHOD FOR DETERMINING THE BURSTING PRESSURE OF
COAL AND COAL BLEND AT THE DURING COKING..... 21

- Turakhodjaeva Fazilatkhon*
SOLUTION OF ECOLOGICAL PROBLEMS USING BIOLOGICALLY ACTIVE
ADDITIVES..... 26

- Минасян З. А., Оганисян А. Р., Манасян Н. К.*
ВЛИЯНИЕ ВОЛОКНИСТОГО СОСТАВА СМЕШАННЫХ ТКАНЕЙ НА ИХ
ДЕФОРМАЦИЮ РАСТЯЖЕНИЯ..... 31

TRANSPORT

- Швець В. А., Мелешко Т. В.*
МЕТОДИКА ОЦІНКИ РІВНЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ СИГНАЛІВ
В ЗАХОДАХ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ ГЛОБАЛЬНИХ НАВІГАЦІЙНИХ
СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ 36

ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

- Polina Savcheva*
ПРЕДПОСТАВКИ ЗА УСТОЙЧИВО ИНТЕГРИРАНЕ НА НЕИЗПОЛЗВАЕМ
ИНДУСТРИАЛЕН СГРАДЕН ФОНД ЗА НУЖДИТЕ НА ТУРИЗМА..... 41

GEOGRAPHICAL SCIENCES

- Абдалова З. Т., Янчук С. Л., Камилова Н. К., Курбонов Ш. Б., Назаров М. И.*
ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕРРИОРИАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ
ЭКОНОМИКИ УЗБЕКИСТАНА..... 51

AGRICULTURE

- V. I. Lopushniak, H. M. Hritsuliak*
ENVIRONMENTAL SOIL CONDITIONS FOR ENTERING SEWAGE SLUDGE UNDER
ENERGY CROPS..... 57

INVERSE FREE BOUNDARY PROBLEM FOR DEGENERATE PARABOLIC EQUATION

*PhD (Candidate of Physics and Mathematics) Huzyk Nadiia,
 PhD (Candidate of Technical Sciences) Petruchenko Oksana,
 PhD (Candidate of Physics and Mathematics) Brodyak Oksana,
 Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Lviv, Ukraine*

Abstract. In a free boundary domain it is investigated an inverse problem of identification of the time-dependent minor coefficient in the one-dimensional degenerate parabolic equation. The degeneration of the equation is caused by the power function at the time derivative. To find the function that denotes unknown part of boundary of the domain and unknown coefficient of the equation the integral and Stefan conditions are given as overdetermination conditions. The conditions of existence of the classical local in time solution to this problem are established applying the Green functions methodology and Schauder fixed point theorem. The proof of the uniqueness of the solution is based on the properties of the solutions of the integral Volterra equations of second kind with integrable kernels. The case of weak degeneration is investigated.

Keywords: inverse problem, free boundary domain, minor coefficient, parabolic equation, weak power degeneration.

Introduction. The problem considered in the paper combines two types of problem: free boundary problem and coefficient inverse problem for the degenerate parabolic equation. We solve an inverse problem when under given consequences we have to find the reasons causing them. These problems have the applications in geophysics, medicine, engineering, finance and other sciences. We use the degenerate parabolic equations in the mathematical model of the flow in a porous media, propagation of the thermal waves in plasma and others. The free boundary problems arise at investigations of melting of solids and crystallization of liquids. We can consider these problems as inverse due to the appearing in the problem statement the unknown function that denotes the unknown part of the boundary. Making the substitution this function goes to the coefficients of the equations and it is obtained the coefficient inverse problem in the domain with fixed boundary.

For today the problems of determination of the minor coefficient in the parabolic equation without degeneration are studied sufficiently full (see [1] – [4] and a bibliography of them).

In the papers [5]-[9] the conditions of the correct solvability of the inverse problems of identification of the time-dependent coefficient $a = a(t)$, $a(t) > 0$, $t \in [0, T]$ in the parabolic equation

$$u_t = a(t)t^\beta u_{xx} + b(x,t)u_x + c(x,t)u + f(x,t)$$

are established for the domains with both fixed and free boundaries. Both cases of weak ($0 < \beta < 1$) and strong ($\beta \geq 1$) are investigated.

The inverse problems of identification of the minor coefficients in the degenerate parabolic equation in a domain with fixed boundary are studied in [10]-[13] and in a free boundary domain – in [14], [15].

The purpose of this paper is to establish the conditions of existence and uniqueness of the classical solution to the inverse free boundary problem for determination of the time-dependent minor coefficient in a degenerate parabolic equation. It is known that the degeneration of the equation is caused by the power function at the time derivative. The integral and Stefan conditions are used as the overdetermination conditions. Making the substitution this problem is reduced to the coefficient inverse problem for the degenerate parabolic equation. Using the Green function of the first boundary-value problem and applying the Schauder fixed point theorem it is established the conditions of existence of the solution to the named problem. We prove the uniqueness of the solution taking into account the properties of the solutions of the homogeneous integral Volterra equations of second kind with integrable kernels. The case of weak degeneration is investigated.

1. Statement of the problem. In a domain $\Omega_T = \{(x, t) : 0 < x < h(t), 0 < t < T\}$, where $h = h(t), h(t) > 0, t \in [0, T]$ is an unknown function, we consider an inverse problem for determination of the time-dependent coefficient $b = b(t)$ in the one-dimensional parabolic equation

$$t^\beta u_t = u_{xx} + b(t)u_x + c(x, t)u + f(x, t) \quad (1)$$

with initial condition

$$u(x, 0) = \varphi(x), \quad x \in [0, h(0)], \quad (2)$$

boundary Dirichlet conditions

$$u(0, t) = \mu_1(t), \quad u(h(t), t) = \mu_2(t), \quad t \in [0, T] \quad (3)$$

and overdetermination conditions

$$\int_0^{h(t)} u(x, t) dx = \mu_3(t), \quad t \in [0, T], \quad (4)$$

$$h'(t) = -u_x(h(t), t) + \mu_4(t), \quad t \in [0, T], \quad (5)$$

where $h_0 = h(0) > 0$ is a known number.

Definition. A triplet of functions $(b, h, u) \in C[0, T] \times C^1[0, T] \times C^{2,1}(Q_T) \cap C^{1,0}(\overline{Q_T})$ is called a solution to the problem (1)-(5) if it verifies the equation (1) and conditions (2)-(5). Making the substitution

$$y = \frac{x}{h(t)}, \quad t = t, \quad (6)$$

we reduce the problem (1)-(5) to the coefficient inverse problem for the unknowns (b, h, v) , $v(y, t) = u(xh(t), t)$ in the rectangle with known boundaries

$Q_T = \{(y, t) : 0 < y < 1, 0 < t < T\}$:

$$t^\beta v_t = \frac{v_{yy}}{h^2(t)} + \frac{b(t) + yt^\beta h'(t)}{h(t)} v_y + c(yh(t), t)v + f(yh(t), t), \quad (7)$$

$$v(y, 0) = \varphi(yh_0), \quad y \in [0, 1], \quad (8)$$

$$v(0, t) = \mu_1(t), \quad v(1, t) = \mu_2(t), \quad t \in [0, T], \quad (9)$$

$$h(t) \int_0^1 v(y, t) dy = \mu_3(t), \quad t \in [0, T], \quad (10)$$

$$h'(t) = -\frac{v_y(1, t)}{h(t)} + \mu_4(t), \quad t \in [0, T]. \quad (11)$$

We will investigate the inverse problem (7)-(11) in the case of weak degeneration, when $0 < \beta < 1$.

2. Existence of solution to the problem (7)-(11).

Theorem 1. Suppose that the following conditions hold:

A1) $c, f \in C^{1,0}([0, \infty) \times [0, T])$, $\varphi \in C([0, \infty))$, $\mu_i \in C^1([0, T])$, $i = 1, 2, 3$;

A2) $0 < f_1 \leq f(x, t) \leq f_0$, $-c_1 \leq c(x, t) \leq -c_0 < 0$, $(x, t) \in [0, \infty) \times [0, T]$, f_0, f_1, c_0, c_1 are some positive constants, $\mu_i(t) > 0$, $t \in [0, T]$, $i = 1, 2, 3$, $\varphi(x) \geq \varphi_0 > 0$, $x \in [0, \infty)$;

A3) $\varphi \in C^2[0, h_0]$, $\mu_4 \in C[0, T]$;

A4) $\mu_2(t) - \mu_1(t) \neq 0$, $t \in [0, T]$;

A5) $\mu_1(0) = \varphi(0)$, $\mu_2(0) = \varphi(h_0)$, $\int_0^{h_0} \varphi(x) dx = \mu_3(0)$.

Then the problem (7)-(11) has the solution (b, h, v) for $(y, t) \in [0, 1] \times [0, T_0]$, where the number T_0 , $0 < T_0 < T$ is defined by the problem data.

Proof. First, we reduce the problem (7)-(9) to the equivalent system of equations. For this aim, we make the substitution

$$v(y, t) = \tilde{v}(y, t) + \varphi(yh_0) - \varphi(0) + \mu_1(t) + y(\mu_2(t) - \mu_1(t) - \mu_2(0) + \mu_1(0)). \quad (12)$$

As a result we obtain the equation

$$\begin{aligned} t^\beta \tilde{v}_t &= \frac{\tilde{v}_{yy}}{h^2(t)} + \frac{b(t) + yt^\beta h'(t)}{h(t)} \tilde{v}_y + c(yh(t), t)\tilde{v} + f(yh(t), t) - t^\beta \mu_1'(t) - yt^\beta (\mu_2'(t) - \mu_1'(t)) + \\ &+ h_0^2 \varphi''(yh_0) + \frac{b(t) + yt^\beta h'(t)}{h(t)} (h_0 \varphi'(yh_0) + \mu_2(t) - \mu_1(t) - \mu_2(0) + \mu_1(0)) + \\ &+ c(yh(t), t)(\varphi(yh_0) - \varphi(0) + \mu_1(t) + y(\mu_2(t) - \mu_1(t) - \mu_2(0) + \mu_1(0))) \end{aligned} \quad (13)$$

with homogeneous initial and boundary conditions.

Taking into account the conditions (A1), (A2) of the Theorem 1 and (7)-(10), we conclude that

$$\begin{aligned} v(y, t) &\geq \min \left\{ \min_{y \in [0, 1]} \varphi(yh_0), \min_{t \in [0, T]} \mu_1(t), \min_{t \in [0, T]} \mu_2(t), \frac{f_1}{c_1} \right\} \equiv M_0 > 0, \quad (y, t) \in \bar{Q}_T, \\ h(t) &\leq \frac{\max_{t \in [0, T]} \mu_3(t)}{M_0} \equiv H_1, \quad t \in [0, T] \end{aligned}$$

and respectively

$$\begin{aligned} v(y, t) &\leq \max \left\{ \max_{y \in [0, 1]} \varphi(yh_0), \max_{t \in [0, T]} \mu_1(t), \max_{t \in [0, T]} \mu_2(t), \frac{f_0}{c_0} \right\} \equiv M_1, \quad (y, t) \in \bar{Q}_T, \\ h(t) &\geq \frac{\min_{t \in [0, T]} \mu_3(t)}{M_1} \equiv H_0, \quad t \in [0, T]. \end{aligned}$$

Let us denote by $G_1(y, t, \xi, \tau)$ the Green function of the first boundary-value problem for the heat equation

$$t^\beta u_t = \frac{u_{xx}}{h^2(t)}.$$

Put $w(y, t) \equiv v_y(y, t)$. Using (12), (13), we reduce the direct problem (7)-(9) to the system of integral equations with respect to unknown functions $v = v(y, t)$, $w = w(y, t)$:

$$\begin{aligned} v(y, t) &= \varphi(yh_0) - \varphi(0) + \mu_1(t) + y(\mu_2(t) - \mu_1(t) - \mu_2(0) + \mu_1(0)) + \\ &+ \iint_0^1 G_1(y, t, \xi, \tau) \left(\left(\frac{b(\tau)}{h(\tau)} + \frac{\xi \tau^\beta (\mu_4(\tau)h(\tau) - w(1, \tau))}{h^2(\tau)} \right) w(\xi, \tau) + c(\xi h(\tau), \tau)v(\xi, \tau) + \right. \\ &\quad \left. + f(\xi h(\tau), \tau) - \tau^\beta \mu_1'(\tau) - \tau^\beta \xi (\mu_2'(\tau) - \mu_1'(\tau)) + h_0^2 \varphi''(\xi h_0) \right) d\xi d\tau, \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} w(y, t) &= h_0 \varphi'(yh_0) + (\mu_2(t) - \mu_1(t) - \mu_2(0) + \mu_1(0)) + \\ &+ \iint_0^1 G_1(y, t, \xi, \tau) \left(\left(\frac{b(\tau)}{h(\tau)} + \frac{\xi \tau^\beta (\mu_4(\tau)h(\tau) - w(1, \tau))}{h^2(\tau)} \right) w(\xi, \tau) + c(\xi h(\tau), \tau)v(\xi, \tau) + \right. \\ &\quad \left. + f(\xi h(\tau), \tau) - \tau^\beta \mu_1'(\tau) - \tau^\beta \xi (\mu_2'(\tau) - \mu_1'(\tau)) + h_0^2 \varphi''(\xi h_0) \right) d\xi d\tau. \end{aligned} \quad (15)$$

Note that we obtain the equation (15) differentiating (14) with respect to space variable y . To find an equation for the functions $b(t), h(t)$ we use the conditions (10), (11), (2)-(4):

$$h(t) = \frac{\mu_3(t)}{\frac{1}{0} \int v(y, t) dy}, \quad t \in [0, T], \quad (16)$$

$$b(t) = \left(t^\beta \mu_3'(t) - \frac{w(1,t) - w(0,t)}{h(t)} - \frac{t^\beta \mu_2(t)((\mu_4(t)h(t) - w(1,t))}{h(t)} - \right. \\ \left. - h(t) \int_0^1 (c(yh(t), t)v(y, t) + f(yh(t), t)) dy \right) (\mu_2(t) - \mu_1(t))^{-1}, \quad t \in [0, T]. \quad (17)$$

Thus, the inverse problem (7)-(11) we reduce to the equivalent system of equations (14)-(17). It means that if a triplet of functions (b, h, v) is a solution to the problem (7)-(11), then (v, w, h, b) is a continuous solution to the system of equations (14)-(17). For the other hand, if $(v, w, h, b) \in (C(\overline{Q_T}))^2 \times (C[0, T])^2$ is a solution to the system of equations (14)-(17) then (b, h, v) is a solution to the problem (7)-(11).

Now we prove the existence of the solution to the system of equation (14)-(17). First, we establish the behavior of the integrals in the right-hand sides of the formulas (14), (15). Taking into account the known estimate [16, p. 469]

$$|D_t^r D_y^s G(y, t, \eta, \tau)| \leq C_1 (\theta(t) - \theta(\tau))^{\frac{-1+2r+s}{2}} \exp\left(-C_2 \frac{(y-\eta)^2}{\theta(t) - \theta(\tau)}\right), \quad (18)$$

where $r \in \{0, 1\}$, $s \in \{0, 1, 2\}$, $2r+s=1$ or $2r+s=2$, $\tau < t$ and $\theta(t) = \int_0^t \frac{1}{\sigma^\beta h^2(\sigma)} d\sigma$, we obtain

$$J_1 \equiv \left| \int_0^t \int_0^1 G_1(y, t, \xi, \tau) \left(\left(\frac{b(\tau)}{h(\tau)} + \frac{\xi \tau^\beta (\mu_4(\tau)h(\tau) - w(1, \tau))}{h^2(\tau)} \right) w(\xi, \tau) + c(\xi h(\tau), \tau) v(\xi, \tau) + \right. \right. \\ \left. \left. + f(\xi h(\tau), \tau) - \tau^\beta \mu_1'(\tau) - \tau^\beta \xi (\mu_2'(\tau) - \mu_1'(\tau)) + h_0^2 \varphi''(\xi h_0) \right) d\xi d\tau \right| \leq \\ \leq C_3 \int_0^t \int_0^1 (\theta(t) - \theta(\tau))^{\frac{-1}{2}} \exp\left(-C_2 \frac{(y-\xi)^2}{\theta(t) - \theta(\tau)}\right) d\xi d\tau \leq C_4 t, \\ J_2 \equiv \left| \int_0^t \int_0^1 G_{1y}(y, t, \xi, \tau) \left(\left(\frac{b(\tau)}{h(\tau)} + \frac{\xi \tau^\beta (\mu_4(\tau)h(\tau) - w(1, \tau))}{h^2(\tau)} \right) w(\xi, \tau) + c(\xi h(\tau), \tau) v(\xi, \tau) + \right. \right. \\ \left. \left. + f(\xi h(\tau), \tau) - \tau^\beta \mu_1'(\tau) - \tau^\beta \xi (\mu_2'(\tau) - \mu_1'(\tau)) + h_0^2 \varphi''(\xi h_0) \right) d\xi d\tau \right| \leq \\ \leq C_5 \int_0^t \int_0^1 (\theta(t) - \theta(\tau))^{-1} \exp\left(-C_2 \frac{(y-\xi)^2}{\theta(t) - \theta(\tau)}\right) d\xi d\tau \leq C_6 \int_0^t \frac{d\tau}{\sqrt{\theta(t) - \theta(\tau)}} \leq C_7 t^{\frac{1+\beta}{2}} \int_0^1 \frac{dz}{\sqrt{1-z^{1+\beta}}}.$$

It means that integrals in the right-hand sides of the formulas (14), (15) tend to zero when $t \rightarrow 0$.

Denote $W(t) = \max_{(y, t) \in [0, 1] \times [0, t]} |w(y, t)|$, $t \in [0, T]$. The equalities (15), (17) imply

$$|b(t)| \leq C_8 + C_9 W(t), \quad t \in [0, T], \quad (19)$$

$$W(t) \leq C_{10} + C_{11} \int_0^t \frac{V(t) + V^2(t)}{\sqrt{t^{1-\beta} - \tau^{1-\beta}}} d\tau, \quad t \in [0, T]. \quad (20)$$

Denote $W_1(t) = W(t) + 1$. It allows us to rewrite (20) in the form

$$W_1(t) \leq C_{12} + C_{13} \int_0^t \frac{W_1^2(\tau)}{\sqrt{t^{1-\beta} - \tau^{1-\beta}}} d\tau, \quad t \in [0, T],$$

and taking into account the definition of weak degeneration we obtain

$$W_1(t) \leq C_{12} + C_{14} \int_0^t \frac{W_1^2(\tau)}{\sqrt{t-\tau}} d\tau, \quad t \in [0, T]. \quad (21)$$

Solving (21) analogously to [16, p. 125] we find

$$|w(y, t)| \leq M_2, \quad (y, t) \in [0, 1] \times [0, t_1], \quad (22)$$

where the number $t_1, 0 < t_1 \leq T$ is determined by the problem data. It implies that

$$|b(t)| \leq C_8 + C_9 M_2 \equiv M_3, \quad t \in [0, t_1]. \quad (23)$$

Thus, a priori estimates of the solutions to the system of equations (14)-(17) are established.

We represent the system of equations (14)-(17) as an operator equation

$$\omega = P\omega$$

where $\omega = (v, w, h, b)$ and the operator P is determined by the right-hand sides of the equations (14)-(17) respectively.

Based on established a priori estimates (22), (23) we construct the set

$$N = \{(v, w, h, b) : M_0 \leq v(y, t) \leq M_1, |w(y, t)| \leq M_2, H_0 \leq h(t) \leq H_1, |b(t)| \leq M_3, (y, t) \in [0, 1] \times [0, T_0]\}$$

in the Banach space $B = (C(\overline{Q_{T_0}}))^2 \times (C[0, T_0])^2$, where $T_0, 0 < T_0 \leq T$ is determined by the problem data. It is obvious that the set N is convex and the operator P maps it into itself. The compactness of the operator P can be proved as in [16]. Thus, all conditions of the Schauder fixed-point theorem are fulfilled. It means that there exists the solution to the system of equations (14)-(17) when $(y, t) \in [0, 1] \times [0, T_0]$ and correspondingly to the problem (1)-(4). The Theorem 1 is proved.

3. Uniqueness of solution to the problem (7)-(11).

Theorem 2. If the conditions

$$B1) \quad c, f \in C^{1,0}([0, \infty) \times [0, T]);$$

$$B2) \quad \mu_2(t) - \mu_1(t) \neq 0, \quad t \in [0, T]$$

hold then the solution (b, h, v) to the problem (7)-(11) is unique.

Proof. Suppose that the problem (7)-(11) has two solutions $(b_i, h_i, v_i), i=1,2$. The differences of these solutions we denote by $b(t) = b_1(t) - b_2(t), h(t) = h_1(t) - h_2(t), u(x, t) = u_1(x, t) - u_2(x, t)$. They satisfy the equation

$$\begin{aligned} t^\beta v_t &= \frac{v_{yy}}{h_2^2(t)} + \frac{b_2(t) + yt^\beta h'_2(t)}{h_2(t)} v_y + c(yh_2(t), t)v + f(yh_2(t), t) - f(yh_2(t), t) + \\ &+ \left(\frac{1}{h_1^2(t)} - \frac{1}{h_2^2(t)} \right) v_{1yy} + \left(b_1(t) \left(\frac{1}{h_1(t)} - \frac{1}{h_2(t)} \right) + \frac{b(t)}{h_2(t)} + yt^\beta h'_1(t) \left(\frac{1}{h_1(t)} - \frac{1}{h_2(t)} \right) + \frac{yt^\beta h'(t)}{h_2(t)} \right) v_{1y} + (24) \\ &+ (c(yh_1(t), t) - c(yh_2(t), t)) v_1, \quad (y, t) \in Q_T \end{aligned}$$

with conditions

$$v(y, 0) = 0, \quad y \in [0, 1], \quad (25)$$

$$v(0, t) = v(1, t) = 0, \quad t \in [0, T], \quad (26)$$

$$h_2(t) \int_0^1 v(y, t) dy + h(t) \int_0^1 v_1(y, t) dy = 0, \quad t \in [0, T], \quad (27)$$

$$h'(t) = -\frac{v_y(1, t)}{h_2(t)} - v_{1y}(y, t) \left(\frac{1}{h_1(t)} - \frac{1}{h_2(t)} \right), \quad t \in [0, T]. \quad (28)$$

With the aid of the Green function $G_1^*(y, t, \xi, \tau)$ of the first boundary-value problem for the equation

$$t^\beta v_t = \frac{v_{yy}}{h_2^2(t)} + \frac{b_2(t) + yt^\beta h'_2(t)}{h_2(t)} v_y + c(yh_2(t), t)v \quad (29)$$

we represent the solution to the problem (24)-(26) in the form

$$\begin{aligned}
 v(y, t) = & \int_0^t \int G_1^*(y, t, \xi, \tau) \left(f(\xi h_1(\tau), \tau) - f(\xi h_2(\tau), \tau) + \left(\frac{1}{h_1^2(\tau)} - \frac{1}{h_2^2(\tau)} \right) v_{1\xi\xi} + \right. \\
 & \left(b_1(\tau) \left(\frac{1}{h_1(\tau)} - \frac{1}{h_2(\tau)} \right) + \frac{b(\tau)}{h_2(\tau)} + \xi \tau^\beta h_1'(\tau) \left(\frac{1}{h_1(\tau)} - \frac{1}{h_2(\tau)} \right) + \frac{\xi \tau^\beta h'(\tau)}{h_2(\tau)} \right) v_{1\xi} + \\
 & \left. + (c(\xi h_1(\tau), \tau) - c(\xi h_2(\tau), \tau)) v_1 \right) d\xi d\tau. \tag{30}
 \end{aligned}$$

Differentiating (30) with respect to y we obtain

$$\begin{aligned}
 v_y(y, t) = & \int_0^t \int G_{1y}^*(y, t, \xi, \tau) \left(f(\xi h_1(\tau), \tau) - f(\xi h_2(\tau), \tau) + \left(\frac{1}{h_1^2(\tau)} - \frac{1}{h_2^2(\tau)} \right) v_{1\xi\xi} + \right. \\
 & \left(b_1(\tau) \left(\frac{1}{h_1(\tau)} - \frac{1}{h_2(\tau)} \right) + \frac{b(\tau)}{h_2(\tau)} + \xi \tau^\beta h_1'(\tau) \left(\frac{1}{h_1(\tau)} - \frac{1}{h_2(\tau)} \right) + \frac{\xi \tau^\beta h'(\tau)}{h_2(\tau)} \right) v_{1\xi} + \\
 & \left. + (c(\xi h_1(\tau), \tau) - c(\xi h_2(\tau), \tau)) v_1 \right) d\xi d\tau. \tag{31}
 \end{aligned}$$

Taking into account (17) we find the equation with respect to the function $b = b(t)$:

$$\begin{aligned}
 b(t) = & (\mu_2(t) - \mu_1(t))^{-1} \left(-(v_{1y}(1, t) - v_{1y}(0, t)) \left(\frac{1}{h_1(t)} - \frac{1}{h_2(t)} \right) - \frac{v_y(1, t) - v_y(0, t)}{h_2(t)} - \right. \\
 & - t^\beta \mu_2(t) \left((\mu_4(t)h_1(t) - v_{1y}(1, t)) \left(\frac{1}{h_1(t)} - \frac{1}{h_2(t)} \right) + \frac{(\mu_4(t)h(t) - v_y(1, t))}{h_2(t)} \right) - \\
 & - h_1(t) \int_0^1 (c(yh_1(t), t)v(y, t) + (c(yh_1(t), t) - c(yh_2(t), t))v_2(y, t) + f(yh_1(t), t) - f(yh_2(t), t)) dy - \\
 & \left. - h(t) \int_0^1 (c(yh_2(t), t)v_2(y, t) + f(yh_2(t), t)) dy \right), t \in [0, T]. \tag{32}
 \end{aligned}$$

Note that

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{h_1(t)} - \frac{1}{h_2(t)} &= -\frac{h(t)}{h_1(t)h_2(t)}, \quad \frac{1}{h_1^2(t)} - \frac{1}{h_2^2(t)} = -\frac{h(t)(h_1(t) + h_2(t))}{h_1^2(t)h_2^2(t)}, \\
 f(yh_1(t), t) - f(yh_2(t), t) &= yh(t) \int_0^1 f_y(y(h_2(t) + \sigma(h_1(t) - h_2(t))), t) d\sigma, \\
 c(yh_1(t), t) - c(yh_2(t), t) &= yh(t) \int_0^1 c_y(y(h_2(t) + \sigma(h_1(t) - h_2(t))), t) d\sigma.
 \end{aligned}$$

Substituting these equalities and (28), (30), (31) into (27), (32) we obtain the system of homogeneous integral Volterra equations of second kind with respect to $h = h(t), b = b(t)$. The kernels of this system are integrable since we investigate the case of weak degeneration. It implies that it has only trivial solution

$$h(t) = 0, \quad b(t) = 0, \quad t \in [0, T].$$

Using these equalities in the problem (24)-(26) we find

$$v(y, t) = 0, \quad (y, t) \in [0, 1] \times [0, T].$$

Theorem 2 is proved.

Conclusions. It is established the sufficient conditions of existence and uniqueness of the classical solution to the inverse problem of identification of the time-dependent minor coefficient in the weakly degenerate parabolic equation in a free boundary domain.

REFERENCES

1. Cannon J. R., Peres-Esteva S., Determination of the coefficient of u_x in a linear parabolic equation, Inverse Problems 10 (3), (1993), 521-531.
2. Hong - Ming Yin, Global solvability for some parabolic inverse problems, J. Math. Anal. Appl. (1991), P. 392-403.
3. Trong D. D., Ang D. D., Coefficient identification for a parabolic equation, Inverse Problems 10 (3), (1994), 733-752.
4. Pabyrivska N., Varenyk O., Identification of the minor coefficient in the parabolic equation, Visnyk Lviv. Univ. Ser. Mech.-Math. 64, (2005), 181-189. (in Ukrainian)
5. Ivanchov M., Saldina N., An inverse problem for a strongly degenerate heat equation, J. Inv. Ill-Posed Problem 14 (5), (2006), 1-16.
6. Saldina N.V., Strongly degenerate inverse parabolic problem with general behavior of the coefficients, Visnyk Lviv. Univ. Ser. Mech.-Math. 66, (2006), 186–202.
7. N. Saldina, An inverse problem for a generally degenerate heat equation, J. of Lviv Polytechnic National University. Physical and Math. Sciences 566 (2006), 59-67.
8. N. Hryntsiv, An inverse problem for a strongly power degenerate parabolic equation in a free boundary domain, Visnyk Lviv. Univ. Ser. Mech.-Math. 64 (2007), 84-97. (in Ukrainian)
9. N. Hryntsiv and M. Ivanchov, Inverse problem for the strongly degenerate heat equation in a domain with free boundary, Ukrain. Math. J. 61, 1 (2009), 30-49.
10. Hryntsiv N., Determination of the coefficient of the first derivative in a degenerate parabolic equation, Visnyk Lviv. Univ. Ser. Mech.-Math. 71 (2009), 78-87. (in Ukrainian)
11. Hryntsiv N.M., Non-local inverse problem for a weakly degenerate parabolic equation, J. of Lviv Polytechnic National University. Physical and Math. Sciences 696 (696), 32-39.
12. Huzyk N., Inverse problem of determining the coefficients in a degenerate parabolic equation, Electron. J. Diff. Eq. 2014 (2014), 1-11.
13. Aleksey I. Prilepko, Vitaly L. Kamynin and Andrew B. Kostin, Inverse source problem for parabolic equation with the condition of integral observation in time // J. Inverse Ill-Posed Probl. –2018. – V. 26, I. 4. – P. 523-540.
14. Nadiya Huzyk Inverse free boundary problems for a generally degenerate parabolic equation // J. of inverse and ill-posed problems. – 2015. – Vol. 23, I. 2. – P. 103-119.
15. Mousa J. Huntul and Daniel Lesnic, Time-dependent reaction coefficient identification problems with free boundary // International Journal for Computational Methods in engineering science and mechanics. – 2019. – Vol. 20, I. 2. – P. 99-114.
16. M. Ivanchov, Inverse problems for equations of parabolic type, Lviv: VNTL Publishers, 2003.

SOME ASPECTS OF CREATING INDIVIDUAL SPLINT SYSTEMS

PhD ¹Nosova Ya. V., ¹Ibrahim Younouss Abdelhamid,

²Chygrinova E. A., ¹Khudaieva S. A., ¹Perepelitsa A.

Ukraine, Kharkiv,

¹Kharkiv National University of Radioelectronics; ² Private Medical Center

Abstract. The article deals with the problem of the use of universal splint systems, which are used during recovery after surgery on the upper respiratory tract. The main disadvantage of universal splint systems is that they do not take into account the individual anatomical structure of the patient's nasal cavities, which can cause additional pressure on the lateral wall of the nasal cavity. Thus, the presented study describes some aspects of the creation of individual splint systems based on the use of the results of the patient's tomographic scan. Most doctors use the results of a CT scan when planning surgery. Special software was developed to work with DICOM files, which performs pre-processing of tomographic sections and their segmentation.

Keywords: wall nasal splint system, nasal breathing, three-dimensional model, prototyping.

Introduction. Intranasal silicone splint is intended for use after septoplasty. It fixes the reconstructed nasal septum in the middle position.

Problems splint systems – use universal shapes and sizes. Splints do not take into account the individual structure of the nasal cavity and its architectonics, so it is not possible to adversely affect the lateral wall of the nasal cavity due to additional pressure [1-6].

The results of the study. Before the construction of the unit system the patient is examined by a medical institution, which scans the upper airways using spiral computed tomography. The sections of the upper respiratory tract are stored in a DICOM file. With the help of special software, an operation is performed to locate local bowel movements.

In the window of the work program, the user needs to select the most informative section from the topogram (the most informative is the section where the pathological process of the nasal septum is visible most), on this section the user should select a rectangular plane (Fig. 1), which should be trapped by the nasal line. After highlighting the required plane, there is an automatic pre-processing and segmentation of the image, which outlines the contour of the nasal septum, then calculates the geometric parameters of the nasal septum and localizes the curvature. This data is stored in the program for later prototyping [7-12].

Figure 1 a show that the left nasal passage is blocked and does not have the ability to move air, so the segmented model will be created exactly to the area and is defined as the localization point of the curvature.

If the partition is segmented completely, then the algorithm for finding the localization of the curvature is reduced to finding the global extrema in two contours, as shown in Fig. 1 b. The first contour starts from the top of the segmented model and ends with the end point of the nasal septum. The second contour starts from the extreme point of the nasal septum and ends with the other tip of the model. The lowest extremum is taken into account, since it is important to choose the length correctly when constructing an individual splint, so the extremum above the topogram is not informative.

Together with the localization of the curvature, the point of the end of the nasal septum is sought by global extremes, and the global minimum between the two global maxima (the points of the nasal septum start) is searched for.

Based on these data, the program determines L2 (the length of the nasal septum to distortion) and L1 (the total length of the nasal septum) and stores the data for further prototyping.

The pre-processing program is the starting point in the individualization of septal tires. It has significant drawbacks, such as the need to use a qualified user to determine the information slice; segmentation inaccuracy when creating a rectangular plane.

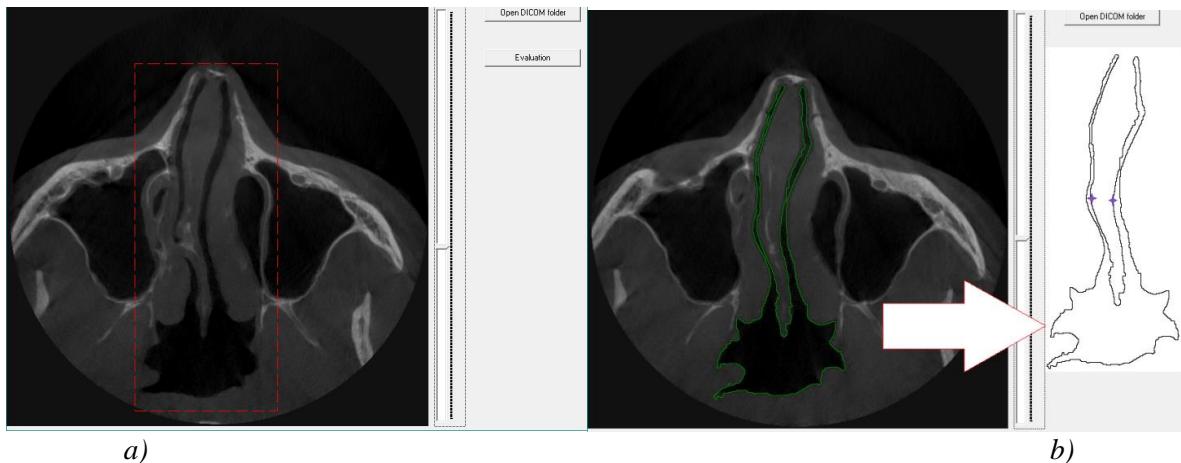


Fig. 1. Appearance of the developed software (a – Selection of nasal septum; b – result of segmentation of nasal septum)

For the correct construction of the 3D model, previously in the program for 3D visualization of Autodesk 3Ds Mach 2019 Student Version, a unified split system was created and modeled for all types of nasal septum distortions. The basis for the three-dimensional model is the «АБВГДЕЖ» hexagon (Fig. 2).

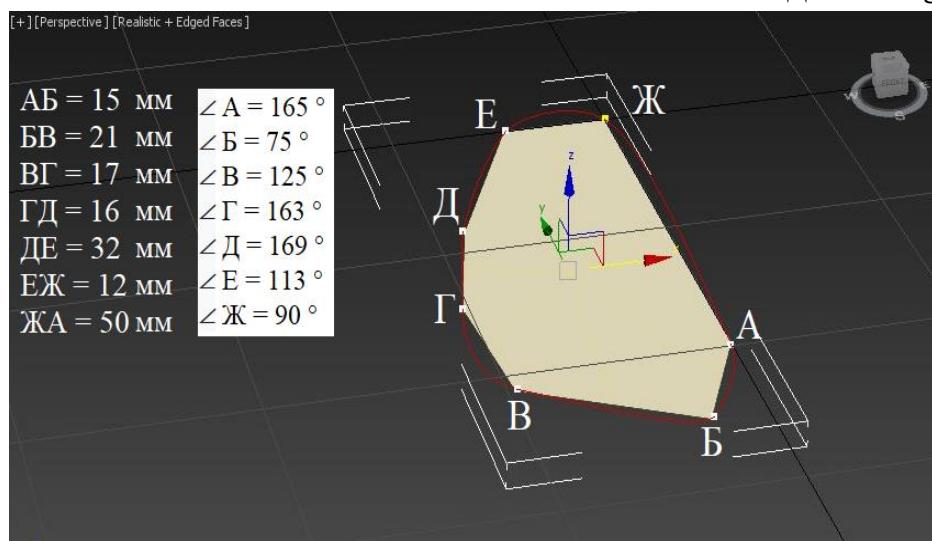


Fig. 2. Model of the septal tire base

The edges and vertices of the hexagon are rounded to eliminate traumatization of the nasal mucosa, for this purpose in the program for 3D visualization of Autodesk 3Ds Max used Bezier quadratic curves to smooth the acute angles of the hexagon.

A hollow cylindrical thickening extending along the entire length of the intra-nasal tire at the level of the lower nasal conduit and oriented to the lateral wall of the nasal cavity is performed on the tire surface, which further facilitates nasal breathing in the patient (Fig. 3).

The corners when constructing the base are as follows: $\angle A = 165^\circ$, $\angle B = 75^\circ$, $\angle B = 125^\circ$, $\angle \Gamma = 163^\circ$, $\angle \Delta = 169^\circ$, $\angle E = 113^\circ$, $\angle Ж = 90^\circ$.

The result of building the base of the split is presented in Fig. 3.

Conclusions. 3D printing splint systems that are based on models (for individual DICOM images) has the following advantages:

- individual approach to each patient and creation of anatomically relevant splints, thus significant reduction of pain sensations;

- the ability to create splints separately for the front of the nasal septum;

- printing polymers that will not be removed in the body during the period required for treatment.

Thus, various modifications of intranasal tires will significantly facilitate the rehabilitation period for the patient, reduce the number of primary and distant complications, as well as, by reducing

the pressure on the reflex areas of the nasal cavity, will ease the overall somatic condition of the patient, reduce the risk of psyche disorders activities, as well as the fear of surgery. Individual split-system will help the patient to return to normal and natural physiological breathing.

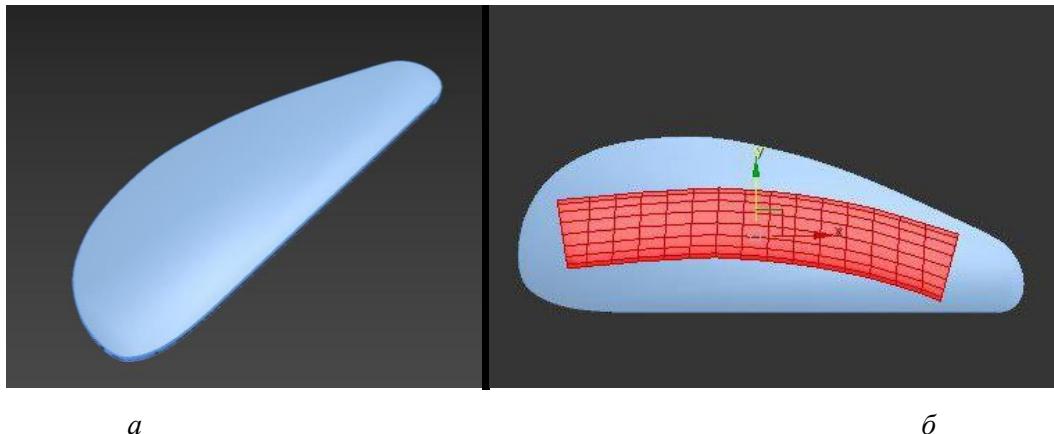


Fig. 3. Modeled (a) split base (b) split base with roller thickener for air passage

REFERENCES

1. Oleg G. Avrunin, Natalia O. Shushlyapina, Yana V. Nosova, Wojciech Surtel, Aron Burlibay, Maral Zhassandykyzy. Method of expression of certain bacterial microflora mucosaol factory area. Proc. SPIE 9816, Optical Fibers and Their Applications, 2015, 98161L (December 18, 2015), doi:10.1117/12.2229074.
2. Avrunin O.G., Nosova Y.V., Shuhlyapina N.O., Zlepko S.M., Tymchyk S.V., Hotra O., Imanbek B., Kalizhanova A., Mussabekova A., Principles of computer planning in the functional nasal surgery. Przegląd Elektrotechniczny 93(3)/2017, 140-143.
3. Image denoising with block-matching and 3D filtering / K. Dabov, A. Foi, V. Katkovnik, K. Egiazarian. – California USA, 2006. – 121 c.
4. Аврунин О.Г. Опыт разработки программного обеспечения для визуализации томографических данных / О. Г. Аврунин // Вісник НТУ «ХПІ». – 2006. – № 23.– С. 3-8.
5. Avrunin O. G. Research of laminar boundary layer influence of the air flow on the mucous membrane of the nasal cavity / O.G. Avrunin, Ya. V. Nosova, O. Gryshkov, B. Glasmacher, N. Shushliapina // 46 th ESAO Congress. The International Journal of Artificial Organs. - Hannover, Germany. - 2019, Vol 42 Number 8. - P. – 430
6. Avrunin O. Extended of Diagnostic Capabilities for the Rhinomanometry Method / O. Avrunin, N. Shuslyapina, J. Ivanchenko // Chapter 5.1 (315-321 p.) in Spatial aspects of socioeconomic systems' development: the economy, education and health care. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole. – Publishing House WSZiA, 2015. – 380 p.
7. Avrunin, O.G., Alkhoriayef, M., Saied, H.F.I., Tymkovych, M.Y. The Surgical Navigation System with Optical Position Determination Technology and Sources of Errors (2015) Journal of Medical Imaging and Health Informatics, Vol.5, 1-8, pp.689-696.
8. Avrunin O. G. Perspectives of the methods' developments for the functional diagnosis of nasal breathing / O. G. Avrunin, Y. V. Nosova, V. V. Semenets, N. O. Shushliapina, Ibrahim Younouss Abdelhamid // Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference. International Trends in Science and Technology. – RS Global Sp. z O.O. Warsaw, Poland. – 2018. – Vol.1 – C. 41-44.
9. Avrunin O.G. and Husham Farouk IS. Planning Method for Safety Neurosurgical and Computed Tomography Contrast-Data Set Visualization. Annals of Advanced Biomedical Sciences 2019, 2(1): 000115.
10. Rhinoseptoplasty, outcomes and perspectives / A. Zhuravlev, M. Kalashnik, O. Avrunin et al. // Folia otorhinolaringologica. – 2011. – Vol. 17. – №3. – P. 8-12.
11. The distribution of the velocity and pressure fields in the nasal cavity at different respiration modes / Ya. V. Nosova, O. G. Avrunin, N. O. Shushliapina, O. Gryshkov, B. Glasmacher // International Journal of Bioelectromagnetism. – 2018. – Vol. 20, No. 1 – P.68-71.
12. Approaches for modern rhinomanometry diagnostics with data mining support / Avrunin Oleg Grigorovich, Semenets Valerii Vasilyovich, Ibrahim Younouss Abdelhamid, Shushliapina Natalia Olegivna, Chygrinova Elena Arhipovna. // Proceedings of the Fourth International Conference of European Academy of Science. - Bonn. - 2019. - P. 38-39.
13. Skidanov, A., Avrunin, A., Tymkovych, M., Zmiyenko, Y., Levitskaya, L., Mischenko, L., & Radchenko, V. (2015). Assessment of paravertebral soft tissues using computed tomography. Orthopaedics, Traumatology and Prosthetics, 3, 61–64. doi:<http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872015361-64>
14. Construction of a statistical three-dimensional model of the human diaphragm on the basis of tomography findings / V. Dudenko, O. Avrunin, M. Tymkovych, V. Kurinnyi // German Science Herald. – 2017. – № 2. – P. 61–64. DOI:10.19221/201732

THE INFLUENCE OF ULTRASONIC TREATMENT ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF EPOXY COMPOSITES MODIFIED WITH FINE POWDER OF TITANIUM OXIDE

*Doctor of technical science Petro Savchuk,
Doctoral candidate Dmytro Matrunchyk,
Ph.D in Technical Science Vitalii Kashytskyi,
Ph.D in Technical Science Oksana Sadova,
Ph.D in Technical Science Iryna Moroz*

Ukraine, m. Lutsk, Lutsk national technical university

Abstract. *The use of physical modification of the structure of epoxy composites by ultrasonic treatment of compositions at the stage of mixing of components is substantiated. The results of investigations of the properties of epoxy composites with different degree of filling of the system under the influence of high-frequency ultrasonic vibrations are presented. The influence of the degree of filling of the system and the duration of the ultrasonic treatment of the compositions on the adhesive strength, compressive strength and impact energy of epoxy composites were analyzed. The optimal duration of exposure of compositions under the influence of ultrasonic vibrations is determined. The positive effect of ultrasonic treatment on the structure and properties of epoxy composites filled with fine powder of titanium oxide is proved. The content of titanium oxide powder in the epoxypolymer matrix is optimized, that provides the mechanical characteristics of epoxy composites. Developed epoxy composites should be used as a protective coating of equipment that is exposed to corrosive environments.*

Keywords: *epoxy composite, adhesion strength, compressive strength, impact energy, ultrasonic treatment.*

Introduction. Nowadays improvement of polymeric materials consists not only in the development of the chemical composition of new polymers, but in most cases in the modification of the structure of "classical" polymers. The modification is to change the structure and, accordingly, the properties of the polymer at different levels of the technological process. The purpose of the modification is to improve the technological, mechanical and operational properties of polymers: increasing the viability, reducing the viscosity, increasing the strength, thermal, bio- and chemical resistance, increasing the dielectric properties, reducing the flammability. Depending on the nature of the external influence, the modification methods are divided into chemical, physico-chemical and physical. The most technological are the physical modification methods: heat treatment, modification by ray-methods, periodic deformation, polymer processing in electric and magnetic fields. Physical modification can be carried out at various stages of production, processing and application of polymers: during synthesis, at the stage of processing the polymer into a product, during processing of the finished material or during its operation. Combining physical modification with chemical or physico-chemical methods modification of polymers is quite effective [1-4].

Among the methods of modifying the structure and improving the properties of polymers based on reactoplasts, the formation of polymer composite materials under the influence of external energy fields is relevant. However, the regularities of the influence of external factors on the mechanisms of structure formation in composites with highly dispersed fillers have not been sufficiently studied. The use of external fields lead to an increase the temperature of the binder, which significantly reduces its viscosity. Accordingly, the polymeric binder better fills in the irregularities and defects on the surface of the particles, which is a prerequisite for the formation of stronger bonds between the polymer and the solid phase. The treatment of the compositions by physical fields at the mixing stage promotes an even distribution of the components in the volume of the composition by increasing their mobility. Physical fields operate at the substructure level; they change the conformational set of molecules, which allows forming optimal parameters of the spatial grid of the polymer matrix. As a result, there is an increase in the physical and mechanical and operational characteristics of polymer composite materials and protective coatings [5].

Among the wide range of existing polymers, epoxy resins, which due to their high adhesion and processability, are widely used in the technique for forming the epoxy composite products or coating [4],

occupy a significant place. These epoxy resins are convenient for the introduction of additives and physical modification of the structure at the stage of molding products. In particular, a significant impact on the structure and properties of epoxy materials is their modification by ultrasonic treatment [1, 6]. Under the influence of ultrasound, the conditions of homogenization of the mixture, its viscosity, relaxation time and kinetics of structuring of epoxy composites change. Ultrasonic treatment allows increasing the deformation-strength and adhesion characteristics of epoxy composites, to reduce the residual stresses, to increase the durability and to significantly reduce the structuring time of the system.

In [7] it is shown that additional complex treatment of epoxy compositions at the stage of obtaining contributes to their structuring due to a more even distribution of structural components, activation of interface interaction and reduction defects of system. This allowed to increase the degree of structuring ($G = 95.7\%$) of the epoxy composite due to the formation of additional crosslinking sites between the active groups on the filler surface and the functional groups of the epoxy matrix.

In [8] the basic physical and chemical principles of formation of composite materials on the basis of epoxy resins are considered. The authors propose a new approach and substantiate the positive effect of complex ultrasonic treatment at the stage of formation of composite due to activation of the epoxy composition separately by ultrasonic. It is established that the use of this treatment with the subsequent introduction of the hardener in the epoxy oligomer increases the adhesion strength and cohesion strength, as well as the modulus of elasticity of the epoxy composite materials. However, the effect of ultrasound on the formation of epoxy composites in the case of treatment of a composition containing fillers has not been investigated.

In [9], the optimal mode of ultrasonic treatment was determined, in which the physical and mechanical and thermophysical properties of the anticorrosive epoxy composites, containing nanodispersed fillers, were increased. It is established that the optimal total duration of ultrasonic treatment of a composition with nanodispersed particles ($q = 0.05$ wt. %) is $\tau_t = (1.0 - 1.5) \pm 0.1$ min, and the pulse duration is $\tau_p = 10$ s. The total treatment time and the duration of the ultrasonic treatment of composition are the main factors that provide an increase in the adhesive and cohesive strength of the anticorrosive epoxy composites. However, the work did not investigate the structuring processes of epoxy composites, the compositions of which are processed ultrasound without a hardener.

In [10] investigated the effect of a low-frequency alternating magnetic field on the impact energy, heat resistance, modulus of elasticity, and flexural strength of the epoxy composite samples containing ferromagnetic filler. It has been found that the treatment with a low frequency alternating magnetic field of epoxy polymer compositions allows increasing by 4 – 5 % heat resistance of epoxy composites. The mechanical characteristics of epoxypolymers and epoxy composites are increased by 40-60 %. It is established that at the optimum processing time (60 min), the maximum effect is achieved at an alternating magnetic field frequency of 20 – 300 kHz. The paper determines that magnetic induction has the greatest influence on enhancing the cohesive characteristics of epoxy composites, the compositions of which were treated in a magnetic field. However, the influence of the magnetic field on the structuring of epoxy composites containing paramagnetic or diamagnetic fillers has not been investigated.

In [11, 12] it was found that the introduction of metal oxides powders contributes to the growth of the dynamic modulus of elasticity. The action of constant physical fields contributes to the reduction of the dynamic modulus of elasticity due to the ordering of the structure and the compaction of macromolecules of the matrix and filler particles in the epoxy composites. The use of external physical fields allows to change the plastic deformation capacity of epoxy composite materials from 5 % to 15 % and to reduce the degradation temperature by 50 K.

In [13], the positive effect of the treatment of compositions in physical fields on the increase in the resistance to cracking of epoxy composite coatings under the influence of the alternating temperature from -40°C to $+60^{\circ}\text{C}$ was confirmed. This treatment provides a uniform distribution of the filler in the composite material, improving the wetting of fine particles by surface activation. This improves the interphase interaction, reduces the residual stresses in the system, which greatly expands the temperature range of the use of the protective polymer composite coatings. However, the influence of physical fields on the structuring processes of epoxy composites filled with particles of different granulometric composition.

The purpose of this work is to optimize the composition of epoxy composites filled with fine powder of titanium oxide, the compositions of which are processed in physical fields at the stage of mixing components.

Research methods. Used epoxy resin ED-20 (GOST 10587-84), which is a high viscosity transparent liquid. The mass fraction of epoxy groups is 20.0 – 22.5 %. The mass fraction of volatile substances is 0.2...0.8 %. For curing epoxy polymer coatings polyethylenepolyamine – PEPA (TU 6-02-594-70) was used.

As a filler used fine powder of titanium oxide (TiO_2). Titanium oxide powder is prone to the formation of agglomerates in the air, which complicates the use of this filler. Agglomeration consists in the formation of new particles due to the aggregation of a certain number of primary particles. Agglomeration may result in partial or complete coalescence [14]. Aggregation increases the effective particle size, which is not a desirable phenomenon when forming a homogeneous structure of the composite.

Adhesive strength of epoxy composites was determined according to GOST 14759-69. The test material was applied to the end face of the tapered projection bars at the site of self-centering grips. The studies were performed on a breaking machine UMM-5 with a traverse speed of 2 mm/min.

The compressive strength was determined according to GOST 4651-82. Samples in the form of cylinders with a diameter of 10 ± 0.5 mm and a height of 15 mm were compressed with a traverse speed of 2 mm/min.

Impact energy was determined according to GOST 4647-80. Samples of rectangular shape with a square cross section of 10×10 mm and a length of 60 mm were subjected to dynamic loading on a pendulum impact machine with a charging angle of 160° .

The formation of the samples was to obtain a homogeneous composition, which included the necessary components. Depending on the samples volume, the quantitative content of the components in weight fraction is calculated at 100 wt. % of ED-20 epoxy resin. The formation of the epoxy composite material began with the dosing of the components, their stepwise introduction and mechanical mixing. To ensure a homogeneous structure of epoxy composites, their compositions were treatment by ultrasonic or magnetic field. The processing time was 5 min or 10 min. The formed composition was poured into special forms.

Research Results. It has been experimentally established that ultrasonic treatment of compositions with duration of 5 min increases the adhesive strength of epoxy composite materials (Fig. 1) filled with titanium oxide powder. The highest adhesive strength of 14.8 MPa was obtained for epoxy composite material containing 8 wt. % titanium oxide powder. The increase in the adhesion strength is due to the formation of a homogeneous system due to the intensive mixing of the components [12], which contributes to their even distribution in the volume of the composite. This results in better wetting of the filler particles due to the destruction of the agglomerates and the penetration of macromolecules of the epoxy polymer matrix into depressions, pores or cracks on the particles surface [7]. Ultrasonic treatment intensifies the degassing processes in the epoxy matrix, which contributes to the formation of defect-free products, especially when receiving high-filled systems with a high content of gas inclusions and high viscosity of the composition [13]. Removal of gas inclusions leads to an increase in the temperature of the system due to its heating by the absorbed energy of the physical field.

Ultrasonic radiation has little effect on the epoxy polymer system without fillers, which is confirmed by the low adhesive strength (11.3 MPa) for the epoxypolymer. This is due to the fact that the destruction of the adhesive layer occurs in the volume of the epoxypolymer. The cohesive strength of the epoxypolymer is lower than that of the filled system, the composition of which was processed with ultrasonic, which provided a better interaction between the components of the system. As the content of the filler increases, the adhesive strength increases, as the number inclusions of solid phase growing, which provides the formation of additional chemical bonds in the volume matrix.

It's investigated that increasing the duration of treatment to 10 min reduces the adhesive strength of epoxy composites by 11 – 15 %. This is because the prolonged ultrasonic influences intensify the structuring processes of the epoxy composite system, and, therefore, increase the residual stresses due to the uneven distribution of chemical bonds in the volume of the polymer matrix.

The fracture surfaces of adhesive layer of a low-filler epoxy composite (4 wt. %), the compositions of which were treated with ultrasonic for 5 min, contain coating fragments that are uniformly located on both parts of the face surface of the steel specimens (Fig. 2a). This indicates that the epoxy composites have a high adhesive strength, since this content ensures the formation of a homogeneous system. The level of residual stresses is low due to the uniform distribution of filler particles and the absence of stress concentrators at the phase interface.

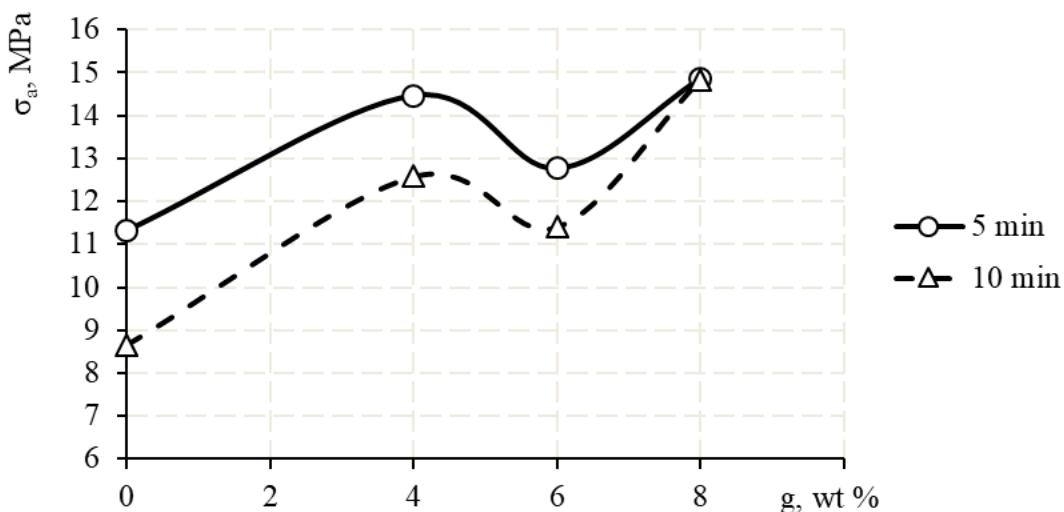


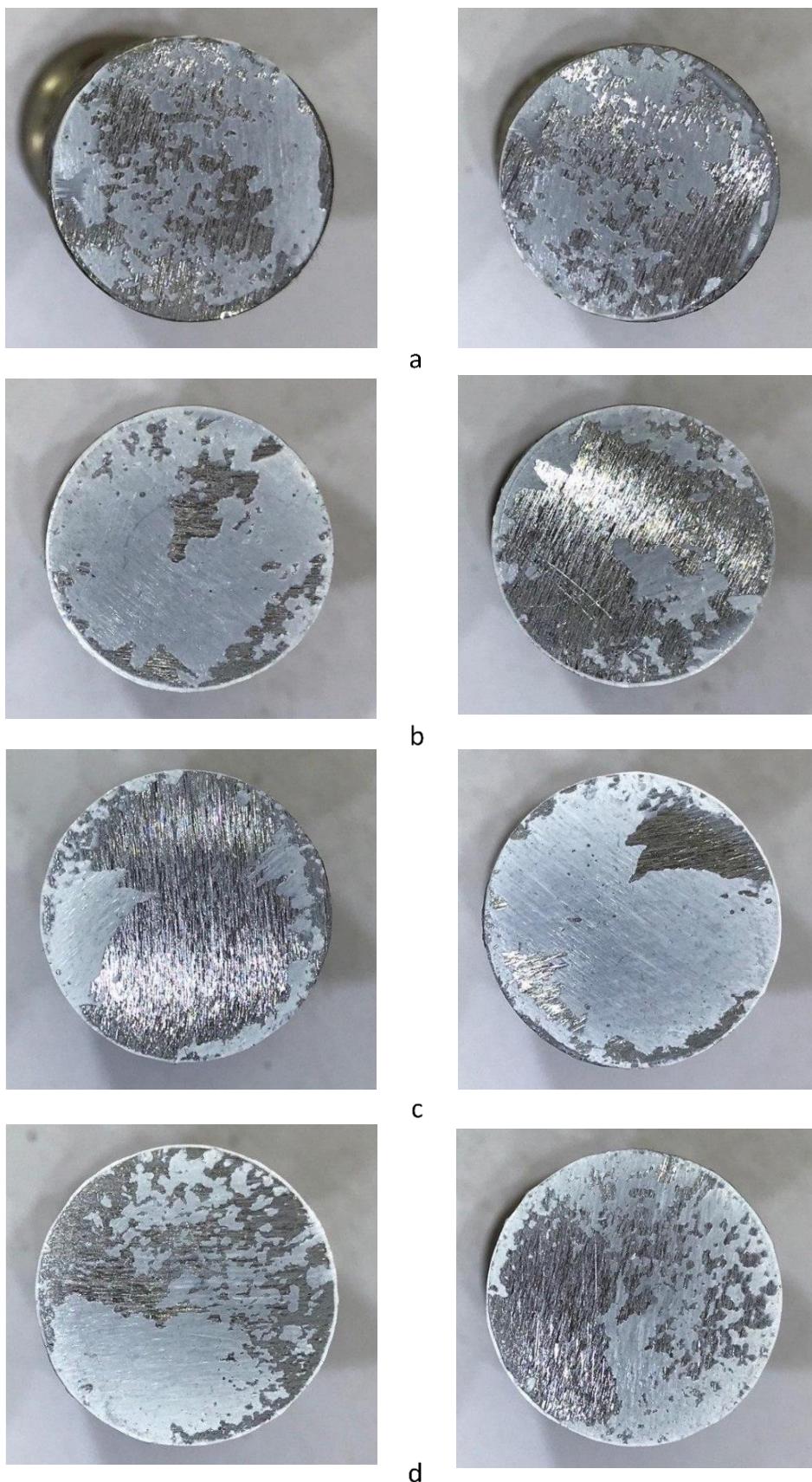
Fig. 1. The dependence of the adhesive strength of epoxy composites filled with titanium oxide powder from the mode of ultrasonic treatment of the composition

The surface of destruction of the adhesive layer of epoxy composites, the compositions of which were treated with ultrasonic for 10 min, occupies a much larger area of the epoxy composite coating on one face surface than on the other (Fig. 2b). This is due to the fact that the adhesive strength of epoxy composites is lower due to the excess processing time. Long-term ultrasonic treatment cause intensive structuring of epoxy composites, since the composition includes a hardener that begins to form chemical bonds with epoxy macromolecules. High-frequency ultrasonic vibrations cause the composition to heat up and increase the mobility of the macromolecule segments, resulting in the formation of chemical bonds at the concentration points of the macromolecule segments with the active groups. This type of structuring has a local and non-uniform nature, which leads to an increase in the level of residual stresses.

In the case of treatment of a composition, containing 8 wt. % of aluminum oxide powder, for 5 min the fracture surface of the adhesive layyr has a more pronounced adhesive nature, since on one face surface of the sample there is a larger part of the coating than on the other (Fig. 2, c). This means that the treatment time of 5 min is not sufficient to obtain a high degree of homogeneity of the system, since this composition has a higher content of fine filler, which is capable of forming agglomerates. These clusters of particles cannot be completely wetted by epoxy polymer binder, as a result, covalent bonds between each powder particle and the polymer matrix are not formed. The voids between the particles are defects in the polymer composite material and act as a source of microcrack formation.

The duration of ultrasonic treatment for 10 min of the composition containing 8 wt. % provides a more even distribution of the epoxy composite coating on the two face surface of the steel samples (Fig. 2, d). This is due to the fact that longer ultrasonic treatment of the composition causes the destruction of agglomerates and provides a more uniform distribution of disperse particles in the polymer matrix, increases the wettability of the particles by epoxy polymer binders, improves the interaction on the phase separation surface and promotes the formation of hydrogen bonds between the hydroxyl groups of the composition components.

In the case of low filler content (2 – 4 wt. %), no significant increase in strength of epoxy composites treated with ultrasonic (Fig. 3). This is due to the insufficient content of the particles that perform the reinforcing function. It should be noted that the ultrasonic treatment of the compositions for 10 min leads to a slight increase in this characteristic. Obviously, a longer ultrasonic treatment ensures the destruction of agglomerates and improves the interaction between the components. The compressive strength of epoxy composites, the compositions of which were treated with ultrasonic for 5 min, increases by 14-17 % in the case of the introduction 6-8 wt. % of titanium oxide powder compared to unfilled epoxy polymer and is 66.3 MPa and 68.5 MPa, respectively.



*Fig. 2. View of the destroyed surface of glue connection of epoxy composites, filled with titanium oxide powder with ultrasonic treatment of composition:
a – 5 min, 4 wt. %; b – 10 min, 4 wt. %; c – 5 min, 8 wt. %; d – 10 min, 8 wt. %*

Increasing the duration of ultrasonic treatment up to 10 min improve by 7 – 8 % compressive strength of epoxy composites containing 4 – 6 wt. % of powder. The low filler content is easier to distribute in the epoxy polymer matrix and to obtain a more uniform structure due to the influence of ultrasonic vibrations. However, low content does not provide a significant increase in strength, since the number of particles is insufficient to form a structure that can resist compressive loading.

Compared to studies on adhesive strength, a longer treatment of the compositions over 10 min reduces the strength of the epoxy composites in the case action of tensile loads. This is due to the fact that epoxy systems are more sensitive to fracture during stretching. Prolonged ultrasonic treatment results in residual stresses that cause cracks with smaller tensile loads. In the action of compressive loads, the presence of stress is not critical for the occurrence of cracks in the epoxy composite, since in this case, compensation for alternating stresses is provided, which increases the compressive strength in the case of treatment of the composition for 10 min.

Epoxy composites, the compositions of which were treated ultrasonic for 10 min, have the highest compressive strength (72.4 MPa). The introduction 8 wt. % of titanium oxide powder in the epoxy matrix provides increase in the compressive strength by 20 %. Increasing the time of ultrasonic treatment allows you to get more disperse particles, since high frequency oscillations during the optimum processing time are able to separate the particles from the formed agglomerates and provide a higher homogeneity of the epoxy system. Also in the process of ultrasonic treatment is the removal of the air inclusions from the composition and a less defective structure is formed that is capable of resisting higher compressive loading.

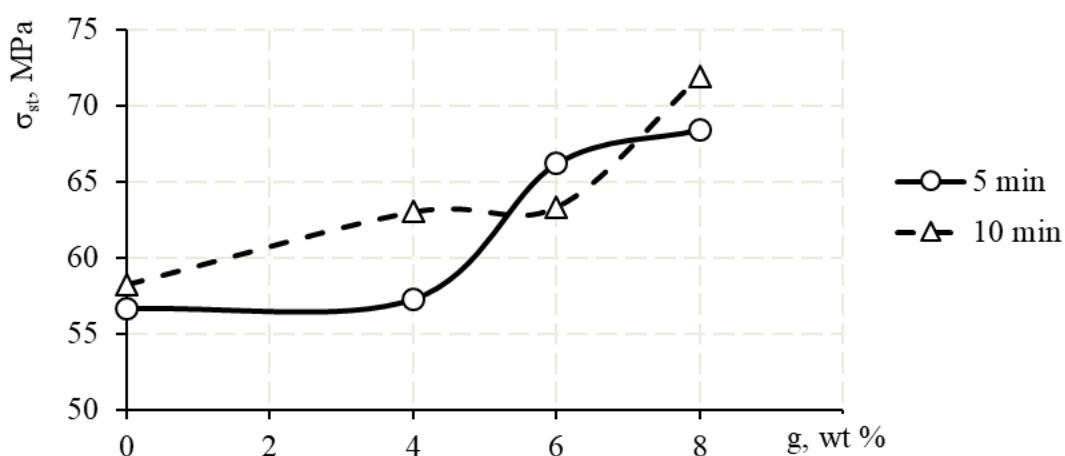


Fig. 3. The dependence of the compressive strength of epoxy composites filled with titanium oxide powder from the mode of ultrasonic treatment of the composition

For epoxy composites, compositions of which were treated ultrasonic, higher impact energy values were obtained compared to untreated epoxy composite materials [15]. The impact energy of unfilled epoxy composites, compositions of which were treated ultrasonic for 5 min, remained virtually unchanged (6.7 kJ/m^2) compared to the untreated materials (6.5 kJ/m^2). By increasing the duration of treatment of the compositions to 10 min there is a decrease of this characteristic by 20 %.

The impact energy of epoxy composites, the compositions of which are treated by ultrasonic for 5 min, increases by 22 – 25 % when the introduction 4 wt. % of titanium oxide powder compared to unfilled epoxypolymers (Fig. 4). The maximum value of impact energy is 8.6 kJ/m^2 . This indicates the optimum content of the filler in the epoxy polymer matrix. Accordingly, after ultrasonic treatment, the particle aggregates of the filler are broken down, followed by their even distribution in the epoxy polymer matrix and formation of the structure of epoxy composite with the low stressed. The impact energy of epoxy composite materials containing 6 wt. % of titanium oxide powder decreases sharply 2 times compared to epoxy composites containing 4 wt. % of filler.

The lowest values of impact energy were obtained for epoxy composites with a filler content of 8 wt. %, that indicating the excess content of the filler in the epoxy polymer matrix. In this case, ultrasonic treatment for 5 min does not provide efficient separation of aggregates of filler particles, which increases the defective of structure of the epoxy composite. The results of the study of the

impact energy of the low-filled epoxy composites (2 – 4 wt. %) correlate with the previous results of studies of adhesive strength and compressive strength, which confirms the positive impact of ultrasonic treatment at the optimal duration of 5 min.

The highest values of impact energy (5.3 kJ/m^2) have unfilled epoxypolymers compared to filled epoxy composites, the compositions of which were treatment ultrasonic for 10 min. Impact energy of epoxy composites containing 4 – 8 wt. % titanium oxide powder reduces, as there is local structuring, which leads to an increase in stress state of the system.

The content of titanium oxide powder in the amount of 6 wt. % provides a slight increase in impact energy by optimizing the structure, when there is dominance of the content of discrete particles, the number of which has increased due to ultrasound treatment, over the degree of the stress state of the epoxy system. The increased duration of ultrasonic treatment gives a positive result for epoxy composites that perceive compressive loads, leading to the destruction of particle agglomerates. However, for epoxy composites exposed to dynamic loads, the increased duration of ultrasonic treatment leads to rapid destruction of the material due to the growing in the residual stresses in the system.

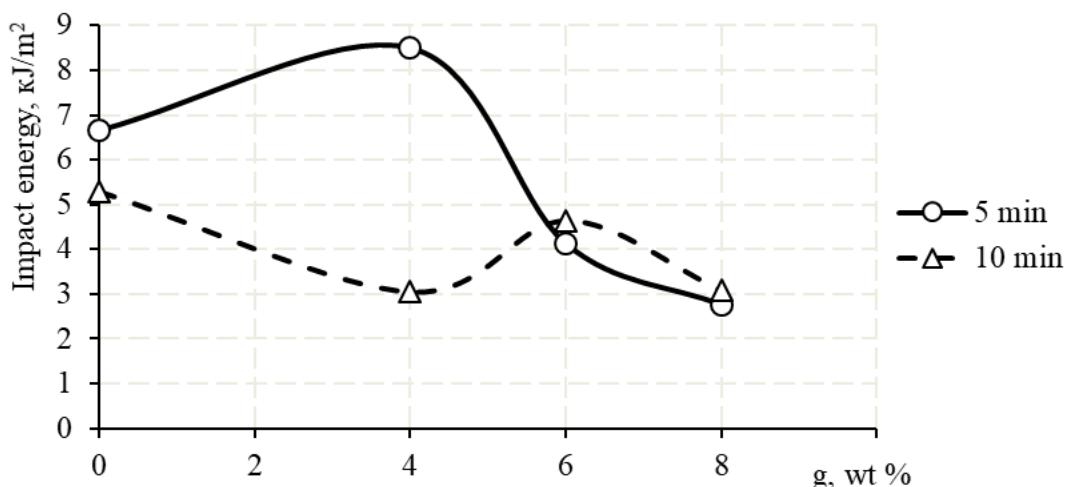


Fig. 4. The dependence of the impact strength of epoxy composites filled with titanium oxide powder from the mode of ultrasonic treatment of the composition

Conclusions. It is advisable to use ultrasonic treatment for epoxy compositions containing fine dispersed fillers, since high-frequency oscillations contribute to the destruction of particles agglomerates with high surface energy. In unfilled epoxypolymers, the macromolecule segments of the epoxy resin and hardener begin to oscillate under the influence of ultrasonic, which intensifies the formation of chemical bond. In the case of prolonged processing for more than 10 min, there is an increase in the residual stresses, which reduces the mechanical characteristics of epoxypolymers.

Increasing the duration of exposure to ultrasonic radiation up to 10 min is effective in the case of treatment of the composition containing of 6 – 8 wt. % of filler, which ensures the stability of the epoxy composite to plastic deformation and destruction under the influence of compressive loads. There is increase in the compressive strength of epoxy composites by 20 % due to the formation of additional bonds between the components of the system and the presence of a stronger phase compared to the epoxy polymer matrix. In this case, a long treatment (10 min) is necessary to convey sufficient energy for the composition. This ensures destruction of the agglomerates and the uniform distribution of the filler particles in the volume of the polymer matrix. Ultrasonic treatment reduces the degree of defective of structure of epoxy composites by removing the air inclusions that are trapped during mechanical mixing of the composition components.

The optimum content of titanium oxide powder is 4 wt. %, since the impact energy of epoxy composites, which are treated with ultrasound for 5 min, increase by 20 – 25 % compared to unfilled epoxy polymers. There is a uniform distribution of disperse particles in the epoxy polymer matrix and the formation of the structure of the epoxy composite with low stress state.

REFERENCES

1. Kolosova O.P., Vanin V.V., Kolosov O.Ye., Siveczkyj V.I. Ultrazvukova obrobka texnologichnoyi syrovyny polimernykh kompozycijnykh materialiv: navchalnyj posibnyk [elektronne vydannya] dlya pidgotovky aspirantiv, yaki navchayutsya za specialnistyu «Galuzeve mashynobuduvannya» / O. P. Kolosova, V. V. Vanin, O. Ye. Kolosov, V.I. Siveczkyj. – K.: KPI imeni Igorya Sikorskogo, 2017. – 188 s.
2. Vilenskyj V.A., Kercha Yu.Yu., Gliyeva G.E., Ovsyankina V.A. Vysokomolekulyarni spoluchennya Ser. A. -2005. – 47, # 12. – S. 2130-2139.
3. Kochervinskyj V.V. // Vysokomolekulyarni soedynenyya. Ser. A. – 1991. – 33, # 10. – S. 2106-2114.
4. Buketov A.V., Stukhlyak P.D., Kalba Ye.M. Fizyko-khimichni procesiyi pry formuvanni epoksykompozytnykh materialiv. – Ternopil: Zbruch. 2005 – 182 s.
5. Examining the effect of physical fields on the adhesive strength of protective epoxy composite coatings / V. Kashytskyi, P. Savchuk, V. Malets, Y. Herasymyuk, S. Shchelhov. – Eastern-European Journal of Enterprise Technologies ISSN 1729-3774 3/12 (87) 2017. [DOI: 10.15587/1729-4061.2017.103128]
6. Chykhira I.V. Rozrobka epoksydnykh kompozytnykh materialiv dlya pokryttiv, modyifikovanykh ultrazvukovym polem: dys... kand. texn. nauk: 05.02.01 / Ternopilskyj derzh. tekhnichnyj un-t im. Ivana Pulyuya. – T., 2007. – 206 s.
7. Savchuk P.P., Kostornov A.G., Kashytskyi V.P. Vplyv texnologichnykh parametriiv na vlastyvosti epoksydnykh kompozycijnykh materialiv. – Visnyk Prykarpatskogo nacionalnogo universytetu imeni Vasylja Stefanyka. Seriya "Khimiya". – # 6. – 2008. – S. 56-64.
8. Buketov A. V. Vlastyvosti modyifikovanykh ultrazvukom epoksyplastiv: monografiya / A. V. Buketov, P. D. Stukhlyak, I. V. Chykhira; Kherson. derzh. mor. in-t, Ternop. nacz. texn. un-t im. I. Pulyuya. – T.: Krok, 2011. – 201 s.
9. Vplyv ultrazvukovoyi obrobky na mekhanichni i teplofizychni vlastyvosti epoksydnykh nanokompozytiv. A.V. Buketov, O.O. Sapronov, M.V. Brayilo, V.L. Aleksenko. – Fizyko-ximichna mekhanika materialiv. – 2013. – 5. S. 126-132.
10. Stukhlyak P.D. Fizyko-mekanichni vlastyvosti epoksykompozytiv, obroblenykh zminnym magnitnym polem nyzkoyi chastoty / P. D. Stukhlyak, V. V. Kartashov // Rozvidka ta rozrobka naftovykh i gazovykh rodoviyshch. – 2011. – #2. – S. 49-53. – [Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/rrngr_2011_2_8]
11. Bardadym Yu. V., Vilenskyj V. O. Vplyv fizychnych poliv na teplofizychni i dielektrychni vlastyvosti epoksydnykh kompozytiv / Yu. V. Bardadym, V. O. Vilenskyj // Fizyka i khimiya tverdogo tila. – 2016. – T. 17, # 4. – S. 533 – 539.
12. Vilenskyj V. O. Vplyv vlastyvosteji napovnyuvachiv oksydiv metaliv na dynamichno-mekhanichni kharakterystyky mezokompozytiv, sformovanykh u postijnykh fizychnykh polyakh / V. O. Vilenskyj, Yu. V. Bardadym, M. G. Tkach // Naukovi visti NTUU KPI. – 2015. – # 6. – S. 87 – 94.
13. Kashytskyi V.P. Termocyklichna ta korozijna stijkist epoksykompozytiv modyifikovanykh u fizychnykh polyakh / V.P. Kashytskyi, V.M. Malets, S.M. Shcheglov // Visnyk Nacionalnogo tekhnichnogo universytetu «KhPI». Seriya "Mexaniko-texnologichni sistemy ta kompleksy". – #49(1221). – Kharkiv: NTU «KhPI», 2016. – S. 12-17.
14. Spravochnyk khymika 21. [Rezhym dostupu: <https://chem21.info/info/4280/>].
15. Savchuk P.P. Adgezijna micznist modyifikovanykh zakhysnykh epoksykompozytnykh pokryttiv napovnenykh vysokodispersnymy poroshkamy oksydiv metaliv / P.P. Savchuk, V.P. Kashytskyi, I.A. Moroz, O.L. Sadova, D.M. Matrunchyk // Progresyvni texnologiyi u mashynobuduvanni. Materialy IX mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferenciyi, 3-7 lyutogo 2020 r., Lviv-Plaj. – Lviv. – S. 95-98.

THE LABORATORY METHOD FOR DETERMINING THE BURSTING PRESSURE OF COAL AND COAL BLEND AT THE DURING COKING

K.t.s. Sytnik A. V.

Ukrainian State Coal-Chemistry Institute, Kharkov, Ukraine

Abstract. In the process of operating coke ovens various loads influence a blast-furnace masonry. They lead to the gradual destruction of the masonry. It is generally accepted that the most destructive effect on the cladding of furnace chambers is the excessive pressure of bursting of coked coal charges. Dynamic loads from the falling stream of the charge during loading of furnaces are also quite dangerous. Due to such unbalanced, transverse pressure on the walls of the chambers coking, which starts when the batch is loaded and continues during the development of the burst pressure when coking, the deflection of the heating wall occurs, and it leads to its destruction. In the article, the method has been given for determining the bursting pressure of a coked coal load, which makes it possible to control this value, in order to ensure the safety of the masonry of oven walls of coke ovens.

Keywords: coal, coal charge, the process of coking, plastic mass, bursting pressure.

Introduction. The modern technological process of blast-furnace production puts forward high requirements to the quality of coke, as it is the main costly component of the blast furnace charge. It is known that the quality of domain coke is influenced by two groups of factors. The first of them is related to the properties of the processed raw materials (coals and charge), and the second one is related to the coking mode and the post-furnace coke treatment (quenching, sorting, etc.). This fully applies to the mechanical "cold" strength of coke. Taking into account the fact that all over the world there are requirements for the "hot" strength of coke, determined by the indicators of CRI and CSR (18894 Coke - Determination of coke reactivity index (CRI) and coke strength after reaction (CSR)) by the method of Nippon Steel Corporation (Japan), and the quality of coke is determined mainly by the quality of the coal charge used in the coking feedstock. Coals are increasingly used to produce high-quality coke with $CRI \leq 30\%$ and $CSR \geq 70\%$ [1]. Studies have shown that these coals are characterized by high bursting pressure, which has a destructive effect on the masonry of the oven walls of coke oven batteries. In this regard, it is necessary to monitor the exponential pressure of the coal blends used for the coking process continuously. The extension of the working service of coke ovens is the main task, and in this respect, the selection of coal concentrates with normal, i.e. a safe bursting pressure for the preparation of charge is urgently needed to ensure the integrity of the masonry walls of the furnaces. Since reliable methods for determining the magnitude of bursting pressure, at least in Ukraine, do not exist, we have set the goal of solving this problem ourselves.

Taking into account the availability of several technologies for the coke production in the production process – charge loading in the furnace in bulk and using the technology of ramming the charge, the method for determining the pressure of the batch is to be unified, i.e. allow to determine in one apparatus the pressure of the expansion of both bulk and tamped charge (coals). In the work [2], the authors give an overview of the known methods for determining the bursting pressure in experimental semi-industrial and laboratory furnaces. They make it possible to determine the bursting pressure of both bulk and tamped charges. However, charge loading in semi-industrial furnaces is 200–300 kg, and it results in a long duration of the determination, the unwieldiness of the instrumentation, the high cost of maintaining such an installation, and, consequently, the cost of one determination of the bursting pressure.

Experimental. To study the coal pressure and charge extrusion in Ukrainian State Coal-Chemistry Institute, we have developed a universal laboratory setup, depicted in Fig. 1. It makes it possible to determine the value of the bursting pressure for the bulk and tamped method of loading coal (charge) [3-4]. Its design is protected by the patent of Ukraine [5], the results obtained allowed to develop, agree, approve in accordance with the established procedure and put into operation from 01.01.2018 DSTU 8724:2017 Coal and charge based on it. It is the method for determination of bursting pressure that occurs while coking.

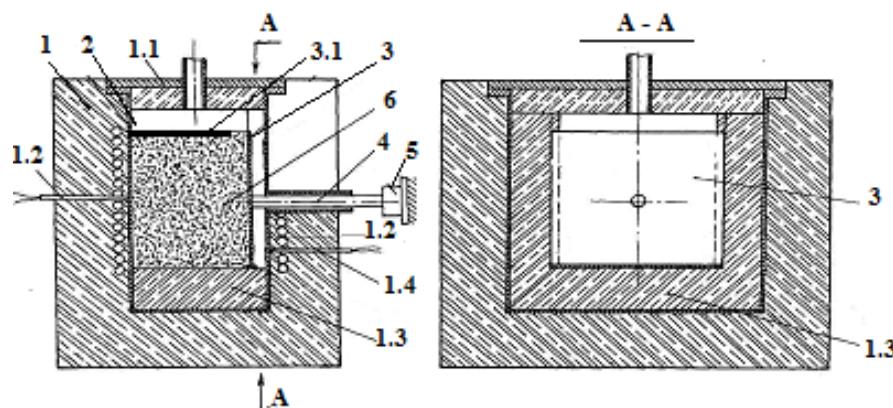


Fig.1. Unified furnace for determining the bursting pressure of tamped and bulk coal loading:
 1 - electric furnace; 1.1 - an adiabatic cover with a gas bleeding branch pipe; 1.2 - electric heaters;
 1.3 - thermal insulation; 1.4 - thermocouple; 2 - metal retort; 3 - stee plate l; 3.1 - steel perforated plate; 4 - quartz rod; 5 - pressure sensor; 6 - coal loading

The method consists in two-sided heating of the retort with coal loading at a given temperature, the sample parameters are given in Table 1, and the measurement of the bursting pressure by means of a piezoelectric pressure sensor in the range from 1 kPa to 70 kPa. The total time for determining the bursting pressure together with the preheating of the electric furnace to the set temperature is 4 hours.

Table 1. The parameters of the coal sample loaded into the retort

Loading	Loading weight, g	Mass fraction of particles by size <3 mm, %	Humidity of a coal sample (charge), %	Load density, g/cm ³
In bulk	600 ± 2	80 ± 3	10 ± 0,2	0,80 ± 0,01
Stamped	740 ± 2	90 ± 2	11 ± 0,2	1,13 ± 0,01

With two-sided heating of the coal loading, the peak of the bursting pressure (maximum) occurs at the moment of the merging of the plastic layers moving towards the heating walls from the axial plane. Such peaks are especially characteristic of coals or batch materials with high values of bursting pressure. With one-sided heating of the charge, there is no such peak, the pressure increases monotonically to the maximum value, and then begins to decrease.

Results and discussion. The conducted researches made it possible to simulate the process of coke formation, in such a manner that in the furnace chamber the coal charge is in different phases of thermal transformations, when the layer of initial coal coexists simultaneously (along the axial plane of the furnace), then in the direction of the heating wall, the plastic layer (the temperature range 330–510 °C) and a layer of semi-coke that passes into coke (Fig. 2).

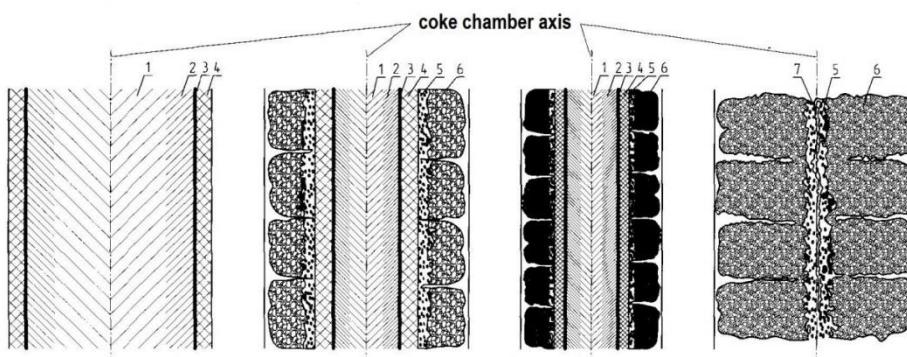


Fig. 2. shows a scheme of matter layers distribution in the load along the width of the coking chamber: 1 - moist coal (20 °C); 2 - dry coal (200 °C); 3 - coal in the softening state - swelling (330 °C); 4 - hardening of the softened mass (510 °C); 5 - semi-coke (600 °C); 6 - coke (900 °C); 7 - shrinkage seam along the axis of the chamber.

The pressure of the pyrolysis gases formed in the plastic layer is transferred from one side to the initial coal charge, and on the other to the formed layer of coke, which adjoins the heating wall. The pressure exerted on the charge loaded with the bulk results in an insignificant densification of the layer adjacent directly to the "cold" side of the plastic layer. In the case of a tamped charge compacted to high densities, this phenomenon does not occur, and all pressure of the vapor-gas products of the plastic layer is transferred through the coke layer to the heating wall.

The mechanism of development of the bursting pressure is the following: coal loading 2 at the boundary with the plastic layer 3 is initially a layer of slightly expanded grains and it smoothly passes (toward the heating wall) into a layer of maximally expanded grains. Swelling of coal grains occurs as a result of destruction of macromolecules of coal matter with the release of gaseous products. Acquisition of fluidity by the coal matter as a result of destruction of rigid bonds between macromolecules and their fragments and accumulation of gaseous products in the coal grain leads to its swelling. As the temperature rises, the swelling of the grains increases, the porosity between them decreases, the grains crumble into each other. Sealing a layer of softened expanded grains from the "cold" side of the plastic layer creates a barrier that hinders the vapor-gaseous products from leaving the plastic layer. The plastic layer includes a layer of maximally expanded merged grains, this layer is formed as a result of rupture of the surface of the carbon grains and the release of the substance of coal that has passed into the liquid-mobile state. Later this layer passes into the foamed layer as a result of accumulation in it of a large quantity of vapor-gaseous products. As a result of the mass transfer of the coal substance from this layer towards the heating wall, a compacted layer of plastic mass is formed which, with a further increase in temperature, is converted into semi-coke 5, and then to coke 6, which is a solid porous substance. The barrier for the release of continuously generated gases from the plastic layer on the "hot" side is a compacted semi-hardened layer of plastic mass, characterized by low porosity. Semi-coke and coke as a result of further temperature transformations acquire a sufficiently high porosity (40–45 %), notably about 80 % of these pores being communicating, and therefore sufficiently gas permeable. The strength of semi-coke and coke is high enough for them to transfer pressure from the plastic layer to the heating wall. Thus, on the one hand a layer of softened swollen fused carbon grain prevents the free release of vapor-gaseous products from the plastic layer and on the other hand it is a layer of the primary semi-coke. The stronger and less gas-permeable these layers, the higher the gas pressure develop in the plastic layer, which is transferred through the semi-coke and coke to the heating wall. It should be noted that the rate of gases formation in the plastic layer is not a determining factor for the development of a large bursting pressure. This is confirmed, for example, by the fact that coals with the release of volatile substances 40 % develop a bursting pressure of the order of 2.5–4.0 kPa, while coals with $V^{\text{daf}} = 25\%$ – up to 20 kPa. The main condition is the gas tightness of the barriers on the "cold" and "hot" side of the plastic layer. Thus, the development of a particular magnitude of the bursting pressure is associated with the structure of the plastic layer, the properties of the plastic mass and the character of the coke formation.

After the test has been completed, the heating of the furnace is turned off, and the retort is left for another three hours for thermal aging of the coke. After that, the retort, already cooled to $\sim 300\text{ }^{\circ}\text{C}$, is removed from the furnace and left in the air for final cooling. Thus, "dry" quenching of coke is provided. If necessary, the resulting coke is tested for mechanical strength in a special drum and examined by other methods.

In industrial coking chambers, the maximum burst pressure as a result of the combined effect of processes occurring in different loading layers is reached at the end of the second hour after charging the batch at the oven sole. In calculating the strength of heating sections, the maximum allowable bursting pressure is assumed to be 7 kPa [6]. The obtained results on a unified laboratory installation indicate that the coals develop a much higher pressure – up to 15–20 kPa, and therefore coking of the charge with their participation leads to a bursting pressure exceeding the permissible level. For example, Fig. 3 shows the dynamics of the bursting pressure in the process of coking coal during bulk loading, i.e. at an apparent density of 800 kg/m^3 . The characteristics of coal concentrates are given in Table. 2.

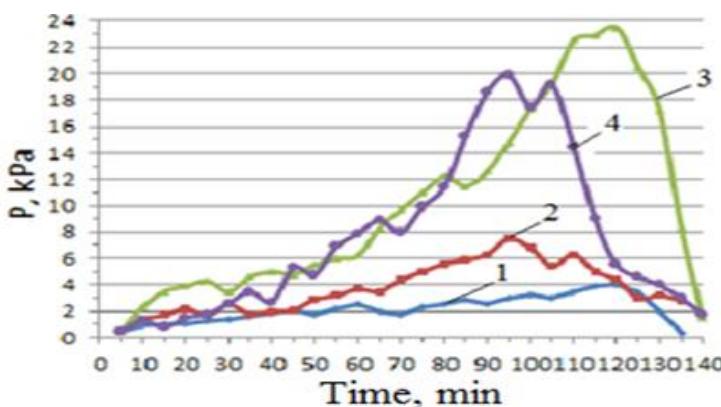


Fig. 3. The development dynamics of pressure of coal extrusion in the coking process: 1 - Mine "Raspadskaya" (Russia); 2 - "Carter Rogue" (USA); 3 - LOV VOLATILE CC (USA); 4 - "Pocahontas" (USA)

Table 2. Characteristics of bituminous coals (B)

Sampe (grade)	Supplier	Technical analysis, %			Petrographic composition, %						Plastic layer characteristic, mm	
		A ^d	S ^d _t	V ^{daf}	R ₀	V _t	S _v	I	L	Σ FK	x	y
B-1	Mine «Raspadskaya» (Russia)	8,6	0,47	37,3	0,83	88	1	8	3	9	40	16
B-2	«Karter Roag» (USA)	8.5	0.69	31.8	1.02	92	0	7	1	7	29	17
B-3	«LOV VOLATILE CC» (USA)	9,3	0,82	19,0	1,40	74	0	26	0	26	27	14
B-4	«Pocahontas» (USA)	8,9	0,94	18,0	1,54	69	2	29	0	31	10	10

Conclusions. The obtained practical results of the pressure of the coal extrusion allowed to conclude that the weakly baking coal of grade B1 is characterized by small values of the expansion pressure (0.9÷4.0 kPa), coal of grade B2 develop the average burst pressure (4.0÷8.0 kPa), and grades B3, B4 are the most open (6.0÷24.0 kPa). Moreover, due to the fact that many differently directed factors affect the expansion pressure, this quantity is not additive. Therefore, the only reliable way to estimate the bursting pressure is to determine it experimentally, to select, on the basis of the results obtained, the charge compositions that provide safe pressure values, and to use the results of the studies in the strength calculations of the heating sections.

Symbols.

- A^d ash content of coal in the dry state, %;
- V^{daf} volatile matter in the dry ash-free state, %;
- S_t^d sulphur of coal in the dry state, %;
- R_0 mean vitrinite reflection coefficient, %;
- V_t vitrinite, %;
- S_v semivitrinite, %;
- I inertinite, %;
- L liptinite, %;
- ΣFC sum of fusinized components, %;
- x plastometric shrinkage, mm;
- y thickness of the plastic layer, mm;
- DSTU Ukrainian State Standard

REFERENCES

1. Nomura S, Matsuzaki S, Naito M. Enhancement of Blast Furnace Reaction Efficiency throught Use of Highly Reactive Coke. AISTech Proceedings. 2006; 1: 31-37.
2. Sytnik AV, Kuznichenko VM. Determining the Expansion Pressure of Coking Batch: An Analytical Review. Coke Chem. 2011; 54(9): 323-330.
3. Kuznichenko VM, Shulga IV, Sytnik AV. Laboratory method for determining the bursting pressure of coke coal loading with various bulk density. Journal of Coal Chemistry. 2007; 3-4: 29-33.
4. Zelenskii OI, Sytnik AV. Development of methods modify the properties of the coal charge and create optimal conditions for coke ovens produce high quality coke. Journal of Coal Chemistry. 2016; 1: 26-30.
5. Sytnik AV, Kuznichenko VM, Shulga IV. Ukraine Patent 57708, 2011.
6. Rudyka VI. Coke chemical handbook, Publishing House INGEK: Kharkov, 2014; Vol. 2, Chapter 1; p. 728.

SOLUTION OF ECOLOGICAL PROBLEMS USING BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVES

Student **Turakhodjaeva Fazilatkhon**

Uzbekistan, Tashkent, Tashkent State Technical University

Abstract. Anthropogenic activities such as pollution of the environment and the environment, increased acidity of the rain, global warming, are the most common problems in the world. In order to solve the aforementioned problem, a cement with a biological base has been developed. This article presents the results of studies conducted in laboratory conditions at the Department of "Biotechnology" of Tashkent State Technical University. The results on the development of the composition of biologically active substances and biomass for the manufacture of environmentally friendly biological concrete are presented.

Keywords: ecology, biomass, concrete, earthquake resistance, seeding, strain.

Introduction. Scientific and technological progress posed a series of new, very complex problems for humanity. Among them, a special place is occupied by the relationship between man and the environment. Environmental issues such as the destruction of the ozone layer, climate change, the release of a huge amount of waste into the atmosphere are the most pressing problems around the world. In this regard, the provision of resource conservation, in particular in the manufacture of raw materials, which are associated with large emissions of dust and gases into the atmosphere, is one of the important tasks. In this direction, in many developed countries of the world, including Japan, the USA, England, Germany, Sweden and Russia, special attention is paid to reducing the harmful effects of production, construction and mechanical engineering on the environment.

In the field of construction, using concrete, one of the biggest problems is the formation of cracks during and after drying. All land allocated for the construction of high-rise buildings requires soil strengthening to minimize the risk of damage to buildings. To do this, use a special concrete pillow or fill in a deep foundation. However, these methods are often impractical and damaging to the environment. Therefore, the development of restoration solutions that allow concrete to recover on its own and having seismic resistance is currently a very promising activity. The technology of using biocement can open up new opportunities for infrastructure, and it can also be used for a wide variety of building structures, including the foundation of skyscrapers [1].

Concrete structures can exist almost forever, but if cracks form in them, then moisture gradually causes corrosion of steel reinforcement and degradation of the entire structure. A group of scientists from Cardiff and Cambridge, researchers at the University of Bath have developed technology to strengthen the soil using living microorganisms.

In the course of research, a concrete mixture was developed, which will contain microcapsules with bacteria. These types of microorganisms will wait until a crack forms in the concrete and moisture and oxygen become accessible to them [2].

Humidity gives bacteria the ability to reproduce. The product of their vital activity calcite will gradually tighten cracks and block access to moisture and oxygen, thereby preventing corrosion of the reinforcement. Self-healing concrete can significantly increase the service life of structures, as well as reduce maintenance and repair costs by almost half.

It is believed that cement production accounts for 7% of all CO₂ emissions in the world. Therefore, the extension of the service life of concrete buildings and structures will lead not only to economic benefits, but also reduce the negative impact of industrial activities on the environment [3].

In various areas of research on biological substances, various research methods have been conducted. For example, scientists from South Korea conducted research with bacteria in quartz sand. During the experiments, the researchers populated bacteria with 200-liter boxes filled with sterile quartz sand with some water and nutrients. At the same time, scientists carefully monitored various parameters by which one can judge the vital activity of microorganisms: oxygen and carbon dioxide content, amount of nutrients, chemical composition of the soil, etc. Ultimately, this made it possible to accurately describe the process that leads to an increase in soil strength.

Bacillus pasteurii have the ability to increase the alkalinity of water, as a result of which it begins to actively dissolve calcium and carbonates, salts of carbonic acid. In solution, they react with each other, forming crystals of calcium carbonate: this substance is the cement that binds the particles of natural

sandstone and building concrete - crystals of calcium carbonate fill the gaps between the grains of sand and cause them to stick together. Professor Carlos Santamarina of the Georgia Institute of Technology determined that about 1,000 trillion living microorganisms are contained in each cubic meter of soil.

Sporosarcina (*Bacillus*) *pasteurii* and *Bacillus thuringiensis* were the bacteria used in this study. It is known that *S. pasteurii*, the urease producing organism, survives in highly alkaline concrete media and decomposes urea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) into NH_4^+ and HCO_3^- to precipitate CaCO_3 in the presence of Ca^{2+} . *B. thuringiensis*, a urease-free organism, is a gram-positive bacterium that has a negative charge on the outer cell wall and can absorb Ca^{2+} . However, this bacterial species alone cannot precipitate CaCO_3 , since it does not decompose urea. For pre-cultivation of bacteria, *S. pasteurii* (obtained from the Korean Type Culture Collection, Jeongeup, South Korea) was added to 30 g / L tryptic soy broth (casein soy digestion medium) (TSB, Becton Dickinson, Franklin Lakes, New Jersey, USA) with the addition of 2% urea (333 mM) and culturing at 30 ° C by shaking at 200 rpm in 650 ml cell culture flasks (SPL Life Science, Pocheon, South Korea), sealed with filter caps for sterile gas exchange. TSB was autoclaved at 121 ° C and 1.5 psi for 20 minutes for sterilization, and urea was filtered through a 0.22 µm filter to prevent decomposition of urea at high temperatures. *B. thuringiensis* (obtained from the Korea Type Culture Collection, Jeongeup, South Korea) was cultured with shaking in 650 ml cell culture flasks (SPL Life Science, Pocheon, South Korea), sealed with sterile gas exchange filter caps at 30 ° C. and 200 rpm in a sterilized 25 g / 1 Miller Luria-Bertani broth (LB broth, Becton Dickinson, Franklin Lakes, NJ, USA) [4].

Research results. The development of a new mortar composition that allows concrete to self-regenerate is a promising area of modern construction. The binder composition for concrete production, developed by the research group of the Tashkent State Technical University, can be used both when using industrial wastes in construction, and for the manufacture of concrete structures in other industries. The results of scientific research carried out in laboratory conditions of the Tashkent State Technical University on the introduction of bacteria on the ground, showed that it binds sand and gravel, forming a protective hard layer. It serves as a connecting element between the biological environment, a soluble non-toxic molecule, and calcium, which are applied to the surface [5]. This concrete is made on the basis of Portland cement with filler and additives. In some research papers, bacteria and calcium lactate capsules were added to the mixture as an ingredient. The mixture was activated with water: when cracks appeared, bacteria absorbed water to produce calcite, which in turn fills the gaps.

Since the bacterium destroys the molecules of the biological environment, releasing a salt of carbonic acid, which binds to calcium and forms calcite crystals, they attach to the soil. The enzyme that bacteria secrete accelerates the solidification process by several thousand times [6].

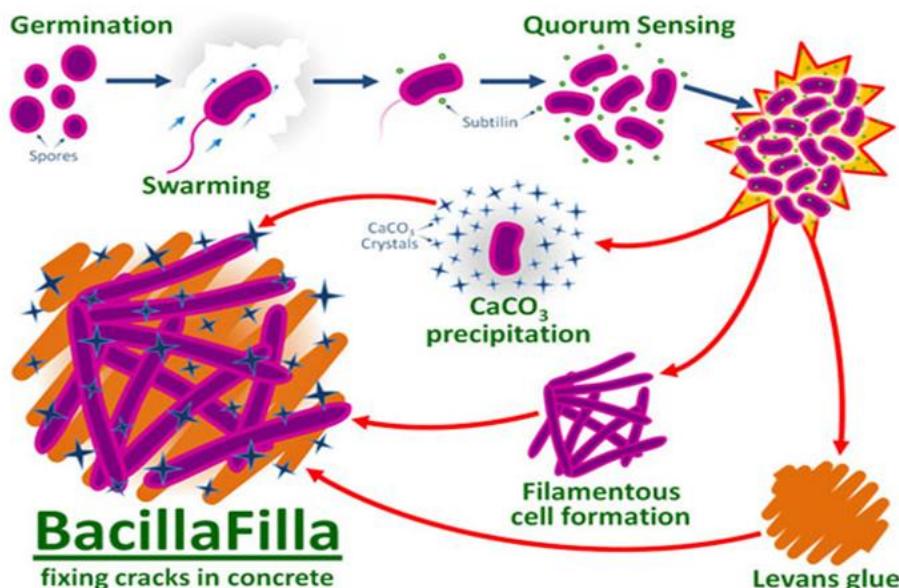


Fig.1.

Urease is a common enzyme expressed by microorganisms, where 1 mol of urea (NH_4CO_3) is hydrated with urease to form 2 mol NH_4^+ , 1 mol HCO_3^- and 2 mol OH^- . As a result, the pH of the nutrient medium increases, while HCO_3^- turns into CO_3^{2-} , which then binds Ca^{2+} in the

environment, and as a result, CaCO_3 is formed. The decomposition characteristics of urea ureolytic bacteria *S. pasteurii* can be determined by measuring the concentration of NH_4^+ produced in the culture medium. The NH_4^+ concentration for the ratios of co-cultivation of A, B, and C reached 698.2, 711.1, and 696.3 mM after 30-36 hours, respectively. However, the rate at which NH_4^+ was produced at 11 h was the highest for B at 371.4 mm, while the rates for A and C were 300.0 mm and 311.2 mm, respectively. Given that 1 mol of urea is decomposed into 2 mol of NH_4^+ , it is expected that 666 mM NH_4^+ will be obtained from 333 mM of urea. However, the amount of NH_4^+ produced was actually larger than predicted by 104.83%, 106.77% and 104.59% for A, B and C, respectively, relative to the amount of nitrogen originally supplied by urea [7].

Since urea decomposes under the action of urease, CO_3^{2-} combines with Ca^{2+} in the culture solution to form CaCO_3 . Therefore, it is possible to determine the amount of Ca^{2+} used in the production of CaCO_3 by measuring the concentration of the remaining Ca^{2+} . After 33 hours, Ca^{2+} consumption was the highest for B - 19.12 mM, then A and C - 16.44 and 14.25 mM, respectively [8]. Ca^{2+} concentrations did not show further change after 22 hours and were not completely exhausted in all samples.

The precipitate that formed in the urea-calcium lactate medium after culturing for 30-36 hours was recovered and its weight was measured. The mass of extracted CaCO_3 from the ratio of cultures A and C was 2.20 ± 0.03 and 2.18 ± 0.05 , respectively. A mass of CaCO_3 isolated from the ratio of cultures of B to *S. pasteurii*: B. It was found that the ratio of *thuringiensis* 8: 2 has the largest weight. This is in close agreement with the Ca^{2+} intake shown in Figure 2 after 30-36 hours, showing that the Ca^{2+} intake was highest for B at 19.03 mM, then A and C at 15.65 and 14.25 mM respectively.

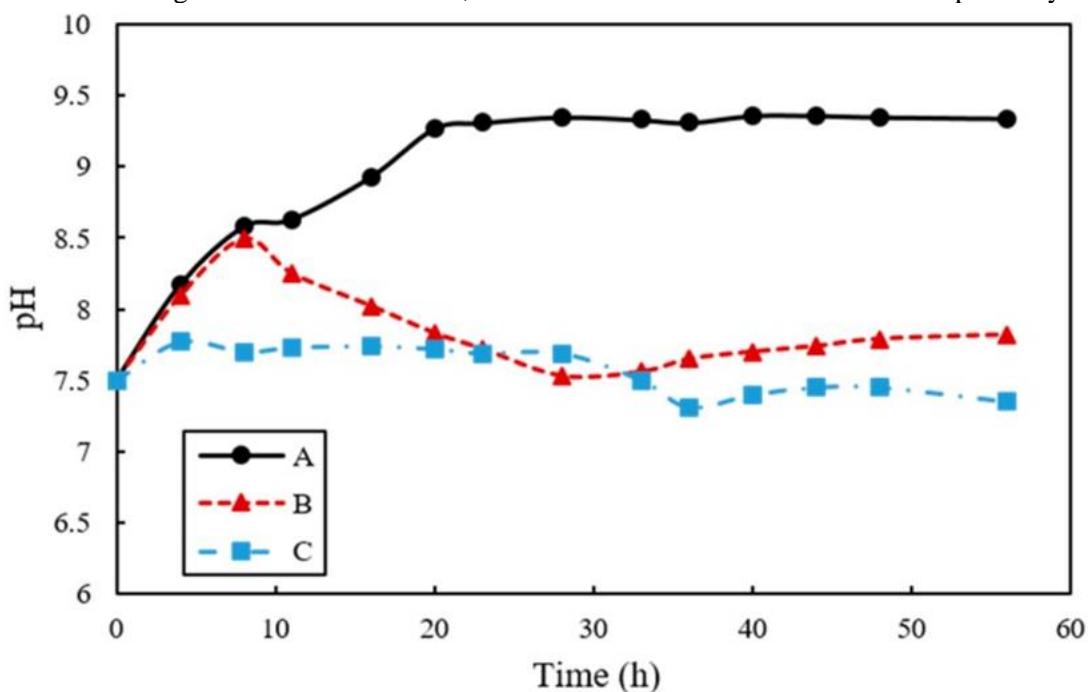


Fig.2.

The evolution of pH in samples A, B, and C is shown in the figure. The pH in A tended to increase from 7.5 to 9.31 to 24 hours. On the other hand, for samples B, the pH increased to 8.49 to 8 hours, and then decreased to 7.56 after 35 hours. Finally, C showed almost no pH change and was maintained at about 7.6. The absolute value of the zeta potential of A increased, but B and C, as a rule, remained. The pH value increased from 8.63 to 9.31, and the zeta potentials were in the range from -23.9 to -37.9 mV between 11 and 33 hours. The zeta potential of B is -20.4 mV, -17.1 mV and -21.4 mV, respectively, at pH 8.25 (11 h), 7.72 pH (22 h) and 7.65 pH (36 h), and the value of C shows a continuous value of about -19 mV from 11 to 30-36 [9].

Since self-healing of concrete using bacteria depends on the formation of CaCO_3 when bacteria decompose urea, it is important to include urea-degrading bacteria. In addition, NH_4^+ and OH^- resulting from the decomposition of bacteria urea caused an increase in pH by the production of CO_2 and created an environment favorable for CaCO_3 precipitation. Therefore, most studies on self-

healing concrete using bacteria use urea-degrading bacteria. In contrast, little attention is paid to the potential for self-healing of non-ureolytic bacteria and its use.

Obst et al. (2006) investigated that the decrease in the total negative electric potential of the bacterial cell surface is associated with the adsorption of Ca²⁺ in the culture solution on the cell surface, suggesting that the bacterial cell surface provides a nucleation site for CaCO₃ precipitation. In this study, the amount of Ca²⁺ dissolved in culture medium was the smallest in B, while A and C showed a similar value. This result is consistent with B showing the highest amount of CaCO₃ production, as indicated by weight measurements of precipitated CaCO₃. Both results show that co-cultivation of *S. pasteurii* and *B. thuringiensis* has a synergistic effect on CaCO₃ precipitation, which is associated with the presence of a larger number of nucleation sites [10]. High cell density during urea hydrolysis was effective in increasing the diversity and size of CaCO₃ crystals.

SEM results showed various crystalline phases that formed around the origin of the bacteria. In addition, hexagonal crystalline crystalline phases and other spherical phases were found. It should be noted that the size and crystallinity of the crystalline phase are affected by the concentration of urea and CaCO₃ in the culture medium; with an increase in the concentration of urea and calcium, the size of the crystals and their crystallinity decrease. This led to the formation of calcite, as well as a number of other phases that were amorphous in nature.

To develop the composition of biomass, tests were conducted on a vibration unit. Table 1 shows the test results with different temperature conditions.

Table 1.

No	Temperature of the working chamber of the installation, °C	Concrete hardening time, minutes	The nature of the formation of cracks, mm	The nature of cracks 3 hours after removal of vibration, mm
1	20-23	90	0,15-0,20	0,20-0,25
2	50-60	40	0,10-0,08	0,15-0,17
3	100-120	25-27	0,04-0,06	0,10-0,12

To determine the effect of humidity on the nature of cracking, studies were carried out on a vibration unit with the application of moisture through blasting [11].

Table 2 shows the results of studies to determine the effect of biomass moisture on the nature of solidification.

Table 2.

No	Humidity of the installation chamber, %	Concrete hardening time, minutes	The nature of the formation of cracks, mm	The nature of cracks 3 hours after removal of vibration, mm
1	15-17	40-50	0,14-0,16	0,10-0,08
2	40-50	70-80	0,08-0,10	0,04-0,06
3	80-90	120-140	0,04-0,06	0,01-0,012

During research in the manufacture of biocement by means of microbiological effects, bacterial strains were grown in 145 x 20 mm ventilated Petri dishes and in dry air thermostats TV-80-1. The hydrogen index (Ph medium) was increased by the microorganisms themselves due to the production of the urease enzyme, which enables gram-positive bacteria to rapidly split urea and multiply rapidly. To ensure moisture, bacteria of the genus *Azotobacter* were used, which will ensure bacterial storage in an air-dry state.

Conclusions. This technological study examined the effect of co-cultured ureolytic and non-ureolytic bacteria on self-healing and self-filling of cement mortar. The effect of biomass used on ecology and the environment was studied. For this purpose, a urea-calcium medium was prepared containing *S. pasteurii* and *B. thuringiensis*, with an inoculation coefficient of 10: 0, 8: 2, or 5: 5, to which the samples of the solution with predetermined cracks were subjected. The results indicate that CaCO₃ precipitation is enhanced by co-cultivation of ureolytic and non-ureolytic bacteria and clarifies the principles involved in such phenomena.

The higher growth rate of the *B. thuringiensis* neureolitic organism compared with ureolytic bacteria led to faster respiration producing CO₂, which lowers pH and provides a nucleation site that effectively enhances CaCO₃ precipitation.

The rapid growth of *B. thuringiensis* was also effective for the decomposition of NB, as evidenced by the higher concentration of NH₄⁺ in the culture medium, resulting in a significant increase in the production of CO₃²⁻ and CaCO₃.

The effectiveness of bacteria for filling cracks in sample samples was largely determined by the width of the cracks. Although a larger amount of CaCO₃ precipitation was achieved in the co-culture medium, the crack filling rate was more dependent on the crack width than the co-culture ratios.

The tendency of this biological cement to crack formation, to increase strength and seismic resistance was determined, and analyzes were also carried out from an economic point of view.

In the process of developing this technology, the following were identified:

- due to the use of biocement, the tendency to cracking is reduced to 30-40%;
- increases the strength of concrete by 40-50%;
- capital costs for the manufacture of concrete is reduced by 8-10%.

REFERENCES

1. Turakhodjaeva F., Methods to Improve the Mechanical Properties of Biomass//Processing and Fabrication of Advanced Materials –XXVII. Jonkoping, SWEDEN, 27-29 may 2019, pp.396-403.
2. Ghosh S., Biswas M., Chattopadhyay B.D., Mandal S. Microbial activity on the microstructure of bacteria modified mortar. Cem. Concr. Compos. 2009; 31:93–98. doi: 10.1016/j.cemconcomp.2009.01.001.
3. Jonkers H.M. Self Healing Materials. Springer; Dordrecht, The Netherlands: 2007. Self healing concrete: A biological approach; pp. 195–204.
4. Van Tittelboom K., De Belie N., De Muynck W., Verstraete W. Use of bacteria to repair cracks in concrete. Cem. Concr. Res. 2010; 40:157–166. doi: 10.1016/j.cemconres.2009.08.025.
5. Turakhodjaeva F., Применение биоцемента в качестве экологически чистого строительного материала// Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования, IV Международная научно-практическая Интернет-конференция. Astrakhan region, Russia 2019, pp. 68-71.
6. Wang J., Van Tittelboom K., De Belie N., Verstraete W. Use of silica gel or polyurethane immobilized bacteria for self-healing concrete. Constr. Build. Mater. 2012; 26:532–540. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2011.06.054.
7. M. Nosonovsky, B. Bhushan, "Thermodynamics of surface degradation, self-organization, and self-healing for biomimetic surfaces," Phil. Trans. R. Soc. A., 367, 1607–1627, 2009.
8. R. Andalib, M. Z. Majid, A. Keyvanfar, A. Talaiekhozan, "Durability improvement assessment in different high strength bacterial structural concrete grades against different types of acids," Sadhana, 1-14, 2015.
9. De MuynckW., DebrouwerD., De BelieN., VerstraeteW., "Bacterial carbonate precipitation improves the durability of cementitious materials," Cement Concrete Res., 38:1005–1014, 2008.
10. N. Ranganathan, A.Macherone, B.Patel, R. Mehta, J. Marcely, J. Dickstein, Urea Hydrolysis And Ammonia Uptake by Bacillus Pasteurii, Kibow Biotech, Inc. Philadelphia, USA., 10th International Congress on Nutrition and Metabolism in Renal Disease - poster #P-19, 2012.
11. Turakhodjaeva F., Применение биоцемента в качестве экологически чистого строительного материала// Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования, IV Международная научно-практическая Интернет-конференция. Astrakhan region, Russia 2019, pp. 68-71.

ВЛИЯНИЕ ВОЛОКНИСТОГО СОСТАВА СМЕШАННЫХ ТКАНЕЙ НА ИХ ДЕФОРМАЦИЮ РАСТЯЖЕНИЯ

к.т.н. **Минасян З. А.**, соис. **Оганнисян А. Р.**, к.т.н. **Манасян Н. К.**

Армения, г. Гюмри, Национальный политехнический университет Армении

Abstract. The influence of the fibrous composition of mixed tissues on their tensile deformation is investigated. As samples of mixed fabrics, we chose cotton (c) + viscose (v) with an average thickness of $0,155 \cdot 10^{-3}$ m, cotton (c) + polyester (p) with an average thickness of $0,183 \cdot 10^{-3}$ m and $0,33 \cdot 10^{-3}$ m and "flax (f) + lavsan (lv) + threeacetate (t)" with an average thickness of $1,51 \cdot 10^{-3}$ m of various fibrous composition. To determine the tensile strain of mixed fabrics, samples were prepared with a width of 50 mm and a length of 200 mm. The tensile strain of the samples was determined on a tensile testing machine RT - 250.

Keywords: mixed fabric, tensile strain, absolute and relative elongation, load.

Введение. Любая одежда должна хорошо сохранять приданную ей форму, быть достаточно прочной, износостойкой, обладать теплозащитными свойствами, быть гигроскопичной и т. д. Она также должна быть простой, удобной, изящной, модной, красивой и в то же время иметь невысокую стоимость. Улучшение качества швейных изделий, обновление их ассортимента обеспечивается, освоением в производстве новых моделей, совершенствованием конструкций, использованием современной техники и технологии изготовления, и, что не менее важно, применением новых тканей [1].

Знание пороков различных видов сырья, из которого изготавливаются ткани необходимо для рационального использования материалов и для получения готовых изделий высокого качества, т. е. соответствующих всем предъявляемым к ним требованиям, носки, удобных и эстетически красивых.

Механические свойства текстильных материалов характеризуют их способность сопротивляться действию приложенных к ним механических усилий, вызывающих деформации растяжения, изгиба, сжатия, кручения. Прочность на разрыв при растяжении является одним из основных механических свойств текстильных материалов и для тканей определяется отдельно в направлении основы и утка.

На деформацию растяжения большое влияние оказывает волокнистый состав смешанных тканей, что необходимо учитывать при оценке качества тканей и изделий, изготовленных из них.

Целью работы является экспериментальное исследование деформации растяжения смешанных тканей различного волокнистого состава.

Методика эксперимента: В качестве объекта исследования выбраны образцы смешанных тканей размером $(50 \cdot 200) \cdot 10^{-3}$ м, "хлопок+ вискоза" полотняного переплетения толщиной $0,155 \cdot 10^{-3}$ м, содержащие 100% хлопка, 70% хлопка и 30% вискозы, 50% хлопка и 50% вискозы и 100% вискозы; образцы "хлопок + полиэстер" полотняного переплетения толщинами $0,183 \cdot 10^{-3}$ м и $0,33 \cdot 10^{-3}$ м, содержащие 100% хлопка, 30% хлопка и 70% полиэстера, 50% хлопка и 50% полиэстера, 100% полиэстера и образцы "лен + лавсан + триацетат" полотняного переплетения толщиной $1,51 \cdot 10^{-3}$ м, содержащие 100% льна; 100% лавсана; 100% триацетата; 33% льна, 33% лавсана и 33% триацетата; 33% льна, 17% лавсана и 50 триацетата; 17% льна, 33% лавсана и 50 триацетата; 33% льна, 50% лавсана и 17% триацетата. Деформация растяжения образцов определялась на разрывной машине РТ – 250. Толщина испытуемых образцов смешанных тканей определялась с помощью толщиномера марки УТ [2, 3].

Результаты исследования и их анализ. Результаты экспериментального определения деформации растяжения образцов смешанных тканей "хлопок + вискоза", "хлопок + полиэстер" и "лен + лавсан + триацетат" представлены на рисунках 1, 2, 3 и 4.

Эксперименты по исследованию прочности на растяжение смешанной ткани "хлопок + вискоза" были проведены при изменении нагружающей силы шагом в 1 Н. На рис. 1 приведены зависимости нагрузки от относительного удлинения образцов смешанной ткани "хлопок + вискоза" с шагом изменения нагрузки в 5 Н до состояния разрыва, а также значения

относительного удлинения для силы предварительного натяжения, которая составляет около 1 Н для образцов смешанной ткани со средней поверхностной плотностью 103 г/м²[5].

Площадь поперечного сечения образцов $F = 0,05 \cdot 0,155 \cdot 10^{-3} = 0,00775 \cdot 10^{-3}$ м²
Напряжение при предварительном натяжении составляет:

$$\sigma = \frac{P}{F} = \frac{1}{0,00775 \cdot 10^{-3}} = 129032 \text{ Па} = 0,129 \text{ МПа}$$

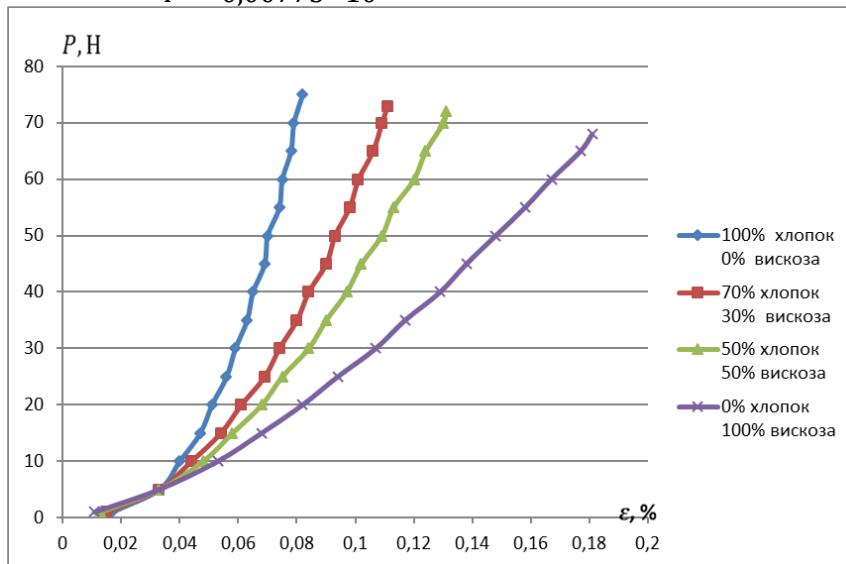


Рис. 1. Результаты исследования деформации растяжения ($\epsilon, \%$) образцов смешанных тканей "хлопок + вискоза" толщиной $0.155 \cdot 10^{-3}$ м различного волокнистого состава

Эксперименты по исследованию прочности на растяжение смешанной ткани "хлопок + полиэстер" толщиной $0.183 \cdot 10^{-3}$ м были проведены при изменении нагружающей силы с шагом в 1 Н. На рис. 2 приведены зависимости нагрузки от относительного удлинения образцов смешанной ткани "хлопок + полиэстер" с шагом изменения нагрузки в 20 Н до состояния разрыва, а также значения относительного удлинения для силы предварительного натяжения, которая составляет около 2,5 Н для образцов смешанной ткани со средней поверхностной плотностью 119 г/м²[5].

Площадь поперечного сечения образцов $F = 0,05 \cdot 0,183 \cdot 10^{-3} = 0,00915 \cdot 10^{-3}$ м²

Напряжение при предварительном натяжении составляет:

$$\sigma = \frac{P}{F} = \frac{2,5}{0,00915 \cdot 10^{-3}} = 273224 \text{ Па} = 0,273 \text{ МПа}$$

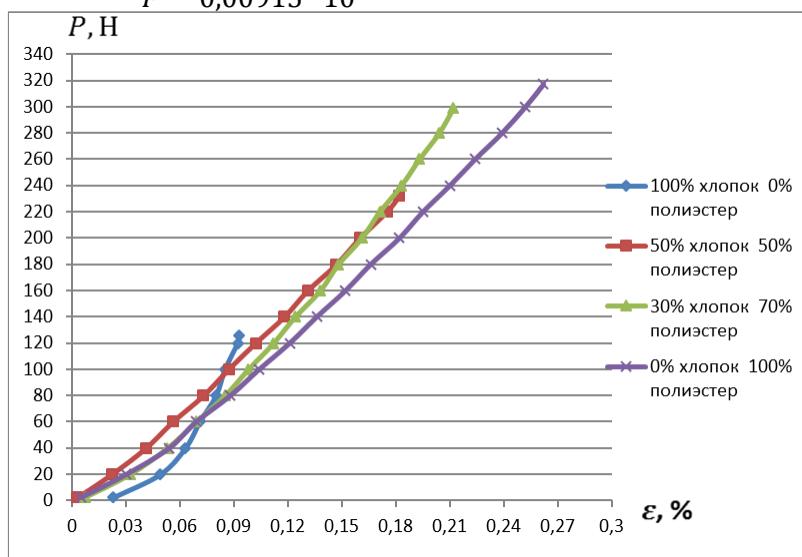


Рис. 2. Результаты исследования деформации растяжения ($\epsilon, \%$) образцов смешанных тканей "хлопок + полиэстер" толщиной $0.183 \cdot 10^{-3}$ м различного волокнистого состава

Эксперименты по исследованию прочности на растяжение смешанной ткани "хлопок + полиэстер" толщиной $0,33 \cdot 10^{-3}$ м были проведены при изменении нагружающей силы с шагом в 1 Н. На рис. 3 приведены зависимости нагрузки от относительного удлинения образцов смешанной ткани "хлопок + полиэстер" с шагом изменения нагрузки в 20 Н до состояния разрыва, а также значения этого показателя для силы предварительного натяжения, которая составляет около 2,5 Н для образцов смешанной ткани со средней поверхностной плотностью 157 г/м²[5].

Площадь поперечного сечения составляет: $F = 0,05 \cdot 0,33 \cdot 10^{-3} = 0,0165 \cdot 10^{-3}$ м²

Напряжение при предварительном натяжении равно:

$$\sigma = \frac{P}{F} = \frac{2,5}{0,0165 \cdot 10^{-3}} = 151515 \text{ Па} = 0,151 \text{ МПа}$$

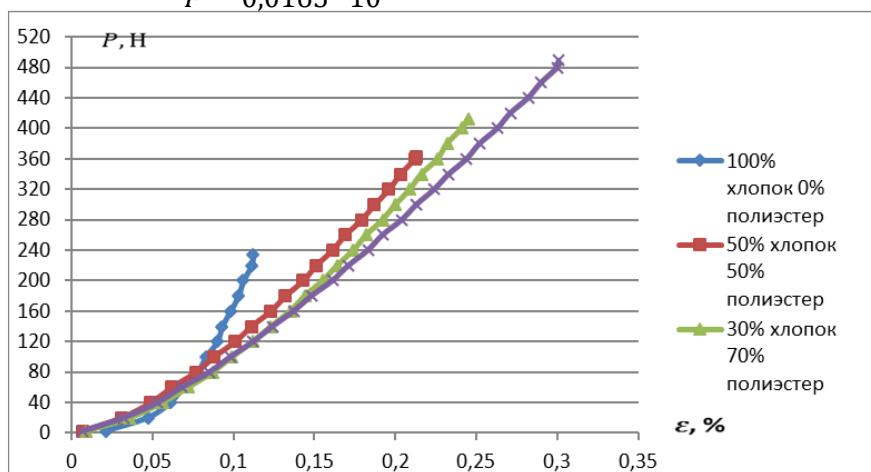


Рис. 3. Результаты исследования деформации растяжения ($\varepsilon, \%$) образцов смешанных тканей "хлопок + полиэстер" толщиной $0,33 \cdot 10^{-3}$ м различного волокнистого состава

Эксперименты по исследованию прочности на растяжение смешанной ткани "лен + лавсан + триацетат" толщиной $1,51 \cdot 10^{-3}$ м были проведены при изменении нагружающей силы с шагом в 1 Н. На рис. 4 приведены зависимости нагрузки от относительного удлинения образцов смешанной ткани "лен + лавсан + триацетат" с шагом изменения нагрузки в 20 Н до состояния разрыва, а также значения этого показателя для силы предварительного натяжения, которая составляет около 2,5 Н для образцов смешанной ткани со средней поверхностной плотностью 232 г/м²[5].

Площадь поперечного сечения составляет: $F = 0,05 \cdot 1,51 \cdot 10^{-3} = 0,0755 \cdot 10^{-3}$ м². Напряжение при предварительном натяжении равно:

$$\sigma = \frac{P}{F} = \frac{2,5}{0,0755 \cdot 10^{-3}} = 33112 \text{ Па} = 0,033 \text{ МПа}$$

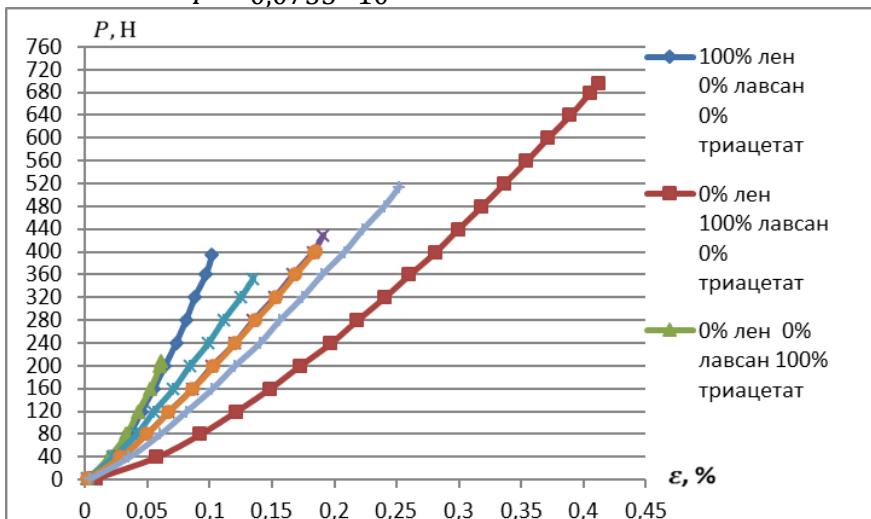


Рис. 4. Результаты исследования деформации растяжения ($\varepsilon, \%$) образцов смешанных тканей "лен + лавсан + триацетат" толщиной $1,51 \cdot 10^{-3}$ м различного волокнистого состава

Выводы. Анализируя полученные экспериментальные данные, представленные на графиках 1 - 4 можно сделать следующие выводы.

- Сила предварительного натяжения образцов необходимая для выпрямления волокон смешанной ткани "хлопок + вискоза", составляет примерно 1 Н, а для образцов смешанных тканей остальных видов примерно 2,5 Н, что предусмотрено стандартом и связано с поверхностной плотностью образцов смешанных тканей.

- В смешанной ткани "хлопок + вискоза" со средней толщиной образцов $0,155 \cdot 10^{-3}$ м с увеличением процентного содержания хлопка от 0% до 100% разрывная нагрузка возрастает от 68 Н до 75 Н т.е. примерно в 1,1 раза, а относительное удлинение уменьшается от 18,1 % до 8,2 %. Для всех образцов с увеличением нагрузки от 1 Н до разрывной – относительные удлинения образцов возрастают. Прочность на разрыв образцов смешанной ткани "хлопок + вискоза" почти одинакова при любом ее волокнистом составе. Наибольшей прочностью на разрыв обладает 100% хлопок, а наименьшей – 100% вискоза. Ткани с другим содержанием компонентов по прочности занимают промежуточные положения между хлопком и вискозой.

- В смешанной ткани "хлопок + полиэстер" со средней толщиной образцов $0,183 \cdot 10^{-3}$ м с увеличением процентного содержания хлопка от 0% до 100% разрывная нагрузка возрастает от 126 Н до 317 Н т.е. примерно в 2,5 раза, а относительное удлинение уменьшается от 26,2 % до 9,3 %. Для всех образцов с увеличением нагрузки от 2,5 Н до разрывной – относительные удлинения образцов возрастают. Наибольшей прочностью на разрыв обладает 100% полиэстер, а наименьшей – 100% хлопок. Ткани с другим содержанием компонентов по прочности занимают промежуточные положения между хлопком и полиэстером.

- В смешанной ткани "хлопок + полиэстер" со средней толщиной образцов $0,33 \cdot 10^{-3}$ м с увеличением процентного содержания хлопка от 0% до 100% разрывная нагрузка возрастает от 234 Н до 489 Н т.е. примерно в 2,1 раза, а относительное удлинение уменьшается от 30,1 % до 11,2 %. Для всех образцов с увеличением нагрузки от 2,5 Н до разрывной – относительные удлинения образцов возрастают. Наибольшей прочностью на разрыв обладает 100% полиэстер, а наименьшей – 100% хлопок. Ткани с другим содержанием компонентов по прочности занимают промежуточные положения между хлопком и полиэстером.

- В смешанной ткани "лен + лавсан + триацетат" со средней толщиной образцов $1,51 \cdot 10^{-3}$ м с уменьшением процентного содержания льна от 100% до 33% разрывная нагрузка возрастает у смешанных тканей содержащих 33% льна, 33%, лавсана и 33% триацетата; а также 33% льна, 50% лавсана и 17% триацетата, соответственно от 395 Н до 429 Н и 395 Н до 514 Н т. е, примерно в 1,1 и 1,3 раза, а относительное удлинение увеличивается соответственно от 10,2% до 19,1% и 10,2% до 25,2%, а с уменьшением процентного содержания от 100% до 17 % разрывная нагрузка у смешанной ткани, содержащий 17% льна, 33% лавсана и 50% триацетата почти не изменяется и составляет примерно 400 Н, а относительное удлинение увеличивается от 10,2% до 18,5%.

С уменьшением процентного содержания лавсана от 100% до 33% разрывная нагрузка уменьшается у смешанных тканей, содержащих 33% льна, 33% лавсана и 33% триацетата, а также 17% льна, 33% лавсана и 50% триацетата, соответственно от 696 Н до 429 Н и 696 Н до 401 Н т. е, примерно в 1,6 и 1,7 раза, а относительное удлинение уменьшается соответственно от 41,2 % до 19,1 и 41,2% до 18,5%, а с уменьшением процентного содержания от 100% до 50 % и от 100% до 17 % разрывная нагрузка у смешанных тканей, содержащих 33% льна, 50% лавсана и 17% триацетата, а также 33% льна, 17% лавсана и 50% триацетата, уменьшается соответственно от 696 Н до 514 Н и от 696 Н до 353 Н т. е, примерно в 1,4 и 2 раза, а относительное удлинение уменьшается соответственно от 41,2% до 25,2 % и от 41,2% до 13,5 %.

С уменьшением процентного содержания триацетата от 100% до 50% разрывная нагрузка увеличивается у смешанных тканей, содержащих 33% льна, 17% лавсана и 50% триацетата, а также 17% льна 33% лавсана 50% триацетата, соответственно от 208 Н до 353 Н и 208 Н до 401 Н т. е, примерно в 1,7 и 1,9 раза, а относительное удлинение увеличивается соответственно от 6,1 % до 13,5% и 6,1% до 18,5%, а с уменьшением процентного содержания от 100% до 33 % и от 100% до 17 % разрывная нагрузка у смешанных тканей, содержащих 33% льна, 33% лавсана и 33% триацетата, а также 33% льна, 50% лавсана и 17% триацетата, увеличивается соответственно от 208 Н до 429 Н и от 208 Н до 514 Н т. е, примерно в 2,1 и 2,5

раза, а относительное удлинение увеличивается соответственно от 6,1% до 19,1 % и от 6,1% до 25,2 %. Наибольшей прочностью на разрыв обладает 100% лавсан, далее идет 100% лен, а наименьшей прочностью обладает 100% триацетат. Ткани с другим содержанием компонентов по прочности занимают промежуточные положения между лавсаном и триацетатом.

- Присутствие в исследованных образцах смешанных тканей искусственных компонентов (вискоза, триацетат) приводит к снижению их прочности по разрывной нагрузке, а присутствие синтетических компонентов (полиэстер, лавсан) – наоборот, к ее повышению.
- Из представленных рисунков видно, что зависимость между нагрузкой и относительным удлинением образцов имеет примерно степенной характер, что подтверждается также результатами имеющихся данных [2, 3].
- Учет волокнистого состава смешанных тканей дает возможность выявить их оптимальный состав для производства одежды того или иного назначения соответственно периоду ее эксплуатации [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Минасян З. А., Оганисян А. Р. Анализ ассортимента и свойств смешанных тканей для швейных изделий // Вестник Инженерной Академии Армении. – Ереван, Т. 13, № 1, 2016. – С. 101-104.
2. Савостицкий Н. А., Амиркова Э. К. Материаловедение швейного производства. - М.: Академия, 2013. - 272 с.
3. Мельникова Н.Г., Прохорова Н.Я. Материаловедение швейного производства. - Беларусь: РИПО, 2015. - 216 с.
4. Шумкорова Ш.П., Юлдашева М.Т., Ядгарова Х.И., Бегманов Р.А., Валиева З. Влияние волокнистого состава на физико-механические свойства костюмных тканей // Молодой ученый, № 9, 2014. - С. 235 - 238.
5. ГОСТ 3813-72 Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003 – 41 с.

МЕТОДИКА ОЦІНКИ РІВНЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ СИГНАЛІВ В ЗАХОДАХ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ ГЛОБАЛЬНИХ НАВІГАЦІЙНИХ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ

*Швець В. А., к.т.н., доцент кафедри засобів захисту інформації
Мелешко Т. В., старший викладач кафедри засобів захисту інформації
Україна, м. Київ, Національний авіаційний університет*

Abstract. The paper provides an analysis of sources that substantiate the need to protect information in GNSS. One of the areas of information protection is organizational measures in the form of monitoring the electromagnetic environment at the location of GNSS consumers equipment. The method of estimation of the level of dangerous signals is given. The practical results of the application of the proposed methodology are presented.

Keywords: dangerous signal, electromagnetic environment, global navigation satellite systems, information protection, power flux density, interference.

Вступ. Сучасний етап розвитку суспільства характеризується все більш широким використанням координатно-часового забезпечення (КЧЗ), що становить основу ефективного функціонування багатьох галузей економіки і є найважливішою частиною сучасних транспортних систем, цифрових систем телекомунікації, енергетики, фінансової і банківській сферах, систем управління військами і високоточною зброєю, які відносяться до об'єктів критичної інфраструктури [1].

Під час експлуатації глобальних навігаційних супутниковых систем (ГНСС) було виявлено їх вразливості [2]. Одним з найбільш важливих і своєчасних звітів про дослідження в цій області був звіт Центру Волпе [3] про вразливості GPS, у висновках якого зазначалося, що система GPS, як і інші радіонавігаційні системи, вразлива при впливі ненавмисних і навмисних завад і що такі завади несуть загрозу безпеці і можуть мати серйозні наслідки для економіки і навколошнього середовища. У звіті зроблено висновок про те, що зростаюче використання GPS в цивільній інфраструктурі робить її усе більш привабливою мішенню для ворожих дій окремих особистостей і груп, тому необхідно проводити заходи щодо захисту інформації ГНСС [4-6].

Обговорення. Необхідність захисту інформації ГНСС неодноразово наводилася в нормативних документах ІКАО [7, 8], звітах та наукових джерелах (см. перелік літератури [2-6,9]).

Для захисту інформації ГНСС пропонуються організаційно-технічні заходи, які базуються на моделі загроз та моделі порушника інформації ГНСС [9].

В якості організаційних заходів пропонується проводити моніторинг доступності радіонавігаційного поля ГНСС в точці розташування апаратури споживачів навігаційної інформації. Мета моніторингу – вимірювання рівня небезпечної сигналу для ГНСС та надання висновків щодо можливості виконання цільової функції апаратури споживачів ГНСС. Для досягнення мети моніторингу повинна бути розроблена методика оцінки рівня небезпечної сигналу для ГНСС.

В результаті НДР які проводилися в Національному авіаційному університеті була розроблена методика оцінки рівня небезпечної сигналу для ГНСС яка базується на імовірнісному методу і методу захисного відношення «сигнал/завада» оцінки якості електромагнітної обстановки в точці розташування апаратури споживачів навігаційної інформації [10-12].

Методика полягає в наступному:

1. Для отримання значення порогового відношення "сигнал/завада" Trh (вираз 12) [10] необхідно обрати умовну імовірність реалізації цільової функції приймача ГНСС. Це може бути значення цілісності даних ГНСС.

2. За допомогою формули 12 [10] розрахувати значення порогу захисного відношення "сигнал/завада" Trh .

3. Розрахувати необхідне відношення J/S , де $J/S=1/Trh$ для приймача ГНСС в умовах дії завад (рис. 2) [10].

4. Розрахувати граничну щільність потоку потужності електричного поля на площині антені приймача ГНСС при необхідному відношенні J/S , яке отримано в п.3.

5. Розрахувати межу області припустимих і неприпустимих завад при необхідному відношенні J/S від відстані для граничної щільноти потоку потужності електричного поля за допомогою виразу 2 [11] (рис. 2).

6. За допомогою виразу 3 [13] розрахувати залежність щільності потужності електричного поля від відстані прі вірогідної постійній потужності джерела завади, на яких можливо виконання цільової функції приймачем ГНСС (рис. 3).

7. За допомогою вимірювального приймача провести вимірювання щільності потужності електричного поля та зробити висновки до можливості розташування приймача ГНСС в даній точці для рішення навігаційної задачі [13,14].

Для прикладу застосуємо наведену вище методику для прийняття рішення можливості здійснення заходу на посадку за III категорією в районі аеропорту.

Визначимо необхідне відношення J/S на вході приймача ГНСС. Розрахуємо поріг Trh , де в якості $P(\Pi_A|H_i)$ [10] візьмемо значення цілісності даних ГНСС, для гіпотези H_7 (табл. 1 [10]) для цієї категорії $(1-1,5 \times 10^{-9}) = 0.9999999984 = P(\Pi_A|H_i)$. З виразу (12) [10] отримаємо Trh в дБ:

$$Trh = 10 \lg \left(\frac{P(\Pi_A|H_7)}{1 - P(\Pi_A|H_7)} \right) \approx 88,239 \text{ dB}$$

Розраховане необхідне відношення J/S буде складати $J/S=1/Trh$, тобто $-88,239$ дБ, на вході приймача ГНСС.

Розрахуємо щільність потоку потужності dS завади на антені приймача ГНСС ТОКО DAK1575MS50T з параметрами (рис. 11):

– діапазон частот	$1575,42 \pm 1,023$ МГц
– резонансна частота	1580 МГц
– смуга пропускання	9 МГц
– коефіцієнт підсилення	5 дБ (або 3,16)
– розмір	$2,5 \times 2,5$ см.

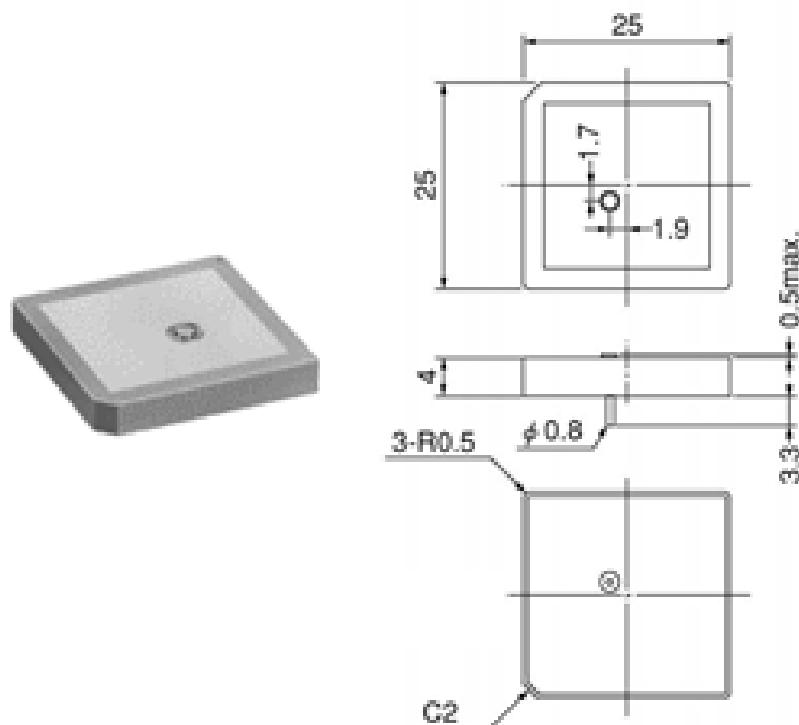


Рис. 1. Антена приймача ГНСС TOKO DAK1575MS50T

$$dS = \frac{W}{S_a} = \frac{10^{-\frac{88,24}{10}}}{0,0099} \left[\frac{Bm}{m^2} \right],$$

де W – потужність (Вт);

S_a – ефективна площа антени: $S_a = \frac{G_a \lambda^2}{4\pi}$; $\lambda = \frac{c}{f_{GPS}}$, G_a – коефіцієнт підсилення антени, c – швидкість світла, $f_{GPS} = 1575420000$ Гц [36].

За розрахунком $dS = 1.5148331671741 \times 10^{-7}$ Вт/м² ($1.5148331671741 \times 10^{-8}$ мВт/см²).

Розрахуємо межу області припустимих і неприпустимих завад для щільності потоку потужності $dS \approx 1.5148 \times 10^{-8}$ мВт/см² в залежності від відстані с застосуванням антени TOKO DAK1575MS50T на вході приймача ГНСС, використовуючи вираз (2) [11, 13] і побудуємо графік (рис. 2).

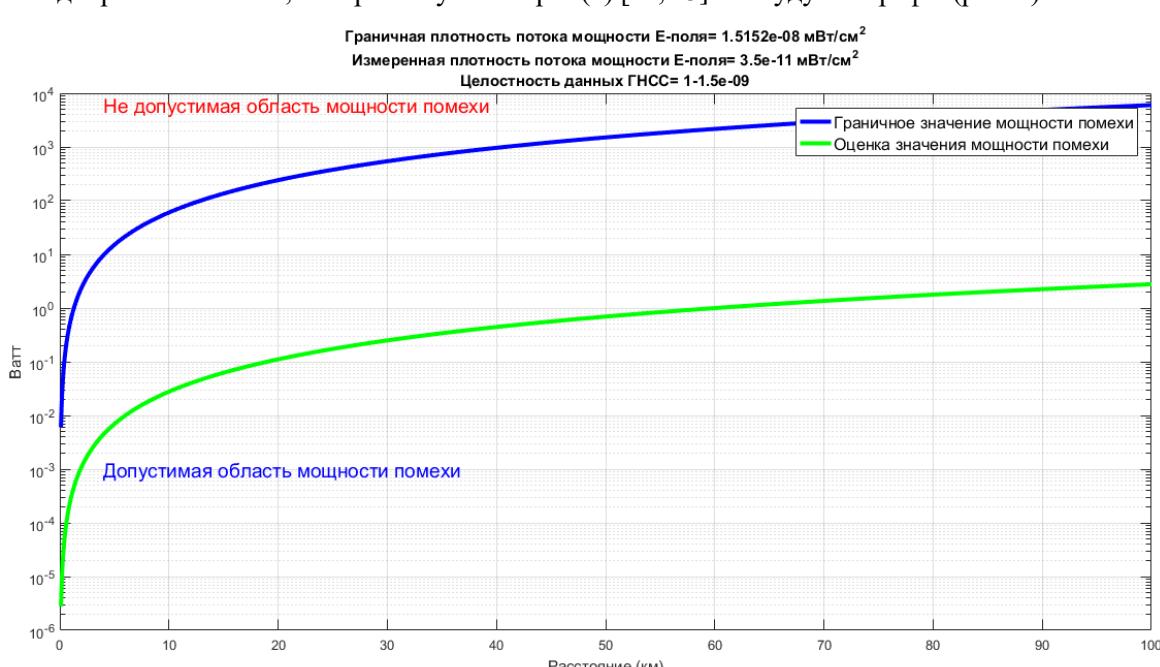


Рис. 2. Межа області потужності припустимих і не припустимих завад для необхідного відношення J/S (лінія синього кольору)

Розрахуємо і побудуємо графік залежності щільності потужності електричного поля від відстані прі постійній потужності джерела завади та цілісності даних ГНСС GPS 0.9999999984 за виразом (2) [11,13], де W – потужність завади 1, 10 та 100 Вт, G_a – коефіцієнт підсилення антени TOKO DAK1575MS50T приймача ГНСС = 5dB, для відстані D від 0 до 100 км. Результат розрахунку наведено на рис. 3.

На графіку побудуємо лінію розрахованої граничної щільності потоку потужності електричного поля завади dS на антені приймача ГНСС яка дорівнює 1.5148×10^{-8} мВт/см².

У точках перетину лінії dS з кривими щільності потоку потужності опустимо перпендикуляри на вісь відстані (рис. 3).

Область праворуч від перпендикуляра на вісь відстані і нижче кривої потужності завади – область в якій приймач ГНСС буде виконувати навігаційну задачу з ймовірністю не гірше заданої. Також з графіка можна визначити можливу відстань до джерела завади (рис. 3).

Користуючись вимірювальним приймачем (рис. 4), виміряти потужність електричного поля в точці розташування приймача ГНСС.

На графіку (рис. 3) побудувати лінію вимірюваної щільності потоку потужності електричного поля. Як що вимірювальна щільність потоку потужності електричного поля нижче то присутні завади не будуть завдавати шкоди роботі приймача ГНСС.

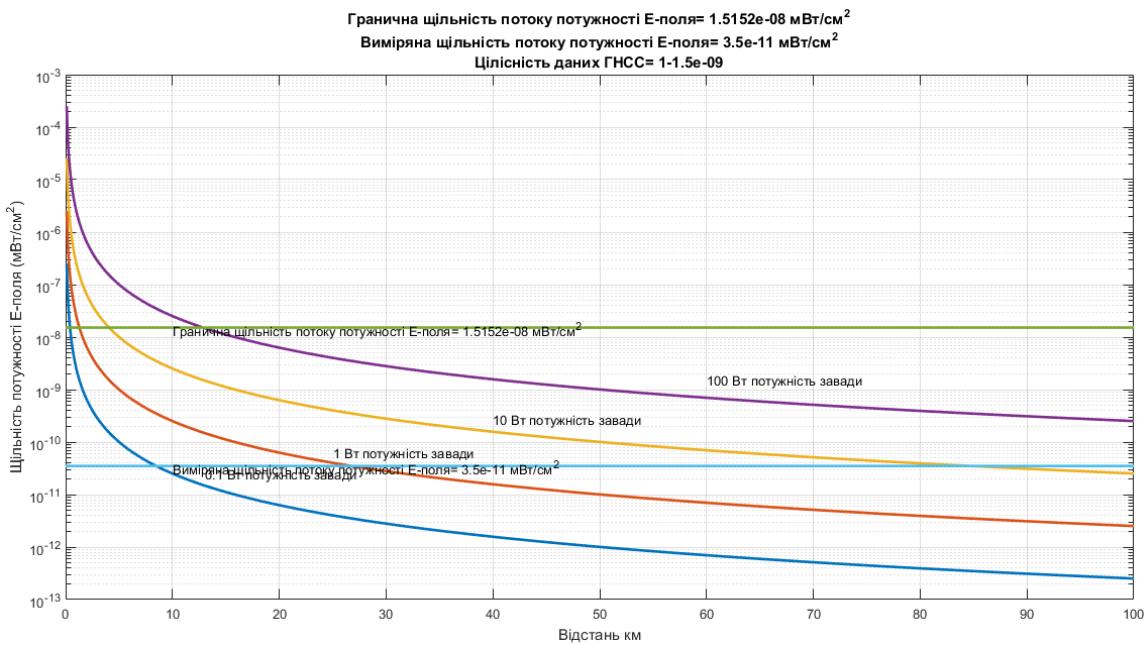


Рис. 3. Залежність щільності потужності електричного поля від відстані при постійній потужності джерела завади та цілісності даних ГНСС GPS ($1-1.5 \times 10^{-9}$)

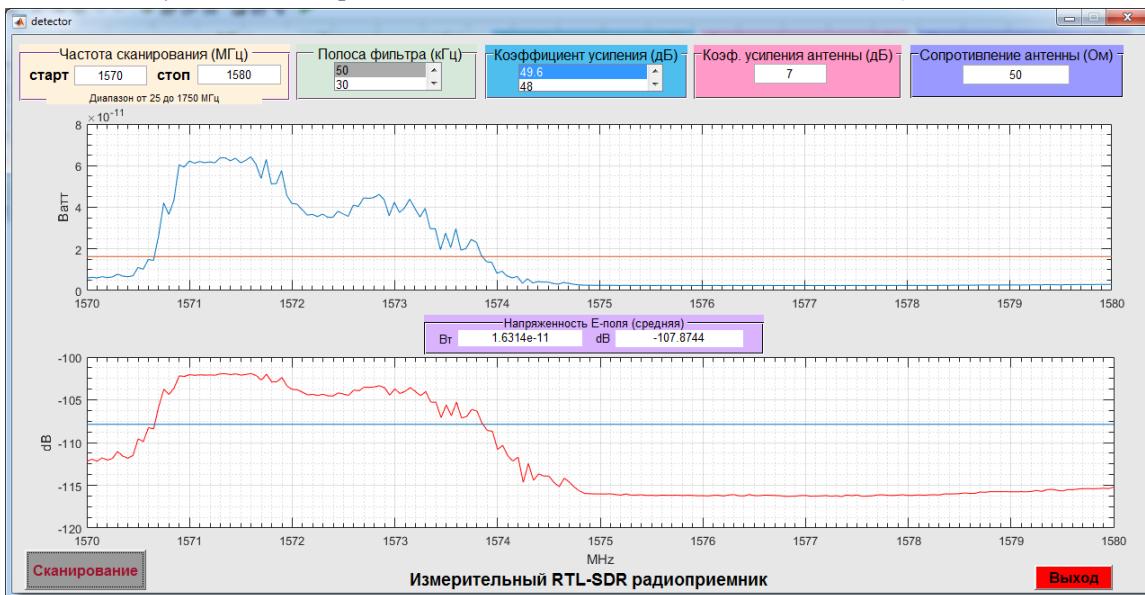


Рис. 4. Приклад вимірювання потужності електричного поля в точці розташування приймача ГНСС

На підставі графіків наведених на рис. 2 і 3 робиться висновок, що апаратура споживачів ГНСС знаходиться в припустимої зоні потужності завади і буде виконувати цільову функцію. Також з графіків (рис. 2,3) випливає, що в точці розташування приймача ГНСС є запас заводозахищеності приблизно 30 ДБ.

Висновки. На підставі звітів та наукових джерел інформація ГНСС повинна бути захищеної. Для захисту пропонується організаційні заходи, тобто моніторинг доступності радіонавігаційного поля в точці розташування апаратури споживачів. Параметром для прийняття рішення обрано щільність потужності електричного поля. Для оцінки рівня щільності потужності електричного поля розроблена методика оцінки яка базується на методах оцінки якості електромагнітної обстановки в точці розташування апаратури споживачів. Наведено результати застосування методики оцінки рівня небезпечних сигналів для ГНСС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Суходоля О. Зелена книга з питань захисту критичної інфраструктури в Україні / О. Суходоля, под ред. Д. Бірюкова, С. Кондратова, К.: НІСД, 2016. 176 с.
2. Швець В. А. Експериментальні дослідження завадостійкості систем GPS [Текст] / В. А. Швець // Вісник інженерної академії України . – 2012. № 3-4. С. 160 – 164.
3. Vulnerability Assessment of the Transportation Infrastructure Relying on the Global Positioning System. Final report. Washington, 2001.
4. Швець В. А Аналіз загроз для транспортних систем, орієнтованих на використання глобальних навігаційних спутниковых систем [Текст] / В. А. Швець, О. В. Швець // Вісник інженерної академії України . – 2013. № 3-4. С.82 – 86.
5. Швец В. А. Необхідність захисту інформації глобальних навігаціонных спутниковых систем GPS, ГЛОНАСС, ГАЛИЛЕО [Текст] / В. А. Швец // Безпека інформації. – 2014. – №2, Том 20. – С. 185 – 192.
6. Швець В. А. Загрози навігаційному сегменту мережевих спутниковых систем [Текст] / В. А. Швець // I Міжнародна науково-практична конференція "Проблеми кібербезпеки інформаційно-телекомуникаційних систем": наук.-практ. конф. 5 – 6 квітня 2018 р. : тези допов. – К. Київський національний університет – С. 493 – 497.
7. International Civil Aviation Organization (ICAO) Aeronautical Telecommunication. Volume II: Communication procedures including those with PANS status. Annex 10 to the Convention on International Civil Aviation / International Civil Aviation Organization (ICAO), Montreal: Printed in ICAO, 2001. 96 с.
8. Циркуляр 267-AN/159 Рекомендации по внедрению и эксплуатационному использованию глобальной спутниковой навигационной системы (GNSS) М.: ИКАО, 1996. 114 с.
9. Швець В. А. Напрями забезпечення доступності і цілісності інформації глобальних навігаційних спутниковых систем [Текст] / В. А. Швець, Т. В. Мелешко // International Trends in Science and Technology: Proceedings of the XXI International Scientific and Practical Conference, January 31, 2020, Warsaw, Poland. – RS Global Sp. z O.O. Warsaw, Poland 2020. С. 29 – 36.
10. Швець В. А Підходи щодо дослідження електромагнітної сумісності глобальних навігаційних спутниковых систем в зоні аеропорту [Текст] / В. А. Швець, О. В. Швець // Вісник інженерної академії України . – 2015. № 4. С.61 – 64.
11. Швець В. А Способи оцінки енергетики електричного поля групи випромінювачів в зоні аеропорту які створюють завади глобальним навігаційним спутниковим системам [Текст] / В. А. Швець, О. В. Швець // Вісник інженерної академії України . – 2016. № 1. С.45 – 48.
12. Швець В. А Спрощена концепція математичного моделювання електромагнітної обстановки системам GPS, ГЛОНАСС, ГАЛИЛЕО [Текст] / В. А. Швець, О. В. Швець // Вісник інженерної академії України . – 2016. № 2. С.23 – 26.
13. Shvets V. A. Method of evaluation of the electric field level of dangerous signals to gnss receivers [Текст] / V. A. Shvets, V. P. Kharchenko // Proceedings of the National Aviation University, N 2 (75), 2018. pp. 7–12.
14. Shvets V. A. Radio receiver for the monitoring of the radionavigation field of global navigating satellite systems [Text] / V. A. Shvets // Sciences of Europe, Vol. 1, №36 (2019). – Praha, Czech Republic: Global Science Center LP, 2019. pp. 54 – 64.

ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

ПРЕДПОСТАВКИ ЗА УСТОЙЧИВО ИНТЕГРИРАНЕ НА НЕИЗПОЛЗВАЕМ ИНДУСТРИАЛЕН СГРАДЕН ФОНД ЗА НУЖДИТЕ НА ТУРИЗМА

PhD student, arch. Polina Savcheva

Bulgaria, Sofia, University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy;

Abstract. This article looks at various examples of the use of industrial buildings, facilities and installations for the needs of the tourism sector. Different types of converted industrial buildings are distinguished according to basic features such as location, natural features of the region, historical value of the building or facility, scale, formal function, etc. The possibility of applying these types to unusable industrial building stock on the territory of Bulgaria is also explored.

The article is a part of the research work on the project "Potential for the revitalization of industrial buildings in small settlements in Bulgaria" at the Research, Consultancy and Design Centre, UACEG.

Keywords: industrial heritage, industrial building, factory, conversion, revitalization, tourism, hotels

Въведение. Поради бързите темпове на научно-технологичния прогрес с всеки изминал ден намаляват нуждите на промишлеността от голям брой служители и мащабни производствени съоръжения. Този процес, в съчетание с все по-отявлена деиндустриализация (изнасяне на производствата в развиващи се страни) води до появата на значителен по големина неизползваем индустрисален сграден фонд, в някои случаи разположен на благоприятно място в рамките на града или сред красива природна местност. Проблемът с бъдещето на тези сгради и комплекси често е многопластов и предполага задълбочен анализ за достигане до най-устойчивото решение за бъдещо развитие. Този проблем съществува не само в промишлени градове с големи пристанища и плавателни реки, но също и в малките моноиндустриални градове, възникнали под влиянието на индустрията или разположени в близост до природен ресурс. Поради главоломното развитие на технологиите все по-често се срещат и бракувани и изоставени инженерни съоръжения, например такива, предназначени за извличане или транспортиране на даден ресурс. Всичко това е част от съществуващата градска среда и следователно трябва да се изследва неговото отражение върху здравето и благополучието на хората, както и върху околната природна среда и прилежащите екосистеми [1].

Предпоставки за използване на индустрисален сграден фонд за нуждите на туризма.

При предпроектни проучвания, изследващи потенциала за използване на индустрисалните сгради в туристическия сектор, следва да се отчетат редица фактори като местоположение в региона и населеното място, параметри на имота, конструкция, историческа и културна ценност и др. [2]. Подходът към ревитализацията на индустрисалните сгради [3], разположени в големи градове и тези, намиращи се в малки населени места или извън урбанизираната територия е различен – докато в първите се цени местоположението им спрямо важни градоустройствени точки (гари, автогари, централни и обществени части и т.н.), във втория случай се оценява най-вече околната природна среда и тяхната достъпност. Във всеки един от тези случаи следва да се разгледа определен набор от проблеми, преди да се направи предложение за нова функция. Например съоръженията за добив на ресурс, обикновено разположени близо до източника на сировината и извън населено място, често се намират в среда с нарушен екологични и естетични качества. До други сгради и комплекси, разположени на живописно място, (често в близост до воден източник) достъпът е силно затруднен. Въпреки че решаването на такива, непреодолими в кратък срок или изискващи привидно неефективни икономически вложения, проблеми, изглежда на пръв поглед нерационално, би трябвало да се обмислят отраженията на едно такова преустройство в по-дългосрочен план и да се използва максимално наличието на нефункциониращ сграден фонд, тъй като строителството и поддръжката на нови здания е изключително замърсяващо и енергоемко начинание. Сградите консумират 40 % от световната енергия и материали, 25 % от дървесината и 17 % от водата, а сградният сектор е отговорен за

повече от 40 % от вредните парникови емисии в световен мащаб [4]. В този смисъл, при условие, че няма възможност тези сгради да възвърнат своята производствена функция, най-устойчивото решение било да се помисли за смяна на тяхното предназначение, като туристическият сектор е една от най-разпространените перспективи. Освен икономическата и екологична предпоставка за запазването им, съществува и социално-културна такава. В повечето случаи тези сгради и комплекси, заедно с тяхното производство са част от историята, бита и културата на даденото място. Чрез припознаването им като ценност, експонирането им като забележителност и възраждането на някои традиционни производства с добавена стойност на вид туристическа атракция, се подпомага запазването на културната идентичност и сплотеност на съответното общество. В нашето съвремие чрез методи като Оценката на жизнения цикъл (Life Cycle Assessment, LCA) [5] биха могли с относително голяма точност да се пресметнат последствията в дългосрочен план и в различни варианти на подобни проектни решения.

Възможности за използване на индустриски сгради в България за нуждите на туризма. В България проблемът с неизползваемите индустриски сгради е сериозен и разнопосочен. Но докато в големите градове, чието съотношение на промишлени към жилищни територии достига 1:1, се търсят ефективни мерки за решаването му, то в малките градове и села той често бива пренебрегван, което е неприятна тенденция, предвид възможността за истинско подобреие в благоустройството на града и жителите му, което би се постигнало чрез решаването му. Причините за съществуването на по-голям брой неизползвани промишлени обекти извън големите градове се дължи на два процеса, започнали преди десетилетия, но с дългосрочни последствия. Първият е стремежът към по-пропорционално съотношение на промишлените мощности в големи и малки градове в края на 80-те години и последвалото появяване на множество филиали на големи предприятия в малки градове и села, често необезпечени от към работна ръка и ресурсно. Неуспели да понесат смяната на икономическия режим, тези предприятия са сред най-честите жертви на прехода. [1] От друга страна те обикновено са по-малки като мащаб и разположени сред красива природа, далеч от замърсени територии, което ги прави подходящи за използване в туристическия сектор. Друг тип обекти са тези, свързани с добивната промишленост, претърпяла силен срив в края на ХХ в. Поради все по-разрастващия се интерес към индустриския и най-вече минен туризъм, тези обекти също биха могли успешно да се интегрират за нуждите на туристическия сектор. Индустриските обекти с историческа стойност, без значение от тяхното разположение, също не са малко на територията на България, но практиката за превъртането им в туристически обекти не е популярна. Подходът към тези обекти в международната практика следва две различни насоки – опазването има като тип „музеи на индустриската“ или промяна на тяхната функция с цел опазването им от разруха [6] [7]. И в двата варианта тези обекти могат да се използват за нуждите на туристическия сектор.

Типове индустриски обекти, използвани в туристическия сектор.

Чрез емпирично изследване на чуждестранни примери биха могли да се изведат следните типове индустриски обекти, успешно интегрирани за нуждите на туристическия сектор.

- Съоръжения (всякакви видове инженерни съоръжения, включително мини, шахти, комини, въжещи ленти, влакови композиции и маршрути, машини и др.)

- С историческа стойност
- Без историческа стойност
- Сгради и комплекси (промишлени сгради със или без запазено оборудване)
- Разположени в големи градове
- Разположени в красива природна местност без запазена функция
- Разположени в малки градове или природна среда, с частично запазена функция

В следващата част на изследването са представени отличителни характеристики и чуждестранни примери за всеки един от изброените типове, като допълнително са посочени съответстващи примери от българската практика или такива с потенциал за преустройство.

○ **Съоръжения (всякакви видове инженерни съоръжения, включително мини, шахти, комини, въжещи ленти, влакови релси и машини)**

- **С историческа стойност**

Като пример за успешно интегрирани за нуждите на туризма индустриски съоръжения с историческа стойност могат да се посочат *солните мини Величка (Wieliczka Saltmine)*, находящи се

на 17 км от град Krakow, Полша (*фиг.1*). Съоръженията за добиване на каменна сол включват галерии на 9 нива, на дълбочина над 300 м, а мястото е известно с богатата си история. Разработването на залежите по традиционен способ започва още през XIII в. и продължава до 90-те години на миналия век, като към момента се извършва по иновативна технология, благоприятна за опазването на околната среда. Обектът е присъединен към листата на ЮНЕСКО през 1978г. и към момента е един от най-посещаваните исторически обекти в Полша с над 1.2 млн. туристи годишно.[8]

Успехът на този проект се дължи не само на безспорната му историческа и инженерна стойност, но и на многообразието на функции и съответно разнообразието на предлаганите видове туристически атракции, свързани с тях. На първо място е производствената функция – добивът и обработката на каменна сол в исторически и съвременен аспект. Към настоящия момент е прекратен добива на „бялото злато“ [8] по традиционен начин, но продължават да се извличат няколко десетки тона сол годишно чрез изсмукване и изпаряване на водите от мината – процес по принцип необходим за поддържане на тунелите в изправност. Освен с този иновативен вид производство, посетителите могат да се запознаят и с традиционните методи на добив, както и с живота, бита и работата на миньорите чрез различни видове тематични маршрути из недрата на мината, включително чрез участие в пресъздаване на работния процес. Второ място заемат традиционните за мястото СПА процедури и лечебен туризъм, свързан с благоприятното въздействие на солта върху здравето. Чрез реконструкция и преустройство на стари къпални е организиран хотел с историческа атмосфера, предлагащ многобройни и разнообразни рекреационни и лечебни процедури, а за наистина неповторимо изживяване е възможно и настаняване с преспиване в една от галерийте на мината, разположена на 135 м. дълбочина, чийто въздух се счита за изключително здравословен, поради отсъствието на бактерии и алергени. Не на последно място, комплексът, известен със своите религиозни традиции, привлича вярващи с подземната си църква и специално обособен „маршрут на Пилигрима“, за тези, търсещи уединение и духовно изживяване. Към всичко това допълнително се предлагат под наем подземни зали за организиране на различни събития, а много от галерийте са поле за изява на различни скулптури и други артисти.[8]

По този начин, чрез интегриране на различни по своята същност функции и опазване и поддържане на харakterните за местността традиции, е постигнато успешното интегриране на съоръженията и сградите на мината „Величка“ за целите на туризма.

Към момента в България няма обект на минния туризъм с подобен обхват, но съществуват такива с ценни исторически качества и достатъчен потенциал, за да се превърнат в притегателен център за посетители. Като пример биха могли да се посочат *мините за оловно-цинкови руди в Родопския регион и свързаните с тях съоръжения и сграден фонд (фиг.1)*. Според някои историци, добивът на ценни метали там е започнал още преди 7 хилядолетия, но със сигурност е установено, че е съществувал по време на Римската империя (I-V в. сл. Хр.), като останки от тези ранни периоди на рудодобив са локализирани около Велинград и Смолян. Друг интересен исторически пласт е бурното развитие на минното дело през 20-ти век – в началото с помощта на австрийски и немски, а по-късно и на руски учени. Тази богата рудодобивна традиция с физическото си присъствие, изразено в многобройни сгради и съоръжения - мини, шахти, възвелини и т.н. – съчетана с красотата и запазената чистота на природата на Родопския регион, са достатъчни предпоставки за успешното и устойчиво интегриране на комплекса за нуждите на туризма. През 2019 г. община Мадан обяви стартирането на проект „Устойчива екологично-културна валоризация на минни и карьерни обекти в трансграничния регион“ субсидиран по Програма за трансгранично сътрудничество ИНТЕРРЕГ V-A Гърция – България. Проектът включва работа по няколко ключови обекта:

- Ремонт и рехабилитация на „Кристална зала“ – Мадан: в залата се помещава уникална по рода си колекция от кристали, открита през 1984 г.;

- Реконструкция и рехабилитация на „Музей по рудодобив и минно дело“ Мадан: предвижда се използването на възрожденска обществена сграда за нуждите на музея;

- Облагородяване на прилежащата територия в района на музейните съоръжения;

- Ремонт и обезопасяване на „Пещера Шаренка“: пещерата е разположена в природна местност близо до Мадан и в нея са открити следи от рудодобив по време на бронзовата епоха. В

Голямата зала е разположена експозиция от восьчни фигури, илюстриращи минния бит и традиции. Целта на проекта е обезопасяването и превръщането на пещерата в туристически обект;

- Превръщане на закрита минна изработка в Подземен минен музей „Сполука“: минната изработка е изчерпана и се предвижда обезопасяването ѝ и прекарването на нов релсов път за акумулаторен локомотив, който да служи при развеждане на туристите, както и поставянето и подходящото осветяване на разнообразни експонати, свързани с рудодобива; [9]

Горепосоченият пример показва, че в България не просто съществуват исторически индустриални обекти с потенциал за използването им в туристическия сектор, но и тяхната ценност като такива вече е разпознаваема от институциите и широката публика.



Фиг. 1. Сгради и съоръжения от мина „Величка“, Краков, Полша; (първи ред – изглед към преустроени бивши производствени сгради на комплекса; втори ред – изглед към достъпни за посещения подземни галерии и експозиции [8]; Сгради и съоръжения на минната индустрия в Родопски регион, България; (трети ред, ляво – административна сграда към рудодобивна компания в гр. Рудозем; дясно - неизползвани съоръжения близо до с. Фабрика, общ. Златоград – снимките са авторски)

- **Без историческа стойност**

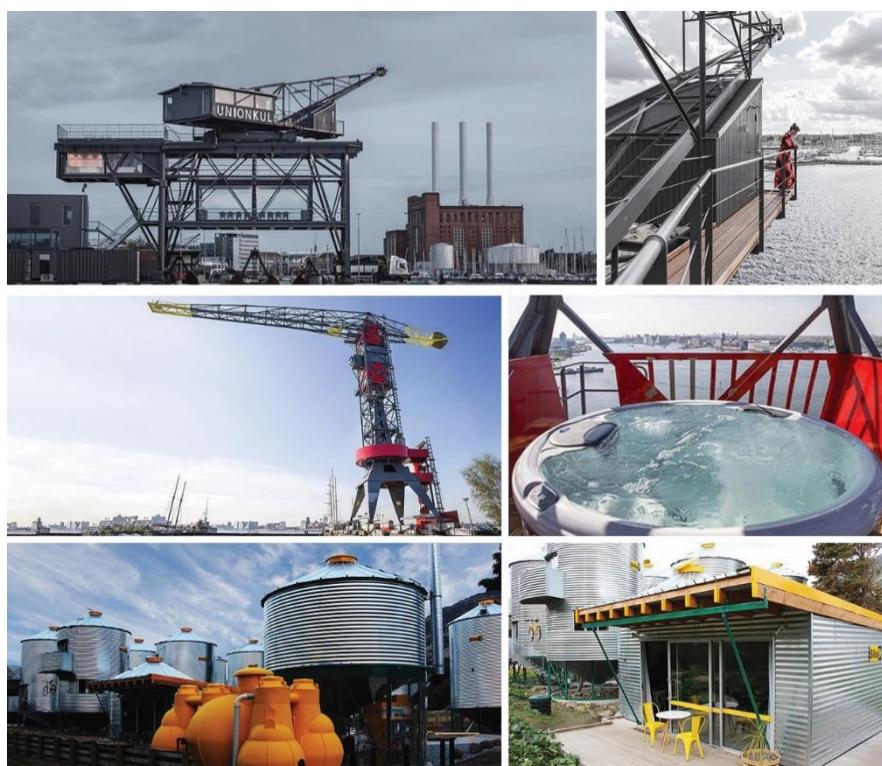
Обектите в тази категория са резултат от по-необичайни решения, но въпреки това не биха могли да се сметнат за изключение. Тук попадат всякакви видове индустриални съоръжения и оборудване, които не притежават историческа стойност, нито сами по себе си, нито като типични представители на етап от инженерно-технологичното развитие на дадено производство. Това могат да бъдат съоръжения, бракувани поради въвеждането на нови технологични линии или дори поради тотално премахване (от даденото местоположение) на производството, към което принадлежат.

Крановете и други високи пристанищни съоръжения, находящи се в крайбрежна производствена зона, съвсем естествено стават обект на подобни преустройства, поради своето местоположение и гледката, която се разкрива от тях. Причината за тази тенденция е, че в даден момент от развитието на съответния град, пристанищните му зони започват да губят своите производствени функции – започва процес на изместване на товаро-разтоварните зони и производствата извън границите на населеното място или по неговата периферия. В този момент пристанищната зона все още носи индустриски характер, но той замира и предстоят

проекти за цялостно преустройство на зоната, която обикновено е с благоприятно положение близо до градския обществен център. В тази ситуация възникват смели идеи за преизползване на съответните съоръжения за нуждите на туризма, като вид по-екстравагантно и дори екстремно преживяване. Наличието и функционирането на обекти като *The Krane* в Копенхаген (кран за въглища от 1944 г. преустроен в луксозен хотел), (фиг.2) и *The Faralda Crane Hotel* (хотел предлагаш екстремни развлечения като люлка на високо и скачане с бънджи) в Амстердам (фиг.2), доказва, че съществува търсене на подобен вид атракция [10].

Силозите и бункерите от своя страна, в повечето случаи са доста удобни за преустройство в хотелски единици – техният цилиндричен обем позволява постигането на интересни еднопространствени жилища. Интересен пример в това отношение е *SiloStay* – хотел, изграден от рециклирани зърнени силози в гр. Литъл Ривър, Нова Зеландия (фиг.2), предлагащ възможности за „зелен“ туризъм в природна среда [10].

Разбира се, преустройството на индустритални съоръжения далеч не се ограничава с изброените типове – това е сфера, в която дори най-екстравагантните и необичайни идеи биха могли да имат своето приложение. В България към момента подобни решения не са приложени.



*Фиг. 2. Индустритални съоръжения преустроени за нуждите на туризма; първи ред – изгледи от *The Krane* – луксозен хотел в Копенхаген; втори ред – изгледи от *The Faralda Crane Hotel* – хотел разположен на пристанището на Амстердам; трети ред – изгледи от *SiloStay* – хотел, изграден от зърнени силози в гр. Литъл Ривър, Нова Зеландия; [10]*

- Сгради и комплекси (промишлени сгради с или без запазено оборудване)
- Разположени в големи градове

Характерно за големите градове е наличието на няколко индустритални зони, разположени в различна близост до централната обществена част. Поради историческото разрастващие на повечето градове, по-старите промишлени зони, съответно с по-стари и по-малки като мащаб предприятия, понастоящем се намират в централните части, т.е. в перспективни зони, предназначени за бъдещо обществено ползване. Това се отнася най-силно за градовете, през които минава река или тези, разположени на брега на морето. Естествено в тези зони са разположени стари индустритални сгради, изключително подходящи за хотелска функция, поради централното си местоположение, красавата гледка и често – неповторим автентичен чар. Практиката показва, че най-често тези сгради приемат хотелска, жилищна или

обществена функция, докато индустриалните сгради, разположени в по-периферните части на градовете, се преустрояват в алтернативен вид пространства като creative hub, art space или в офиси, във филиали на образователни институции и в спортни съоръжения. Хотелските обекти от този тип почти никога не запазват своите технологични съоръжения и функцията си, тъй като се разчита по-скоро на местоположението като тяхно най-силно притегателно качество.

Тези обекти биват няколко подвида:

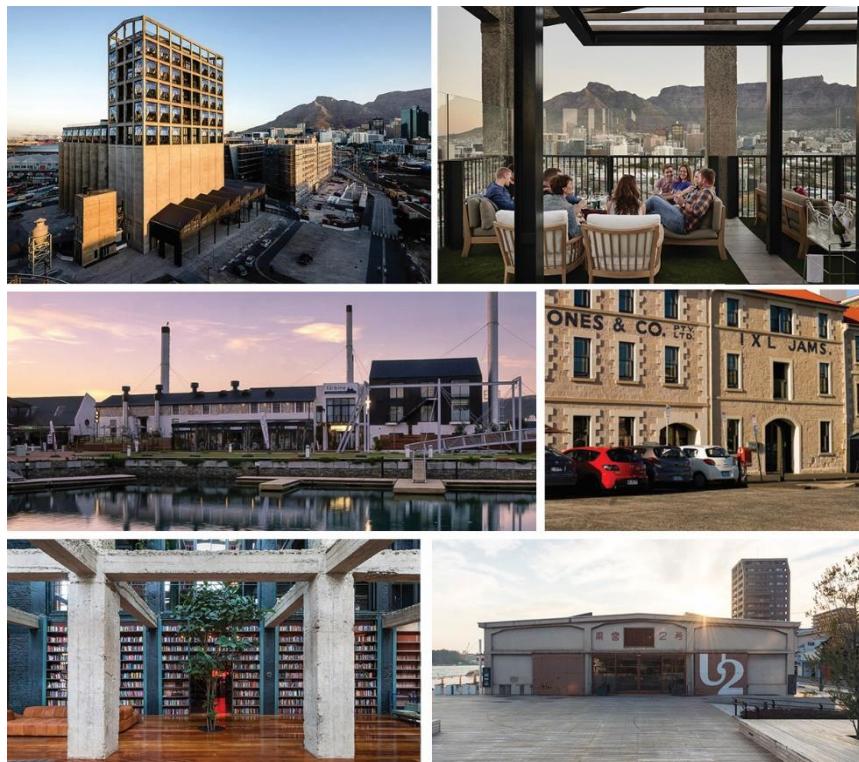
- **Големи, мащабни, ключови проекти** – това са индустриални предприятия, които доминират прилежащата им зона, било то чрез своя мащаб, естетика, историческа ценност, уникалност или ролята им като символ на дадения град. Често ревитализацията на такъв тип предприятие е стартов проект и се използва като катализатор за преобразяване на цялата околнна зона и хотелските функции биват съчетани с обществени такива, за постигане на устойчиво социализиране на мястото. Като пример за подобен проект би могъл да се посочи *The Silo*, Кейп Таун, Южна Африка – разположен в пристанищната част силоз за зърно, преустроен в луксозен хотел и музей на съвременното африканско изкуство (фиг.3). Когато е издигната през 1924 г., тази сградата е най-високата в Субсахарска Африка и повече от 80 години играе важна роля в ключовата за икономиката на страната търговия със зърно. След мащабен проект за преустройство, днес това е една от разпознаваемите сгради в пристанищния силует на Кейп Таун, а музеят е най-посещаваният такъв обект в Южна Африка. [10];

- Друг широкоразпространен вид индустриални сгради, преустроени за нуждите на туризма са **малките исторически обекти**, при които отново ключова роля играе местоположението. Тесните нискоетажни обеми на тези сгради са подходящи за придобиване на хотелски функции, поради лесното им преустройство в хотелски жилищни единици. Тези обекти също често биват семеен тип хотели, запазили фамилното име и историята на предприятието, което изключително допринася за автентичната им атмосфера. Като типичен пример може да се посочи *The Henry Jones Art Hotel, Hobart*, Тасмания (фиг.3) – арт-хотел поместен в реставрираната сграда на фабрика за мармелад, построена в началото на XIX в [11]. Освен с двестагодишната си история, хотелът привлича най-вече със своето местоположение, разположен на самия бряг на старото пристанище, с невероятна морска гледка, този хотел е на пешеходно разстояние от ж.п. гарата, както и от градския център с неговите забележителности. Допълнително, мястото приема и функцията на изложбена зала с над 300 експоната на съвременното австралийско изкуство. Друг подобен пример е *The Turbine Boutique Hotel and Spa*, Найсна, Южна Африка (фиг.3). Поместен в нефункционираща топлоцентрала на брега на Найсна – селище, някога известно със златните си залежи и развитата дървообработвателната индустрия, а в момента популярен туристически център, този хотел е своеобразен символ на развитието на града [12].

Подобен тип проекти са доста разпространени в Полша например, тъй като тя е държава с богато индустриално минало. Впечатление правят малките бутикови хотели на Лодж, град известен с история в текстилното производство. Изследването на подобен тип примери би помогнало да се намерят евентуални направления за развитие на някои от нашите исторически текстилни селища. В България като обекти от такъв тип конверсия биха могли да се посочат хотел „Вентура“, в кв. Аспарухово, Варна, поместен в построена през 1952 по типов съветски проект парна топлоцентрала [13]. Хотелът е разположен в близост до морския бряг и плажната ивица и от стаите му се открива красива гледка;

- По-рядко срещан вид индустриални обекти, преустроени за нуждите на туризма са сгради от средата и края на ХХ в. **без значителна в историческо отношение функция и без отличителни естетически качества**. Често това са складови или подобен тип сгради, чието основно предимство е тяхното местоположение и стабилна носеща конструкция. Пример за този вид обекти би могъл да бъде *Stamba Hotel*, Тбилиси, Грузия (фиг. 3) – печатница от втората половина на ХХ в., изцяло преобразена, като единствените запазени елементи са нейната конструкция и мащабните стелажи с книги от месни автори, символизиращи бившата функция на сградата [14]. Подобен пример е и *Hotel Cycle*, Онномичи, Япония (фиг. 3), разположен в бивш военен склад на морския бряг на индустриалното селище [15]. Хотелът е тематично ориентиран към велолюбителите, а старата му функция е изцяло заличена.

В България като пример за подобен тип преустройства могат да се дадат хотелите поместени в административните сгради на нефункциониращи предприятия, разположени в индустриалните зони на градовете. Този тип места за настаняване са изключително популярни сред международните шофьори, тъй като са разположени в близост до работещите предприятия, като същевременно обаче тази близост ги прави нежелани за друг тип посетители.



Фиг. 3. Индустриски сгради, разположени в големи градове, преустроени за нуждите на туризма, поради благоприятно местоположение; първи ред – изгледи от Silo Hotel, Кейп Таун, Южна Африка [10]; втори ред: ляво – The Turbine Boutique Hotel and Spa, Найсна, Южна Африка [12], дясно – The Henry Jones Art Hotel, Хобарт, Тасмания [16]; трети ред: ляво – Stamba, hotel, Тбилиси, Грузия [14], дясно - Hotel Cycle, Ономичи, Япония [15];

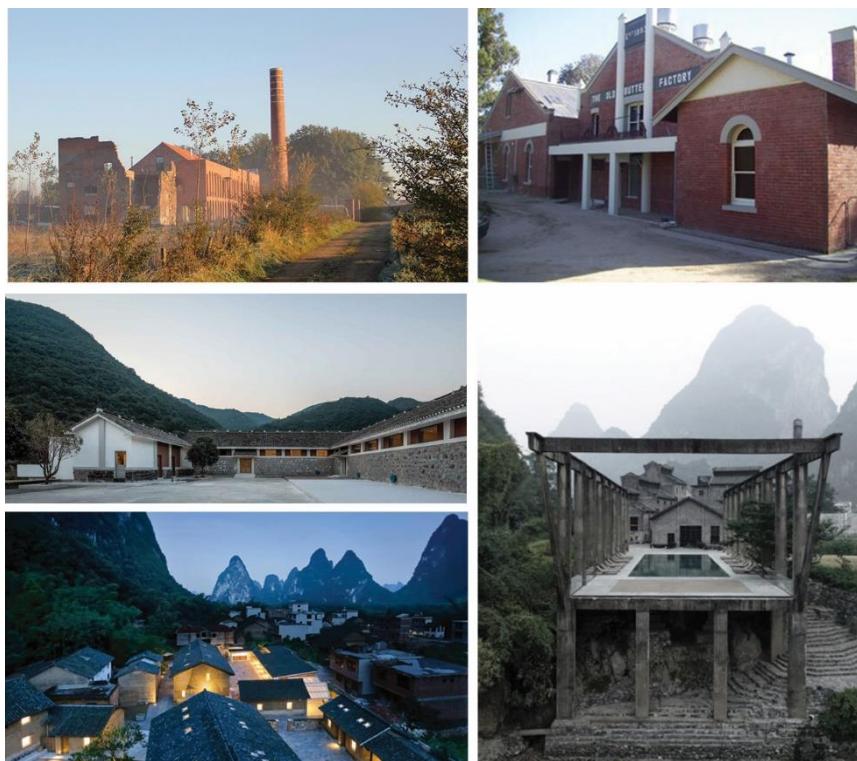
- **Разположени в красива природна местност**

Разположените извън населено място или в малки селища индустриски сгради, преустроени в хотели, са в общия случай малки обекти тип семеен хотел. Често това са фамилни предприятия от аграрния сектор – ферми, дестилерии, мандри и т.н. Характерни за тях са ниската етажност и малкия мащаб, както и липсата на отявлен архитектурни качества – доминираща роля в случая има природата. Този тип обекти са особено популярни из Западна Европа и тяхната първоначална функция може да бъде запазена като допълнителен доход за собствениците или изцяло премахната, но рядко бива организирана като атракция за посетителите. Хотели като преустроените ферми *Alex Factory*, *Autres Caps*, *La Ferme Du Vert* и др. в района на Виар – Ефроа, Франция [17], като конвертираната джин дестилерия *B&B Amuse-Couche* близо до Хаселт, Белгия [18] (фиг.4), като *Springhurst Butter Factory*, Спрингхъраст, Виктория, Австралия [19] (фиг.4) и др. могат да се разглеждат като примери за подобен тип обекти. Никое от изброените места за настаняване не е запазило оригиналната си функция, но като главно тяхно преимущество се изтъква природната среда и различните атракции като колоездене, езда, риболов и планинарство, свързани с това местоположение.

В гъсто населените държави като Китай например, този тип обекти предлагат уединение в природна среда и връщане към човешкия мащаб и не е тяхната първоначална функция това, което ги прави привлекателни, а усамотението и спокойствието, което предлагат. Примери за такъв тип проекти са: *Alila Yangshuo*, Янгшую – преустроена в хотел фабрика за захар от 60-те години (фиг.4); *Huchen Barn Resort*, Джъдзян – реновирани хамбари за зърно (фиг.4); *XY Yunlu*

Hotel, Гуанси – бутиков хотел, помещен в стара ферма (фиг.4) и др. [20]. Всички тези проекти са разположени сред извънредно красива природа.

В България подобен тип преустройства не са широко популярни.



Фиг. 4. Индустриски сгради в природна среда, преустроени за нуждите на туризма първи ред: ляво – B&B Amuse-Couche, Хаселт, Белгия [18], дясно – Springhurst Butter Factory, Спрингхъраст, Виктория, Австралия [19]; втори ред – Huchen Barn Resort, Джъндзян, Китай; трети ред: ляво – XY Yunlu Hotel, Гуанси, Китай, дясно – Alila Yangshuo, Янгшую, Китай [20]

• **Разположени в малки градове или природна среда, с частично запазена функция**

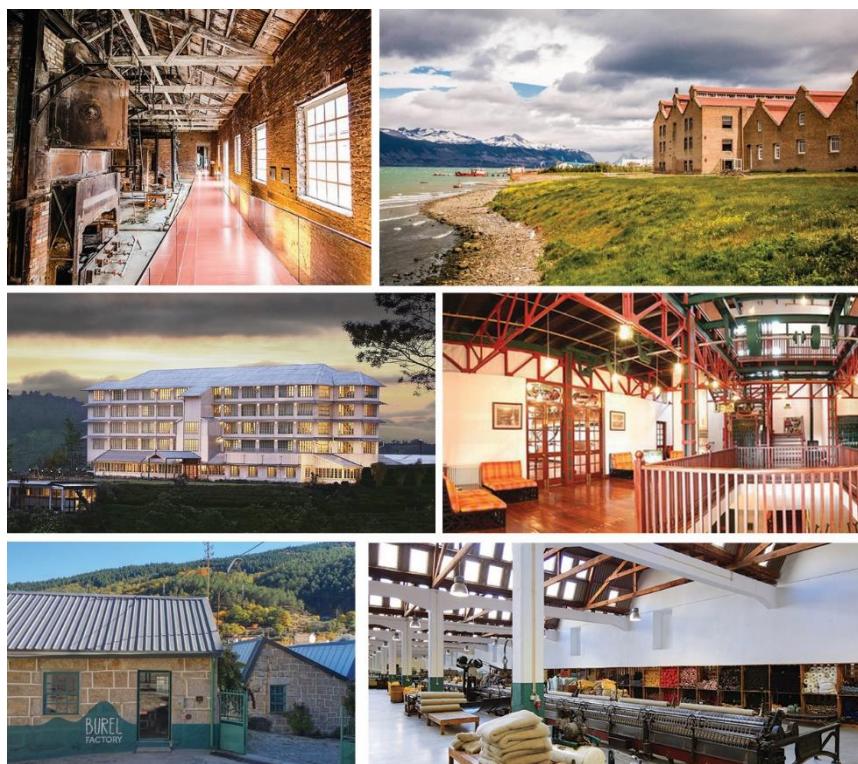
Придаването на допълнителна стойност на оригиналната функция на дадено предприятие, чрез превръщането ѝ в туристическа атракция е един доказано успешен метод за постигане на успех при използването на индустриските предприятия в сферата на туризма. Тенденцията производствата да стават отворени и достъпни за посетители се засилва през последните години, докато идеята за участие на посетителите в процеса на създаването на продукта също набира популярност. Тези течения засягат както новоизградени предприятия, така и исторически такива.

Heritance Tea Factory, Нувара Елиа, Шри Ланка (фиг.5) е типичен пример за хотел, разположен в стара индустриска сграда. Изградена в края на XIX в., фабриката е разположена на над 2000 м надморска височина, сред редици чаени насаждения и притежава богата колониална история. Отличителното в нея е, че по-голяма част от техническите съоръжения са запазени и реставрирани и към момента функционира малко бутиково производство. Посетителите биха могли не само да се насладят на спиращата дъха гледка и автентична атмосфера, но и да станат част от процеса на производство на чай – през брането, обработването и сушенето, до дегустирането. Нещо повече – комплексът осигурява на местните хора възможност за заетост в производството на чай и опазва традиционните методи, характерни за областта, като по този начин осигурява устойчиво развитие на района. [10]

В България потенциал за подобен тип преустройство имат многобройните нефункциониращи сгради на т.н. „Монопол“ – западната през последните десетилетия тютюнева индустрия. Обектите, свързани с производство на розово масло – едно от националните богатства на България – също биха имали успех в туристическия сектор.

The Singular Patagonia Hotel, Пуерто Бориес, Чили (фиг.5) е друг интересен пример за ползването на историческата функция като вид атракция. Този уникатен по рода си хотел, разположен в непосредствена близост до един от най-красивите национални паркове на Чили и същевременно отдалечен на стотици километри от динамиката на големия град, предлага на своите посетители неповторимо изживяване. Освен с многообразните възможности за активности сред природата, комплексът впечатлява и с интересната си история. Предприятието, построено в началото на XX в. като кланица и хладилен склад, е с частично запазено оборудване, изложено в една от залите на хотела. Интересен факт е, че прилежащият град е възникнал под влиянието на предприятието и към момента отново там е основният източник на работни места. [10]

Burel Factory, Мантайгас, Португалия [21] (фиг.5) е по-нестандартен, но все пак отличителен пример за потенциала на ревитализирани индустриски обекти да послужат като катализатор за развитието на дадено малко населено място. Фабриката, произвеждаща рядък традиционен за областта вълнен плат, е дело на двама предприемачи. През последното десетилетие те съживяват нейното производство като ремонтират стара производствена сграда, настаняват там оригиналното оборудване от XIX в., възстановяват производството на някои стари десени и наемат местни хора, запазили познание за традиционните методи на производство. След успеха на това начинание, още две околнни сгради биват реставрирани и преустроени в хотели, а към момента обиколката на фабриката и представянето на нейното производство са основна атракция за посетителите. Този проект допълнително осигурява застост на всички местни жители, работещи във фабриката и по поддръжката на хотелите.



Фиг. 5. Индустриски сгради, преустроени за нуждите на туризма, с частично запазена функция; първи ред – *The Singular Patagonia Hotel*, Пуерто Бориес, Чили [10]; втори ред – *Heritance Tea Factory*, Нувара Елия, Шри Ланка [10]; трети ред – *Burel Factory*, Мантайгас, Португалия (ляво [22], дясно [21])

Заключение. Представените примери показват различни успешни подходи за осъществяване на интегрирането на неизползваем индустриски сгради за нуждите на туризма. В България съществуват голям брой нефункциониращи индустриски сгради, които биха могли успешно да се интегрират за нуждите на туристическия сектор - красива природа, благоприятният климат и богатото историческо наследство правят страната изключително подходяща за развитие на туристическия сектор и използването на такъв тип сгради в него би

увеличило конкурентоспособността и би разширило възможностите за професионално развитие. По тази причина при взимане на решения относно съдбата на даден неизползваем индустриски обект, следва да се вземат под внимание чуждия опит в това отношение и да се търсят възможности да бъде приложен към местните условия.

REFERENCES

1. Сентова, Е. Производствените територии в България в контекста на идеята за устойчиво развитие. Годишник на УАСГ, София, 1999-2000, 40 (1): p.197-202
2. Христов, И. Модернизация, реставрация и преструктуриране на промишлените предприятия в условията на реконструкция и реорганизация на индустриски територии в Република България. Дисертация, УАСГ, София, 2016
3. Христов, И. Различия в подходите за регенерация на индустриски сгради в зависимост от големината на населените места. IX Международна научна конференция по „Архитектура и строителство ArCivE '2019", 31 Май – 2 Юни 2019 г., Варна, 1: p.31, ISSN 2367-7252
4. Сентова, Ек. Устойчивата архитектура – традиция и новаторство. Международна Юбилейна научно-приложна конференция Наука и Практика, 15-17 ноември 2012, УАСГ, София, 1: p.189-194, ISBN 978-954-724-049-0
5. Сентова, Ек. Устойчива архитектура и среда за труд. Студио 17,5-M, София, 2019, ISBN: 978-619-91051-4-6.
6. Кремидзер, Ж.-Б., Даскалова, Цв. Индустриското наследство на Франция. Годишник на УАСГ, София, 2019, 52 (S1): p.S1523-S1533, ISSN 2534-9759
7. Савчева, П. Индустриското наследство в България. IX Международна научна конференция по „Архитектура и строителство ArCivE '2019“, 31 май – 2 юни 2019 г., Варна, 1: p.118, ISSN 2367-7252
8. <https://www.wieliczka-saltmine.com/>
9. <https://www.eufunds.bg/bg/node/2176>
10. <https://www.uniqhotels.com/industrial-hotels>
11. <https://thehenryjones.com/>
12. <https://www.turbinehotel.co.za/>
13. Христов И., „Конверсия на промишлени сгради в жилищни“. Международна юбилейна научно-приложна конференция УАСГ 2012 - гр. София, 2012, I: p.141-146, ISBN 978-954-724-049-00
14. <https://www.dezeen.com/2018/11/22/video-hotels-ahead-europe-awards-2018-winners/>
15. <https://onomichi-u2.com/>
16. <https://www.booking.com/hotel/au/henry-jones-art.en-gb.html>
17. <https://freemeteo.co.uk/weather/offrethun/hotels/?gid=2989714&language=english&country=france>
18. <https://www.booking.com/hotel/be/amuse-couche>
19. <https://www.hotels.com/ho565658/springhurst-butter-factory-springhurst-australia/>
20. <https://www.dezeen.com>
21. <https://www.burelfactory.com/en/about-us/the-factory/the-history/>
22. <https://www.inspirock.com/portugal/manteigas/burel-factory-a1464611751>

ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ЭКОНОМИКИ УЗБЕКИСТАНА

Абдалова З. Т., к.г.н., доцент

Янчук С. Л., доцент

Камилова Н. К., профессор

Курбонов Ш. Б., доцент

Назаров М. И., доцент

кафедра «Экономическая и социальная география» Узбекского Национального университета имени Мирза Улугбека, Узбекистан

Abstract. The authors of the article, based on a comparison of per capita indicators of gross regional product, industrial, agricultural production and investment, as well as the sectoral structure of the economy of the regions of the Republic of Uzbekistan, analyzed the territorial differentiation of the level of economic development of the country. The main directions of smoothing regional imbalances using economic policy instruments were considered.

The article provides an analysis of the territorial structure of the national economy of the Republic of Uzbekistan by important indicators of socio-economic development, an assessment of the socio-economic structure and differentiation of the regions according to the population's living standards. The role and importance of industry as the most important material industry ensuring a balanced and sustainable development of the regions of Uzbekistan, was also discussed in the article.

The change in the sectoral and territorial structure of industry in the context of modernization and diversification of the economy was explored. The influence of factors and conditions on the concentration and specialization of industries of the republic was studied in details in the article. A grouping of regions was carried out according to some economic indicators. The main conclusions and results of the study were also given.

Keywords: territorial structure, territorial differentiation, modernization, investment, regional economic policy, diversification, free economic zones, business climate, SWOT analysis, clusters, growth poles, innovations.

Введение. В настоящее время в Республике Узбекистан наблюдается значительный разрыв в уровне экономического и социального развития регионов. Так, разница между душевым ВВП по регионам с максимальными и минимальными значениями этого показателя превышает 7 раза. Такая ситуация, в свою очередь, способствует возникновению диспропорций в уровне жизни населения. Сложившаяся социально-экономическая дифференциация регионов во многом обусловлена различиями как в обеспеченности ресурсами, так и в исторически сложившейся отраслевой структуре хозяйства, однако имеют значение также неодинаковые уровень реагирования на рыночную конкуренцию, предпринимательская и инвестиционная привлекательность территорий.

При этом следует подчеркнуть, что характер расселения и пространственная структура хозяйственной системы Республики Узбекистан во многом детерминированы природными ресурсами, в частности, водными. Влияние водно-ресурсного фактора подтверждается устойчивым, на протяжении сотен и тысяч лет существования земледельческой цивилизации в Средней Азии, сохранением территориальной концентрации производства и населения в предгорных и речных долинах. Можно сказать, что общая схема пространственной организации общества под воздействием этого фактора остается почти неизменной длительное время.

Сокращение дифференциации регионов по уровню социально-экономического развития и совершенствование территориальной структуры хозяйства выступает необходимым условием устойчивого развития и модернизации национальной экономики Республики Узбекистан.

Результаты исследования. Одним из основных стратегических направлений реформирования Узбекистана является структурная перестройка экономики. В принятой в 2017

году Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах особая роль принадлежит вопросам обеспечения сбалансированности и устойчивости национальной экономики, увеличению в её структуре доли промышленности, сферы услуг, малого предпринимательства, а также проведению активной инвестиционной политики, направленной на модернизацию, техническое и технологическое обновление производства, реализацию проектов производственной, транспортно-коммуникационной и социальной инфраструктуры. [1].

В Республике Узбекистан различия регионов по важнейшим социально-экономическим индикаторам очень существенные. Относительно высоким удельным весом ВВП в территориальной структуре национальной экономики страны выделяются город Ташкент и Ташкентская область, Самаркандская, Кашкадарьинская, Андижанская и Ферганская области. В настоящее время 14% территории Узбекистана производит почти 60% ВВП страны.

В объёме промышленного производства страны значительный удельный вес характерен для тех же регионов, что и высокий удельный вес ВВП в целом. (табл. 1. рис. 1).

Как известно, промышленность является одной из ключевых отраслей национальной экономики и играет ведущую роль в повышении уровня экономического развития общества, в формировании материальной основы индустриализации экономики и стабильного социального развития. При этом, в обеспечении территориальной сбалансированности национальной экономики Узбекистана роль промышленности, безусловно, значительна. В процессе перехода от плановой экономики к рыночной развиваются различные формы собственности, конкуренция и новые формы хозяйствования, что отражается на структуре, темпах, характере и уровне развития промышленного производства, а также на изменении отраслевой и территориальной структуры промышленности Узбекистана.

Изучение динамики роста промышленности Республики Узбекистан показывает постепенное увеличение её удельного веса в ВВП страны. Если в 2000 году доля промышленности составляла 14,2 %, в 2013 году – 24,2, то в 2017 году – 27,2 % ВВП. В настоящее время в промышленности занято 1826,8 тысяч человек, или 13,6% всех занятых в экономике страны, и функционирует около 57,0 тысяч промышленных предприятий.

Таблица 1. Удельный вес регионов Республики Узбекистан в общереспубликанских основных экономических показателях в 1998 и 2018 годы (в %).

Регионы	Территория	Численность населения		Валовой внутренний продукт		Продукция промышленности		Продукция сельского хозяйства		Инвестиции в основной капитал	
		1998	2018	1998	2018	1998	2018	1998	2018	1998	2018
Респ. Узбекистан	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Респ. Каракалпакстан	37,1	6,1	5,6	3,3	3,5	2,4	4,1	3,7	3,5	6,5	5,4
Области:											
Андижанская	0,9	8,9	9,2	7,1	6,7	10,5	10,5	9,9	10,5	7,0	3,8
Бухарская	9,0	5,8	5,7	5,5	5,2	5,9	4,6	7,2	9,1	5,3	7,7
Джизакская	4,7	3,9	4,1	2,4	2,9	1,2	1,5	4,5	6,1	1,9	2,9
Кашкадарьинская	6,4	8,8	9,7	6,9	7,0	7,6	6,1	9,2	7,8	8,8	13,3
Навоийская	24,7	3,2	2,9	3,5	5,3	10,0	13,3	3,9	4,4	3,9	8,5
Наманганская	1,6	7,8	8,3	4,3	4,5	3,1	2,5	6,6	6,7	5,6	6,6
Самаркандская	3,7	10,9	11,4	7,4	7,7	4,3	4,9	11,6	13,7	7,3	5,7
Сурхандарьинская	4,5	7,0	7,7	4,6	4,2	2,5	1,2	9,5	8,0	3,2	5,8
Сырдарьинская	1,0	2,7	2,5	2,2	2,0	1,2	2,2	3,5	3,0	2,3	2,2
Ташкентская	3,5	9,7	8,7	9,0	9,4	12,2	16,7	13,0	9,8	8,6	9,0
Ферганская	1,5	10,9	11,1	9,4	6,2	12,1	6,1	9,4	9,3	9,0	4,5
Хорезмская	1,4	5,4	5,5	4,7	3,7	3,8	2,6	8,0	6,6	4,5	2,4
г. Ташкент	-	8,9	7,5	14,1	13,1	15,2	16,6	-	-	26,1	21,3

Таблица составлена с использованием данных Государственного комитета Республики Узбекистан по статистике.

В 2018 году 69,2% ВВП промышленности страны приходилось на 6 регионов: город Ташкент, Ташкентскую, Навоийскую, Андижанскую, Кашкадарыинскую и Ферганскую области.

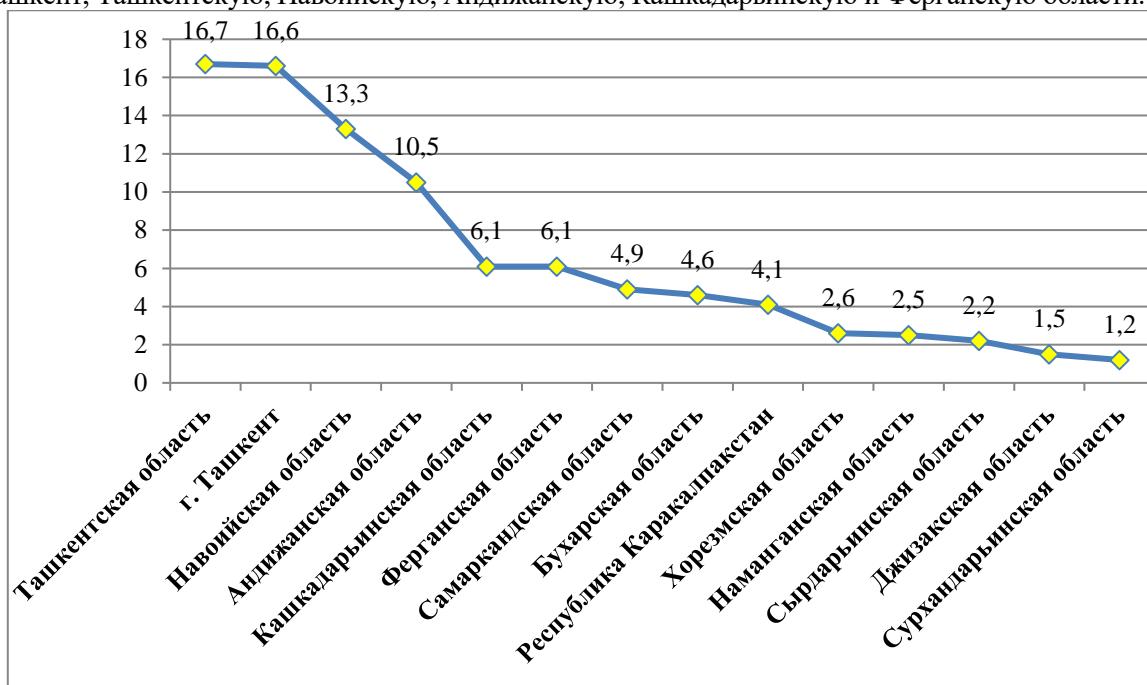


Рис. 1. Удельный вес промышленного производства регионов в промышленности Республики Узбекистан в 2019 году, %

Источник: Государственный комитет Республики Узбекистан по статистике.

Изучения территориальной концентрации промышленности республики показывает, что в настоящее время 69,2% промышленности страны приходится на 6 регионов: город Ташкент, Ташкентскую, Навоийскую, Андижанскую, Кашкадарыинскую и Ферганскую области. Высокий уровень территориальной концентрации промышленности отмечается в городе Ташкенте – 16,7%, Ташкентской – 16,6% и Навоийской – 13,3% областях, а самые низкие показатели в Сырдарыинской 2,2, Джизакской 1,5 и Сурхандарыинской областях всего – 1,2 %. Несмотря на сокращение уровня концентрации промышленности регионов по изучаемому периоду, изменение территориальной сбалансированности незначительна

Нами были рассчитаны коэффициенты специализации промышленности, сельского хозяйства и, в частности, растениеводства и животноводства по административным регионам Узбекистана по формуле $C_{ir} = A_{ir}/A_r$, где C_{ir} – коэффициент специализации i-й отрасли в регионе r; A_{ir} – доля региона r в объеме выпуска i-й отрасли; A_r – доля региона r в объеме валового выпуска в стране.

Из таблицы 2 следует, что коэффициент специализации промышленности больше единицы в Навоийской, столичной Ташкентской, Андижанской, Сырдарыинской областях, городе Ташкенте и в Республике Каракалпакстан. Однако коэффициент специализации еще не предоставляет полной картины об уровне развития промышленности в том или ином регионе. Если взять для сравнения, например, производство промышленной продукции на душу населения, то в 2018 году показатель выше общереспубликанского имели Навоийская, Ташкентская, Андижанская области и город Ташкент – эти же административные регионы в том же году лидировали и по коэффициенту специализации промышленного производства. Однако ещё два региона, имевшие подобный коэффициент чуть выше единицы – Сырдарыинская область и Республика Каракалпакстан (табл. 2), однако отличающиеся сравнительно низким душевым ВВП (табл. 2), по производству промышленной продукции на душу населения оказались ниже общереспубликанского показателя.

Таблица 2. Коэффициенты специализации промышленного и сельскохозяйственного производства в регионах Республики Узбекистан.

Регионы	Промышленность		Сельское хозяйство	
	1998	2018	1998	2018
Респ. Узбекистан	1,0	1,0	1,0	1,0
Респ. Каракалпакстан	0,73	1,17	1,12	1,01
области:				
Андижанская	1,48	1,57	1,39	1,57
Бухарская	1,07	0,88	1,31	1,75
Джизакская	0,5	0,52	1,88	2,11
Кашкадарьинская	1,10	0,87	1,93	1,11
Навоийская	2,86	2,51	1,11	0,83
Наманганская	0,72	0,56	1,53	1,51
Самаркандская	0,58	0,64	1,57	1,79
Сурхандарьинская	0,54	0,29	2,07	1,92
Сырдарьинская	0,55	1,10	1,59	1,50
Ташкентская	1,36	1,78	1,44	1,04
Ферганская	1,29	0,98	1,0	1,51
Хорезмская	0,81	0,70	1,70	1,78
г. Ташкент	1,08	1,27	-	-

Таблица составлена с использованием данных Государственного комитета Республики Узбекистан по статистике.

С другой стороны, как свидетельствуют данные таблиц 1 и 2, региональные диспропорции в развитии сельского хозяйства в Узбекистане выражены значительно слабее, чем в промышленности. Сравнительно низкие показатели коэффициента специализации по этой отрасли характерны для индустриальных регионов с более высоким душевым ВВП (Навоийская, отчасти Ташкентская область), а также для Республики Каракалпакстан – региона, в наибольшей степени пострадавшего от Аральского кризиса. По душевому же производству продукции сельского хозяйства Навоийская область в 2018 году занимала второе место после Бухарской, на третьем месте – Джизакская область, аутсайдерами по этому показателю были Республика Каракалпакстан и Ташкентская область, занимавшие по производству сельскохозяйственной продукции на душу населения в том же году, соответственно, предпоследнее и последнее места.

Обладающая значительным территориальным и минерально-ресурсным потенциалом Республика Каракалпакстан, следовательно, нуждается в активизации не только индустриального развития, но и в модернизации и ускорении развития сельского хозяйства в условиях экологического кризиса и острого дефицита водных ресурсов.

В большинстве областей Узбекистана преобладают отрасли добывающей промышленности. Так, например, на долю Кашкадарьинской области приходится более 75,6% производства продукции нефтяной и газовой промышленности страны, на долю Навоийской области – более 90 % продукции цветной металлургии. В областях с относительно высоким уровнем промышленного развития в городе Ташкенте, Ташкентской, в Андижанской и Ферганской – отмечается высокая доля отраслей машиностроения и металлообработки, промышленности строительных материалов, легкой и пищевой промышленности.

Анализ отраслевой структуры промышленности Узбекистана показывает, с одной стороны, сохраняющееся преобладание добывающих отраслей в стоимости промышленной продукции, и с другой стороны, постепенное возрастание доли машиностроения среди отраслей обрабатывающей промышленности, развитие новых производств с высокой добавленной стоимостью – нефтехимической, химической и текстильной отраслей – за счёт модернизации и диверсификации производства. В настоящее время в структуре обрабатывающей промышленности республики доля высокотехнологических отраслей составляет всего 1,6%, средне технологичных – 49.5%, низко технологичных – 38,9% [2].

Формирование промышленности республики происходило в единой планируемой и управляемой хозяйственной системе, где особая роль уделялась добыче и обработке минерально-сырьевых ресурсов, производству техники для агропромышленного комплекса, химических удобрений и строительных материалов. Такая специализация промышленности унаследовала ряд структурных диспропорций как по отраслям, так и по территории страны.

Экономическая эффективность специализации в современный период обеспечивается сочетанием природных, энергетических, трудовых ресурсов регионов, внедрением современных технологий, направленностью не только на внутренний, но также и на внешний рынок, при этом целесообразно развивать подетальную специализацию на базе кооперации внутри и за пределами регионов для машиностроительных отраслей.

«В условиях рынка экономическая эффективность специализации в регионах определяется самообеспечением, которое способствует экономической независимости. Комплексная экономика должна за счёт имеющихся в регионе условий и ресурсов обеспечивать собственной продукцией наибольшую часть своих потребностей» [3]. Так, изучение территориальной структуры промышленности страны показывает, что в большинстве областей преобладают добывающие отрасли.

При разработке и реализации региональных программ в условиях диверсификации экономики необходимым условием должно быть изучение экономического потенциала, выявление «факторов роста» каждого региона.

Немаловажное значение во внешнеэкономическом развитии и экономической интеграции с другими странами имеет геополитический потенциал регионов. Если для Центральной Азии в целом характерно «срединное положение» в пределах Евразии, то Узбекистан занимает срединное положение уже внутри Центральноазиатского региона, что благоприятствует развитию многообразных экономических связей прежде всего с соседними странами. Тем не менее, одна из неблагоприятных сторон экономико-географического положения страны является отсутствие к выходу открытому океану. В свою очередь, регионы Узбекистана обладают неодинаковым экономико- и политико-географическим положением. Почти все эти регионы имеют приграничные выходы, однако отсутствие или недостаточное развитие современной транспортной инфраструктуры, а также неблагоприятная политическая ситуация в отдельных сопредельных государствах создают трудности межгосударственного обмена. В целях улучшения геоэкономического и геостратегического положения страны, развития межрегиональных связей за годы независимости были созданы современные автомобильные и железнодорожные магистрали через пустыню Кызылкум – Навои-Учкудук-Султануиздаг-Нукус и Ташгузар-Байсан-Кумкурган, строятся новые автомобильные дороги в направлении Китая, а также завершено строительство аэропорта «Навои» и международного центра логистики в Ангрене. Строительство этих магистральных путей способствует совершенствованию транспортной сети, использованию возможностей прилегающих территорий, служит формированию опорного каркаса расселения и развитию межрегиональных связей [5].

По степени наличия минерально-сырьевых, топливно-энергетических, гидроэнергетических и других видов ресурсов регионы Узбекистана можно сделать следующую группировку:

- регионы с достаточно крупными запасами минерально- сырьевых и топливно-энергетических ресурсов -Ташкентский, Кашкадарьинской, Навоийский;

- регионы с средней обеспеченностью природно-ресурсным потенциалом – Бухара, Сурхандарья, Республика Каракалпакстан, Джизак, Фергана;

- слабо обеспеченные природными ресурсами регионы – Наманган, Сырдарья и Хорезм.

Фактор труда относится к избыточным факторам в Узбекистане, что способствует специализации страны на производстве и экспорте трудоёмкой продукции. По состоянию на 1.01.2020 года численность населения Узбекистана составляет более 33,8 млн человек. Для Узбекистана характерны сравнительно высокий, хотя и имеющий долгосрочную тенденцию к понижению естественный прирост населения, низкий уровень смертности, стабильные брачные отношения.

В Узбекистане развитие процессов урбанизации и ее материальной, экономико-географической основы, т.е. городов, формирование их территориально-иерархических систем имеют свои своеобразные региональные особенности. Эти особенности вызваны природно-географическими условиями, наличием разнообразных формам рельефа (равнинных, горных территорий, пустынь и оазисов, использованием их природно-ресурсного и демографического потенциала).

Выводы. Проведенное исследование позволило авторам сделать следующие выводы:

1. В Республике Узбекистан в настоящее время наблюдается значительный разрыв в уровне экономического и социального развития регионов, сложившийся под воздействием

природных, исторических, экономических и политико-географических факторов. В целях смягчения региональных диспропорций в развитии экономики, уменьшения пространственных различий в экономическом и социальном развитии крупных, малых городов и сельской местности необходима разработка и реализация научно обоснованной региональной политики. При формировании и реализации территориальной стратегии Республики Узбекистан необходимо учитывать следующие вопросы:

- обеспечение реформирования и модернизации экономики с учётом специфических региональных особенностей, природно-географических, социально-экономических и демографических факторов;

- классификация и типология регионов по уровню социально-экономического развития;
- мониторинг социально-экономической ситуации в регионах.

2. Анализ территориальной концентрации республики показывает, что в настоящее время почти более 2/3 производства промышленной продукции приходится на 6 регионов: город Ташкент, Ташкентскую, Навоийскую, Андиканскую, Кашкадарыинскую и Ферганскую области. Неравномерное размещение промышленного производства отразилось на недостаточном уровне индустриального развития Республики Каракалпакстан, Джизакской, Наманганской, Сурхандарыинской и Хорезмской областей. Низкий уровень диверсификации производства отмечается в Кашкадарыинской, Андиканской, Навоийской, Сырдарыинской, Наманганской областях. Для дальнейшего стимулирование индустриального развития в данных областях необходимо создавать предприятий обрабатывающей промышленности.

3. Регионы Республики Узбекистан различаются природно-ресурсным потенциалом, историческими условиями формирования хозяйства и расселения, которые непосредственно влияют на отраслевую и территориальную структуру экономики. При разработке и реализации региональных программ в условиях диверсификации экономики необходимым условием должны стать изучение экономического потенциала территорий, выявление «факторов роста», представляющих собой резервы и средства территориального развития, а также механизмы их вовлечения в хозяйственный оборот для достижения конкретных целей.

4. Одним из основных приоритетных направлений региональной стратегии выступает развитие предпринимательства, способствующее формированию конкурентной среды, насыщению рынка товарами и услугами, обеспечению занятости населения. При этом, формирование благоприятного делового климата является главным фактором расширения предпринимательства как стратегического ресурса развития территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года № УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах». Народное слова от 8 февраля 2017 года.
2. Социально-экономическое положение Республики Узбекистан за январь-декабрь 2018 года. Ташкент, Госкомстат, 2019. -333.с
3. Берестов Б. Формы организации производства: современные тенденции. – М.: ИНФРА-М. 2016. стр.360
4. Салиев А.С., Абдалова З.Т. Актуальные проблемы экономического районирования в контексте региональной политики Республики Узбекистан: Материалы научно-практической конференции. – Ростов-на Дону.: 55-58 стр.
5. http://www/norma//uz/nashi!_obzori/prezentovana_strategiea_razvitiya_uzbekistana_do_2035_goda
7. Абдалова З.Т., Рафиев А.А. Методические аспекты формирования программных мер по развитию инвестиционной деятельности регионов. – М.: Материалы 1 Международной молодежной научно-практической конференции. – М.: РУК, 2014. стр.5-9.
8. Салиев А.С., Абдалова З.Т. Вопросы формирования региональной экономической политики Республики Узбекистан. – М.: Материалы 1 Международной молодежной научно-практической конференции
9. Экономика в социокультурном пространстве современности: проблемы, решения, прогнозы, конференции. – М.: РУК, 2014.
10. <http://www/t.me/.uzstatistica. UZSAT. Официальный канал Государственного комитета Республики Узбекистан по статистике.>
11. Шехавцов Р.В., Авакян О.С. Роль инфраструктуры в социально-экономическом развитии регионов. – М.: Журнал. Финансовое исследование. №4 (53) 2016. – 168стр.
12. <http://www/t.me/ uzstatistica. UZSAT. Официальный канал Государственного комитета Республики Узбекистан по статистике.>

ENVIRONMENTAL SOIL CONDITIONS FOR ENTERING SEWAGE SLUDGE UNDER ENERGY CROPS

Prof., Doc. agr. sc. V. I. Lopushniak¹,

PHD. agr. sc. H. M. Hritsuliak²

¹ Ukraine, Kharkiv National Scientific Center "Institute of Soil Science and Agrochemistry O.N. Sokolovsky",

² Ukraine, Ivano-Frankivsk, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

Abstract. The results of studies on the effect of fertilizers based on sewage sludge on the ecological status of sod-podzolic soil are presented. It is determined that the intensity of inhibition of growth processes of phytoindicators (cabbage and cress salad) indicates soil toxicity at the level of "average" for introducing sewage sludge and composts made on their basis. It is proved that the content of heavy metals in turf-podzolic soil for the introduction of sewage sludge at the rate of 20-40 t/ha and composts on their basis at the rate of 20-30 t/ha for miscanthus does not exceed the maximum permissible concentration.

Keywords: sod-podzolic soil, compost, sewage sludge, phytotoxic effect, heavy metals

Introduction. Sediments formed at wastewater treatment plants contain a large amount of phosphates, nitrates, and heavy metal compounds

For most Ukrainian enterprises, there is an acute problem with the placement or disposal of such municipal waste. Today, technologies of urban sewage sludge processing into organic-mineral fertilizers, biofuels, and their use as raw materials in the production of construction materials are being actively implemented worldwide, but the optimal solution to the problem of waste management for many Ukrainian enterprises is their sludge storage. The waste is dehydrated and water enters the soil horizons. There is a risk of soil contamination with microorganisms and chemicals contained in sewage sludge [1, 3].

The accumulation of sewage sludge at a rapid rate and the overflow of sludge maps of municipal wastewater treatment plants cause contamination of the upper fertile soil layer. This waste is characterized by the content of heavy metals and pollutants that inhibit plant growth and development. By getting from the soil to plant organisms in excessive quantities, heavy metals disrupt their metabolism, which negatively affects the growth and development of plants, especially in the initial stages of ontogeny [7]. Exactly such features of influence of heavy metals on plant organisms are taken into account during biotesting of ecological condition of soil. Owing to inhibition of vital activity and decrease in biodiversity of physiological groups and the number of soil organisms, the speed of transformation processes of organic matter and the circulation of biogenic elements decreases [4, 6]. Plants are the primary links of trophic chains, play an important role in the absorption of pollutants and are constantly exposed to them due to their attachment to the substrate. This is why plants are considered the most suitable sites for biomonitoring and soil biotesting [8].

Biotesting methods that help relatively quickly obtain information on the presence of toxic substances in the environment are promising. Despite many studies conducted phytotoxicity of soil cover [10], the search for specific test systems sensitive to various toxic substances of a particular urban environment, which would allow to evaluate the combined effect of environmental pollution on biota, remains over time. Bioindicators are usually selected by plants because they are a convenient object for biomonitoring of the state of the environment, because they characterize the state of the environment in which they grow, reproduce rapidly, respond differently to the effects of harmful factors, and thus allow to choose the most appropriate response. research. The criterion for adverse effects is suppression of root growth. Testing of soil samples under thermostat conditions at +25 °C was chosen for the study. In petri dishes, 1 g of ground soil was placed on filter paper and 5–7 ml of distilled water was poured. Then 5 seeds of test culture were laid out. Petri dishes were placed in a thermostat. After 96 years. measured the length of the root system and stems. The phytotoxic effect was determined as a percentage of the weight of the plants, the length of the root or stem system, the number of damaged plants or the number of shoots [11,12]. Based on the amount of plant mass formed, the phytotoxic effect (PE) was calculated by the formula

$$PE = \frac{M_0 - M_x}{M_0}$$

where M_0 is the mass or growth rate of the plants in the Petri dish with the soil of the control variant; M_x is the mass or growth rate of plants in a Petri dish with the soil under study. Soil toxicity was determined by the method of D. Grodzinski [1; 3]. In the search for sensitive test objects to assess the level of soil toxicity in different variants of the experiment, the seeds of two different species of plants, namely cabbage (*Brassica oleracea var. Capitata*), were germinated, and cress salad (*Lepidium sativum L.*).

Results of the research. The purpose of our study was to determine the level of soil toxicity for the deposition of sewage on the sod-podzolic soils of the Precarpathian

Field experiments with miscanthus were performed on sod-podzolic soils of the Precarpathian region on the territory of the village Maidan (Tsenzhiv station) of Tysmenytsia district of Ivano-Frankivsk region.

Scheme of planting miscanthus – 0,50x0,70 m. Planting with rice was carried out manually and wrapping them in the soil to a depth of 10–15 cm. Repeatability – three times, placement of sites – systematic.

Experiments for miscanthus: 1. Control - without fertilizers; 2. $N_{60}P_{60}K_{60}$; 3. $N_{90}P_{90}K_{90}$; 4. SS – 20 t/ha + $N_{50}P_{52}K_{74}$; 5. SS – 30 t/ha + $N_{30}P_{33}K_{66}$; 6. ERU – 40 t/ha + $N_{10}P_{14}K_{58}$; 7. Compost (SS + straw (3: 1)) – 20 t/ha + $N_{50}P_{16}K_{67}$; 8. Compost (SS + straw (3: 1)) – 30 t/ha + $N_{30}K_{55}$.

Plants are the primary links of trophic chains, play an important role in the absorption of various pollutants and are constantly affected by their attachment to the substrate. That is why plants are considered as the most suitable objects for soil biomonitoring [7]. On the basis of the conducted researches the ambiguity of different types of plants on the test reaction was revealed. The sensitivity of plants to the effect of sewage sludge as a soil pollutant (option 4) was found to be 2.22-2.35 cm and 2.09-2.17 cm, respectively, but the root length and the height shoot of the cabbage were in the same version for watercress was 2.67-2.78 cm and 0.85-0.91 cm. For introduction of sewage sludge at the rate of 30 t/ha + $N_{30}P_{33}K_{66}$ (option 5) root length and the height shoot of the cabbage was 2.15-2.26 cm and 2.21-2.35 cm respectively, but the root length and the height of the shoot in the same version for the salad were 2.53-2.64 cm and 0.79-0.86 cm. For sewage sludge application of 40 t/ha + $N_{10}P_{14}K_{58}$; (option 6) the root length and the height shoot of the cabbage was 2.08-2.18 cm and 1.99-2.06 cm respectively, but the root length and height of the shoot in the same version for the salad was 2.41-2.55 cm and 0.62-0.75 cm.

As a result of studies of composting on the basis of sewage sludge at a rate of 20 t/ha in the ratio of 3: 1 + $N_{50}P_{16}K_{67}$ (option 7) showed that the length of the root and the height shoot of the cabbage was 2.31-2.36 cm and 2.23-2.31 cm respectively, however, the root length and shoot height in the same version for cress were 2.69-2.85 cm and 0.82-0.90 cm. For the introduction of composts based on sewage sludge at the rate of 30 t/ha in the ratio 3: 1 + $N_{30}K_{55}$ (option 8) showed that the length of the root and the height of the shoot of cabbage was 2.17-2.29 cm and 2.10-2.15 cm, respectively, root length and shoot height in the same version for the salad was 2.52-2.63 cm and 0.80-0.86 cm.

Table 1. Sensitivity of test cultures to sewage sludge in sod-podzolic soil for miscanthus cultivation

options	Cabbage (<i>Brassica oleracea var. capitata</i>)		cress -salad (<i>Lepidium sativum L.</i>)	
	root length	height of the shoot	root length	height of the shoot
	min-max, cm		min-max, cm	
1.	2,82-2,91	2,80-2,84	2,99-3,21	1,28-1,37
2.	2,49-2,60	2,60-2,76	2,81-2,90	1,12-1,21
3.	2,41-4,46	2,34-2,47	2,69-2,80	0,94-1,02
4.	2,22-2,35	2,21-2,35	2,67-2,78	0,85-0,91
5.	2,15-2,26	2,09-2,17	2,53-2,64	0,79-0,86
6.	2,08-2,18	1,99-2,06	2,41-2,55	0,62-0,75
7.	2,31-2,36	2,23-2,31	2,69-2,85	0,82-0,90
8.	2,17-2,29	2,10-2,15	2,52-2,63	0,80-0,86
HIP 0,5	0,12-0,13	0,01-0,04	0,06-0,08	0,08-0,10

The soil analysis shows that the levels of inhibition of the growth processes of phytoindicators in test versions for sewage sludge (options 3-6) and composts (options 7-8), although varying from 21 to 39% for white cabbage and cress -salat, but determine the toxicity of soil samples at the level of "average" (table. 2).

Table 2. Levels of toxicity of sod-podzolic soil for sewage sludge, Percentage

options	Phytotoxic effect				The level of toxicity	
	Cabbage (<i>Brassica oleracea var. capitata</i>)		cress -salad (<i>Lepidium sativum L.</i>)			
	root length	height of the shoot	root length	height of the shoot	root length	height of the shoot
1. Control – without fertilizers					weak	weak
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ ;	11,7	7,1	6,0	12,5	weak	weak
3. N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	14,5	16,4	10,0	26,6	weak	weak
4. SS – 20 t/ha + N ₅₀ P ₅₂ K ₇₄	21,3	21,1	21,7	33,6	average	average
5. SS – 30 t/ha + N ₃₀ P ₃₃ K ₆₆	23,7	25,4	20,7	38,3	average	average
6. SS – 40 t/ha + N ₁₀ P ₁₄ K ₅₈ ;	26,2	29,1	20,4	39,6	average	average
7. Compost (SS + straw (3:1)) – 20 t/ha + N ₅₀ P ₁₆ K ₆₇ ;	18,1	20,4	10,0	36,0	average	average
8. Compost (SS + straw (3:1)) – 30 t/ha + N ₃₀ K ₅₅ .	23,1	25,1	15,7	37,5	average	average
HIP 0,5	3,2	4,3	1,0	1,5		

In experimental soils under miscanthus plantation there is minimal contamination of all forms of heavy metals after fertilization in the standard N₆₀P₆₀K₆₀ (Fig. 1).

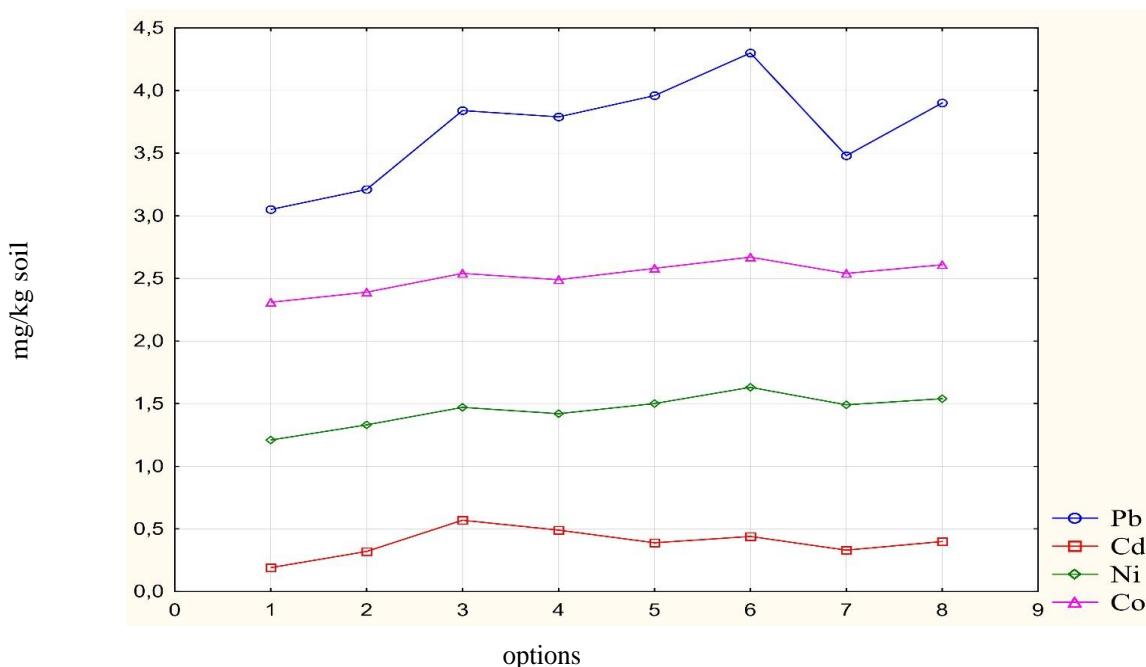


Fig. 1. Content of heavy metals in sod-podzolic soil under miscanthus plantation after sewage sludge, average for 2016 – 2019

Content of heavy metals in sod-podzolic soil under miscanthus plantation after application of sewage sludge, average for 2016 - 2019

With the introduction of SS (option 4-6) for planting miscanthus, the content of the plumbum in the soil fluctuated within 3.79-4.30 mg/kg of soil, the content of cadmium and Nickel was 0.39-0.47 mg/kg of soil and 1, 42-1,63 mg/kg soil respectively. The highest content of heavy metals is set in the soil after application of SS at the rate of 40 t/ha + N₁₀P₁₄K₅₈ (option 6). During the application of composts based on sewage sludge and straw (3: 1) (option 7-8), the content of heavy metals varied within – 3.48-3.90 mg/kg for the plumbum, 0.33 – 0.40 mg/kg for cadmium, 1.49 – 1.54 mg/kg for nickel and 2.4-24-2.61 mg/kg for cobalt. According to the results of the research, the content of heavy metals in sod-podzolic soil for the deposition of sludge and compost on their basis does not exceed the MPC (maximum permissible concentration).

Conclusions. As a result of research it is established that the intensity of inhibition of the growth processes of plants-phytoindicators (cabbage and cress) indicates soil toxicity at the level of "average" for introducing sewage sludge and composts made on the basis of sewage sludge and straw (3:1) and ranges from 20 to 40% of the phytotoxic effect.

Also, during the researches it was established that the content of heavy metals in the sod-podzolic soil for introduction of sewage sludge at the rate of 20-40 t/ha and compost on their basis at the rate of 20-30 t/ha for miscanthus does not exceed the maximum permissible concentration.

REFERENCES

1. Veremeienko S. I., Oliinyk O. O., Sladkovskyi H. P. Application of unconventional measures of restoration of soil fertility Visnyk of agrarian science. - 1999. - № 12. - P. 5-8.
2. Hrodzynskyi D.M., Shylina Yu.V., Kutsokon N.K and others Application of plant test systems to evaluate the combined effect of factors of different nature. Kyiv: Phytosociocenter, 2006. 60 p. 16.
3. Hubachov O. I. Features of using plants for biotesting in order to determine the level of ecological safety of industrial territories. - 2010. - № 3 (29). - P. 164–171.
4. Eremchenko O. Z., Moskvyna N. V., Shestakov Y. E., Shvetsov A. A. The use of test cultures to assess the ecological status of urban soils Vestnik TSU. - 2014. - T.19, Issue 5. - p. 1280–1284.
5. Koziakova N. O., Kavetskyi V. M. Approach to the assessment of phytotoxicity of soil in the conditions of its contamination Cd and Pb Visnyk of Agrarian Science of the Black Sea. - 2001. - Vip. 3 (12), Volume 2. - P. 63-69.
6. Lopushniak V. I., Korchynskyi I. O., Parkhuts I. M. and others Agrochemical Maintenance of Agricultural Formations: Tut. tool. - Lviv: New World – 2000, 2009. - 285 p.
7. Mandzhneva S. S., Mynkyna T. M., Motuzova H. V. Indicators of environmental assessment of soils contaminated with heavy metals Agrohimiya and soil knowledge. - Kharkiv, 2014. - Book. 3. - S. 107–108.
8. Mikhieiev O.M., Hushcha M.I., Shylina Yu.V., Ovsianikova L.H. Application of plant test systems to evaluate the combined effect of stressors of different nature on ecosystems. Science. labor. Ecology, 2006; 53 (40): P. 56–64.
9. Environmental monitoring: a textbook [Boholiubov V. M., Klymenko M. O., Mokin V. B. And others]; edited by V. M. Boholiubova i T. A. Safranova. – Kherson, 2012. – 530 p.
10. Roik M., Kurylo V., Humenyk M. Growing efficiency of high-yield energy crops Visnyk of Lviv National Agrarian University. - 2011. - № 15 (2). - P. 268–27311.
11. Banks M., Schultz K. Comparison of plants for germination toxicity tests in petroleum contaminated soil. Water, air, and soil pollution, 2005; 167: 211–219.
12. Czerniawska-Kusza I., Ciesielczuk T., Kusza G., Cichoń A. Comparison of the Phytotoxit microbiotest and chemical variables for toxicity evaluation of sediments // Environmental Toxicology. – 2006. – Vol. 21, Iss. 4. – P. 367–372.

**Proceedings of the
XXII International Scientific and Practical Conference
International Trends in Science and Technology**

(Vol.1, February 28, 2020, Warsaw, Poland)

MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC EDITION

Indexed by:



Passed for printing 23.02.2020. Appearance 28.02.2020.

Typeface Times New Roman.

Circulation 300 copies.

RS Global S. z O.O., Warsaw, Poland, 2020