

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК  
ПРИДНЕСТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. Т. Г. ШЕВЧЕНКО

# ВЕСТНИК ПРИДНЕСТРОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия: **ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ  
И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

Научно-методический журнал  
Основан в июле 1993 г.

**№ 3(78), 2024**

*Выходит три раза в год*

Тирасполь

*Издательство  
Приднестровского  
Университета*

2024

ВЕСТНИК ПРИДНЕСТРОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
Серия: ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УЧРЕДИТЕЛЬ:

Государственное образовательное учреждение  
«Приднестровский государственный университет им. Т. Г. Шевченко»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ:

В. В. СОКОЛОВ, д-р экон. наук, проф. (ответственный редактор)  
И. П. КАПИТАЛЬЧУК, канд. геогр. наук, доц. (зам. ответственного редактора)  
К. Д. ЛЯХОМСКАЯ, канд. физ.-мат. наук, доц. (ответственный секретарь)

С. И. БЕРИЛ, д-р физ.-мат. наук, проф.  
Л. Г. СЕНОКОСОВА, д-р экон. наук, проф.  
Ф. Ю. БУРМЕНКО, канд. техн. наук, доц.  
О. В. КОРОВАЙ, канд. физ.-мат. наук, доц.  
Д. А. ЗАЙЦЕВ, канд. техн. наук, доц.  
Д. А. МАРКОВ, канд. физ.-мат. наук, доц.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

М. В. КИОРСАК, д-р хим. наук, проф. каф. электроэнергетики и электротехники Приднестровского государственного университета им. Т. Г. Шевченко  
В. И. АВЕРЧЕНКОВ, д-р техн. наук, проф., зав. каф. компьютерных технологий и систем Брянского государственного технического университета  
Т. В. ВОРОНЧЕНКО, д-р экон. наук, проф., зав. каф. бухгалтерского учета и аудита Российской академии предпринимательства  
Л. Б. ВАРДОМСКИЙ, д-р экон. наук, проф., заведующий Центром постсоветских исследований Института экономики Российской академии наук  
В. Т. ЕРЕМЕНКО, д-р техн. наук, проф., проф. каф. электроники и информационной безопасности Орловского государственного университета им. И. С. Тургенева

Журнал зарегистрирован Государственным комитетом по информации и печати ПМР 25.04.1997 г.  
Регистрационный № 29/97

**Вестник** Приднестровского университета [Электронное издание] / Приднестровский государственный университет им. Т. Г. Шевченко. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2024. – Текст. Изображение: электронные.  
Сер.: Физико-математические и технические науки: № 3(78), 2024. – 228 с.  
Системные требования: Windows OS, HDD, 64 Mb, Adobe Acrobat.  
E-ISSN 2345-1548

5:378.4(478-24)(082)

П 71

АДРЕС РЕДАКЦИИ:  
3300, г. Тирасполь, 25 Октября, 107

# ФИЗИКА. МАТЕМАТИКА

УДК 621.315

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРИПОДЗОННЫХ ОПТИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДОВ В КВАНТОВЫХ ПРОВОЛОКАХ В ПОПЕРЕЧНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

*Е. И. Брусенская, Р. А. Хамидуллин*

*Найдены аналитические выражения для коэффициента поглощения света в квантовых проволоках в поперечном электрическом поле для внутриподзонных оптических переходов с учетом рассеяния на примесях. Полученные результаты проанализированы для различных случаев.*

**Ключевые слова:** *поглощение света, квантовая проволока, электрическое поле, рассеяние на примеси.*

## RESEARCH OF INSIDE SUBBAND OPTICAL TRANSITIONS IN QUANTUM WIRES IN TRANSVERSE ELECTRIC FIELD

*E. I. Brusenskaya, R. A. Khamidullin*

*Analytical expressions for the light absorption coefficient have been found in quantum wires in transverse electric field for inside subband optical transitions with the scattering of electrons on impurities. The results were analyzed for different cases.*

**Keywords:** *absorption of light, quantum wire, electric field, scattering on impurities.*

Важным для практических приложений современной опто- и наноэлектроники является использование квантово-размерных структур, в частности квантовых проволок, свойствами которых можно

управлять с помощью внешних полей [1, 2].

Исследуем внутриподзонное поглощение света в анизотропной параболической квантовой проволоке (КП) в по-

---

Для цитирования: **Брусенская, Е. И.** Исследование внутриподзонных оптических переходов в квантовых проволоках в поперечном электрическом поле / Е. И. Брусенская, Р. А. Хамидуллин. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 3–7. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.

© Брусенская Е. И., Хамидуллин Р. А., 2024

перечном электрическом поле  $\mathbf{F}$  с учетом рассеяния носителей заряда на неионизированных примесях, от которых электроны могут получить недостающий им импульс [3, 4].

Рассеяние носителей на примеси в КП исследуем в модели потенциала нулевого радиуса [4, 5]. В этой модели волновые функции начального  $\Psi_S(\mathbf{r})$  и конечного состояний  $\Psi_\alpha(\mathbf{r})$  имеют вид:

$$\Psi_S(\mathbf{r}) = \hat{A}G_S(\mathbf{r}, 0), \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \Psi_\alpha(\mathbf{r}) = & \Psi_\alpha^{(0)}(\mathbf{r}) + \\ & + \frac{V_0 \cdot \tilde{\Psi}_\alpha^{(0)}(0)}{1 - V_0 \cdot \tilde{G}_\alpha(0, 0)} G_\alpha(\mathbf{r}, 0), \end{aligned} \quad (2)$$

где

$$G_S(\mathbf{r}, 0) = \sum_\alpha \frac{\Psi_\alpha^{(0)}(\mathbf{r}) \cdot \Psi_\alpha^{(0)*}(0)}{E_S - E_\alpha},$$

$$G_\alpha(\mathbf{r}, 0) = \sum_{\alpha_1} \frac{\Psi_{\alpha_1}^{(0)}(\mathbf{r}) \cdot \Psi_{\alpha_1}^{(0)*}(0)}{E - E_{\alpha_1} - i\varepsilon}.$$

Волновые функции электронов в КП  $\Psi_\alpha^{(0)}(\mathbf{r})$  определяются из уравнения Шредингера

$$\hat{H}\Psi_\alpha^{(0)}(\mathbf{r}) = E_\alpha \Psi_\alpha^{(0)}(\mathbf{r}). \quad (3)$$

$V_0$  – определяет мощность потенциала примесного центра и связана с феноменологической постоянной  $E_S^0$  – энергией связанного состояния в отсутствии полей. При записи (1) и (2) для простоты считалось, что примесь расположена в начале координат  $\mathbf{r}'(0, 0, 0)$ , то есть на оси симметрии размерно-квантованной проволоки. Оператор

$$\tilde{A}(0) = [1 + \mathbf{r}\nabla]A(\mathbf{r})|_{\mathbf{r} \rightarrow 0}.$$

Второе слагаемое в (2) определяет вклад в волновую функцию рассеянной волны.

Пусть квантовая проволока расположена вдоль оси  $Ox$ . Ось  $Oz$  направим в сторону напряженности электрического поля  $\mathbf{F}$ .

Учтем возможную анизотропию свойств материала КТ, используя метод эффективной массы, считая для простоты тензор обратных эффективных масс электронов диагональным:

$$\mathbf{\alpha} = \begin{pmatrix} 1/m_1 & 0 & 0 \\ 0 & 1/m_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1/m_3 \end{pmatrix},$$

где  $m_i$  – компонента тензора эффективных масс электрона в зоне проводимости в кристалле ( $i = 1, 2, 3$ ).

Потенциал квантовой проволоки считаем квадратичным вдоль оси  $Oy$  и  $Oz$ . Тогда потенциальная энергия носителя в квантовой проволоке с квадратичным потенциалом в постоянном электрическом поле дается выражением:

$$V(y, z) = \frac{m_2 \omega_2^2 y^2}{2} + \frac{m_3 \omega_3^2 z^2}{2} + eFz, \quad (4)$$

где  $\omega_i$  – соответствующая частота размерного квантования,  $e$  – абсолютная величина заряда электрона.

Решение уравнения Шредингера (3) для электрона в квантовой проволоке с параболическим потенциалом в поперечном электрическом поле (4) (без учета влияния примеси) описывается с помощью волновых функций смещенного двумерного осциллятора [6] и имеет вид:

$$\begin{aligned} \Psi_{k_x, n, m}^{(0)}(x, y, z) = & \\ = \frac{e^{ik_x x}}{\sqrt{L_x}} \left( \frac{\lambda_2}{\pi} \right)^{\frac{1}{4}} \frac{1}{\sqrt{2^n n!}} H_n(y\sqrt{\lambda_2}) e^{-\frac{\lambda_2 y^2}{2}} * & \\ * \left( \frac{\lambda_3}{\pi} \right)^{\frac{1}{4}} \frac{1}{\sqrt{2^m m!}} H_m(\sqrt{\lambda_3}(z-z_0)) e^{-\frac{\lambda_3(z-z_0)^2}{2}}. & \end{aligned} \quad (5)$$

Собственные значения энергии электронов равны

$$\begin{aligned} E_{k_x, n, m} = \frac{\hbar^2 k_x^2}{2m_1} + \hbar\omega_2(n+1/2) + & \\ + \hbar\omega_3(n+1/2) - \Delta_c, & \end{aligned} \quad (6)$$

где

$$\begin{aligned} i = \frac{m_i}{\hbar} \quad (i = 1, 2, 3); & \\ z_0 = -\frac{eF}{m_3\omega_3^2}; \quad \Delta_c = \frac{e^2 F^2}{2m_3\omega_3^2}. & \end{aligned}$$

Соотношения (5) и (6) написаны для электрона в зоне проводимости, аналогичное решение получается для электрона в валентной зоне (с индексом  $\nu$ ). Как следует из (6), дно размерно-квантованной зоны проводимости (как и потолок валентной зоны) с ростом напряженности электрического поля смещается в область запрещенных значений энергии. Таким образом, электрическое поле модифицирует энергетический спектр носителей заряда, смещая подзоны, но не меняя энергетическое расстояние между ними. Ширина запрещенной зоны монотонно уменьшается с ростом электрического поля:

$$\begin{aligned} \tilde{E}_g(F) = & \\ = E_g + \frac{\hbar}{2}(\omega_2 + \omega_3 + \omega_{2\nu} + \omega_{3\nu}) - \Delta_c - \Delta_\nu. & \\ E_g - \text{ширина запрещенной зоны полупроводника.} & \end{aligned}$$

В дальнейшем используются следующие ограничения:

$$\left. \begin{aligned} 2eFR < \Delta E_c \\ \left( \frac{2\Delta E_c}{\hbar\omega_e} \right)^{1/2} \gg 1 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Первое неравенство означает, что электроны не покидают нанопроволоку ( $\Delta E_c$  – высота потенциального барьера на границе КП радиуса  $R$ ). Выполнение второго неравенства позволяет надежно пользоваться свойствами волновых функций гармонического осциллятора.

Из (2) с учетом (5) получаем волновые функции электронов с учетом влияния примеси (считаем радиус локализованного состояния  $a \ll R$ ):

$$\begin{aligned} \Psi_{k_x, n, m}(x, y, z) = & \\ = \Psi_{k_x, n, m}^{(0)}(x, y, z) - \frac{1}{\sqrt{V}} \frac{a}{1+ika} \frac{e^{ikr}}{r}, & \end{aligned} \quad (8)$$

$V$  – объем КП.

Коэффициент поглощения света частоты  $\Omega$ , поляризации  $\xi$  свободными электронами в рассматриваемой системе с учетом рассеяния носителей на неионизированной примеси определяется по формуле Кубо [7]:

$$K(\Omega) = \frac{2\pi^2 e^2 N_D}{Sn_0 c m_e^2 \hbar \Omega} \sum_{\alpha} f_{\alpha} \left| \langle S | P \xi | \alpha \rangle \right|^2 \times$$

$$\times \int dt \exp\left(\frac{it}{\hbar}(E_S + E_\alpha - \hbar\Omega)\right). \quad (9)$$

Здесь:  $N_D$  – линейная концентрация неионизированной примеси,  $S$  – площадь поперечного сечения КП,  $n_0$  – показатель преломления материала КП,  $c$  – скорость света в вакууме,  $m_e$  – масса покоя электрона.

Так, с учетом законов сохранения энергии и импульса

$$\frac{\hbar^2 k_2^2}{2m_1} - \frac{\hbar^2 k_1^2}{2m_1} = \hbar\Omega,$$

$$\hbar\mathbf{k}_2 - \hbar\mathbf{k}_1 = \hbar\mathbf{q} \neq 0,$$

для поляризации  $\xi \parallel O_x$

$$\langle S | P \xi | \alpha \rangle =$$

$$= -im_e \frac{2\sqrt{\pi a \hbar} \sqrt{S}}{\sqrt[4]{\lambda_2 \lambda_3 m_1 V}} \left[ \frac{\xi k_1}{1 + ik_2 a} + \frac{\xi k_2}{1 - ik_1 a} \right],$$

с функцией распределения электронов для нижней подзоны полупроводниковой КП при низких температурах

$$f_\alpha = \sqrt[4]{\frac{m_{1v}}{m_1}} \exp \left\{ -\frac{1}{2k_0 T} \left[ E_g + \frac{\hbar}{2} (\omega_2 + \omega_3 + \omega_{2v} + \omega_{3v}) - \Delta_c - \Delta_v + \frac{\hbar^2 k_x^2}{m_1} \right] \right\}$$

получаем выражение для коэффициента поглощения света (без изменения спина электронов суммирование по спиновому квантовому числу дает множитель 2):

$$K(\Omega) = K_0 \sqrt{\frac{k_0 T}{\hbar \Omega}} \exp \left\{ -\frac{1}{2k_0 T} \left[ E_g + \right. \right.$$

$$\left. \left. + \frac{\hbar}{2} (\omega_2 + \omega_3 + \omega_{2v} + \omega_{3v}) - \Delta_c - \Delta_v \right] \right\}, \quad (10)$$

$$K_0 = \frac{2^6 \pi a^2 e^2 N_D}{S n_0 c \sqrt{m_2 m_3 \omega_2 \omega_3}} \sqrt[4]{\frac{m_{1v}}{m_1}}.$$

Как следует из (10), включение поперечного электрического поля и рост температуры существенно увеличивают внутриподзонное поглощение света в КП (рис. 1 и 2). Кроме того, существует сложная зависимость от компонент тензора эффективных масс, то есть от направления роста КП, что может быть применено в технических приложениях и при исследовании наносистем.

С увеличением поперечного электрического поля и температуры возможен значительный рост внутриподзонного поглощения света в квантовых проволоках.

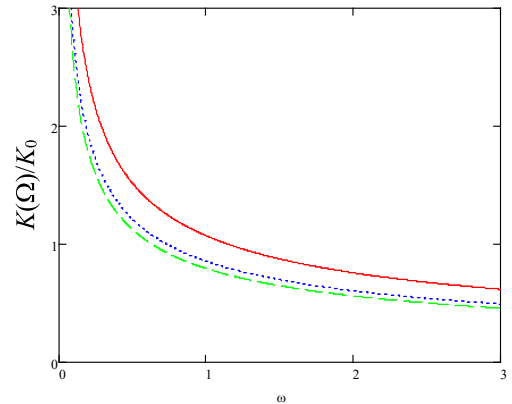


Рис. 1. Зависимость  $K(\Omega)$  в отн. ед. ( $\omega = \Omega/\omega_2$ ) при

$$\frac{k_0 T}{\hbar \omega_2} = 0,1 \quad \left( \frac{k_0 T}{\hbar \omega_2} = 0,1, \omega_2 = \omega_3 = 2\omega_{2v} = 2\omega_{3v}, \right.$$

$2m_2 = 2m_3 = m_{2v} = m_{3v}$ ); штриховая линия – в отсутствии электрического поля, пунктирная – в присутствии внешнего электрического поля при  $\frac{\Delta_c + \Delta_v}{\hbar \omega_2} = 0,015$ , сплошная линия – при  $\frac{\Delta_c + \Delta_v}{\hbar \omega_2} = 0,06$

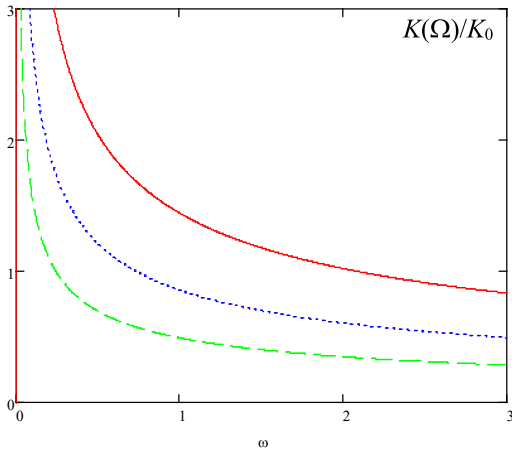


Рис. 2. Зависимость  $K(\Omega)$  в отн. ед. ( $\omega = \Omega / \omega_2$ ) при  $\frac{\Delta_c + \Delta_v}{\hbar\omega_2} = 0,015$  ( $E_g = 2\hbar\omega_2$ ,  $\omega_2 = \omega_3 = 2\omega_{2v} = 2\omega_{3v}$ ,  $2m_2 = 2m_3 = m_{2v} = m_{3v}$ ); штриховая линия – при  $\frac{k_0T}{\hbar\omega_2} = 0,097$ , пунктирная – при  $\frac{k_0T}{\hbar\omega_2} = 0,1$ , сплошная линия – при  $\frac{k_0T}{\hbar\omega_2} = 0,103$

Также имеет место сложная зависимость от направления роста квантовой проволоки, что может быть использовано в исследовательских и практических целях.

### Цитированная литература

1. Пул-мл., Ч. Нанотехнологии / Ч. Пул-мл., Ф. Оуэнс. – Москва : Техносфера, 2006. – 334 с. – Текст : непосредственный.
2. Оптические явления в полупроводниковых квантово-размерных структурах/

Л. Е. Воробьев, Л. Е. Голуб, С. Н. Данилов [и др.]; Под редакцией Е. Л. Ивченко и Л. Е. Воробьева. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный технический университет, 2000. – 156 с. – Текст : непосредственный.

3. Геворгян, А. О. Внутриподзонное поглощение света в параболической квантовой яме с учетом рассеяния на трехмерных оптических фонах / А. О. Геворгян, Э. М. Казарян, А. А. Костаян. – Текст : непосредственный // Известия НАН Армении, Физика, Т. 51, № 2, 2016. – С. 202–210.

4. Сиявский, Э. П. Оптические свойства полупроводников и квазидвумерных систем / Э. П. Сиявский. – Тирасполь : Редакционно-издательский отдел Приднестровского государственного университета, 2002. – 120 с. – Текст : непосредственный.

5. Сиявский, Э. П. Оптические свойства легированных нанопроволок во внешних электрическом и магнитном полях / Э. П. Сиявский, С. М. Соковнич. – Текст : непосредственный // Оптика и спектроскопия, Т. 128, № 11, 2020. – С. 1752–1758.

6. Флюгге, З. Задачи по квантовой механике. Том 1 / З. Флюгге. – Москва : Мир, 1974. – 341 с. – Текст : непосредственный.

7. Кубо, Р. Статистическая механика необратимых процессов. I. Общая теория и некоторые простые приложения к задачам магнетизма и электропроводности / Р. Кубо. – Текст : непосредственный // Вопросы квантовой теории необратимых процессов. – Москва : Издательство иностранной литературы, 1962. – С. 39–79.

УДК 537.632

## ОПТИЧЕСКИЕ ЛОГИЧЕСКИЕ ВЕНТИЛИ НА ОСНОВЕ ЭКСИТОН-ПОЛЯРИТОНОВ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МИКРОРЕЗОНАТОРАХ

*О. Ф. Васильева, А. П. Зинган, О. С. Герб, А. В. Бугаенко, В. В. Васильев*

*Изучен процесс параметрического рассеяния поляритонов в полупроводниковом микрорезонаторе по двум каналам рассеяния в зависимости от начальных значений соответствующих поляритонных состояний и от констант рассеяния. Получены периодические и аперидические процессы конверсии поляритонов.*

**Ключевые слова:** поляритоны, конверсия поляритонов, оптический вентиль.

## OPTICAL LOGIK GATES BASED ON EXCITON-POLARITONS IN SEMICONDUCTOR MICROCAVITIES

*O. F. Vasilyeva, A. P. Zingan, O. S. Gerb, A.V. Bugaenko, V. V. Vasilyev*

*The process of parametric scattering of polaritons in a semiconductor microcavity along two scattering channels has been studied depending on the initial values, the corresponding polariton states and scattering constants. Periodic and aperiodic processes of polariton conversion are obtained.*

**Keywords:** polaritons, polariton conversion, logic gate

За последние несколько десятилетий волоконно-оптические технологии легли в основу развития интернет-коммуникаций, позволяя передавать огромные объемы информации с уменьшенной задержкой. Постоянно растущий объем данных, развитие нейронных сетей, исследования в области науки и техники – все это создает большую потребность в разработке более быстрых, эффективных и энергетически менее затратных вычислительных систем. Сегодня почти вся обработка информации выполняется

с использованием электронных логических схем, работающих с частотой до нескольких гигагерц. Однако полностью оптическая логика, которая обещает обеспечить высокие скорости передачи и обработки информации [1], не смогла обеспечить жизнеспособную альтернативу, поскольку испробованные подходы были либо не масштабируемыми, либо не энергоэффективными. В то время как основные функции полностью оптического транзистора уже были продемонстрированы на ряде платформ [2–4], их

---

Для цитирования: Оптические логические вентиля на основе экситон-поляритонов в полупроводниковых микрорезонаторах / О. Ф. Васильева, А. П. Зинган, О. С. Герб.[и др.] – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 8–17. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.

© Васильева О. Ф., Зинган А. П., Герб О. С., Бугаенко А. В., Васильев В. В., 2024



использование для реализации полного набора элементов булевой логики представляет серьезную проблему [5].

Современные транзисторы, хотя и уменьшены до размеров одного нанометра, обычно требуют энергии переключения в несколько аттоджоулей. Однако были реализованы оптические устройства, такие как однофотонные оптические транзисторы, которые потребляют энергии ниже аттоджоулей [6, 7]. Но поскольку они построены на квантовых точках, выращенных в фотонных кристаллах при температуре жидкого гелия, то они сталкиваются с теми же препятствиями, что и их электронные аналоги. Помимо возможности снижения энергопотребления при одновременном увеличении скорости переключения оптические схемы также могут обеспечить более точную синхронизацию по сравнению с электроникой.

В результате исследований финских инженеров были созданы сверхбыстрые оптические логические элементы с учётом хиральности (XNOR, NOR, AND, XOR, OR и NAND). Они подтвердили уникальные преимущества хиральных элементов, реализуя одновременную работу нескольких логических вентилях в одном устройстве с электрическим управлением. Хиральность – это свойство, когда объект не может быть совмещен со своим зеркальным отражением, например, левая и правая руки человека. Оптическая хиральность, определенная левоспирально ( $\sigma^-$ ) и правоспирально ( $\sigma^+$ ) с круговой поляризацией света, вызывает огромный интерес в фундаментальных

исследованиях и практических применениях, таких как квантовая технология, хиральная нелинейная оптика, сенсорика, построение логических вентилях [8]. Два оптических луча с оптической хиральностью  $\sigma^+$  и  $\sigma^-$ , которые рассматриваются как входная логика 0/1 соответственно, направляются на нелинейный оптический материал. В зависимости от хиральности двух входных лучей существует четыре комбинации входов: (0,0), (0,1), (1,1) и (1,0). Сгенерированный выходной сигнал OUT рассматривается как логика 1/0 (наличие/отсутствие выходного сигнала).

В [9] показано, что запаздывающие нелинейные эффекты в экситон-поляритонах могут быть использованы для построения нейронных сетей, в которых информация закодирована в оптических импульсах, последовательно поступающих на образец. Нелинейные эффекты вызваны зависящими от времени взаимодействиями с экситонным резервуаром. Данные нелинейности позволяют создать нелинейный логический элемент исключаящее ИЛИ, который может выполнять операции в пикосекундном интервале времени. Оптоэлектронная нейронная сеть на основе построенного логического элемента работает с высокой точностью.

Используя свойства органических полупроводниковых полимеров, была продемонстрирована работа полностью оптического экситон-поляритонного транзистора при комнатной температуре с субпикосекундным временем переключения и полностью оптической функциональностью логического элемента И/ИЛИ [2].

Реализация сильной экситон-поляритонной связи в полупроводниковых микрорезонаторах от криогенных температур до комнатной температуры не только улучшает понимание фундаментальных исследований физики многих тел, но также открывает возможности для исследования потенциальных полностью оптических устройств управления. Двойная природа света и материи позволяет гибко управлять конденсацией поляритонов и облегчает ее потенциальное применение в квантовом моделировании, нетрадиционных источниках когерентного света, полностью оптических поляризационных логических устройствах.

Осуществление универсального экситон-поляритонного вентиля HE (CNOT) обеспечивает базовый строительный блок для полной платформы полностью оптических логических схем, работающей при комнатной температуре и высокой скорости. В этом случае можно использовать, например, полупроводниковый полимерный микрорезонатор (рис. 1), состоящий из тонкой пленки метилзамещенного полипарафенилена (MeLPPP) толщиной 35 нм, встроенной между разделителями  $\text{SiO}_2$  толщиной 50 нм, зажатыми между распределенными брэгговскими зеркалами  $\text{SiO}_2 / \text{Ta}_2\text{O}_5$  (DBR) [10]. Сильная связь режима резонатора (2,65 эВ) и двух подуровней первого возбужденного синглетного состояния ( $S_{10}$  при 2,72 эВ и  $S_{11}$  при 2,91 эВ) приводит к трем экситон-поляритонным ветвям, показанным на рис. 2, демонстрирующим с 144 МэВ расщепление Раби между средней и нижней экситон-поляритонной ветвями [11].

## Постановка задачи.

### Основные уравнения

Чтобы реализовать один из логических вентилях с квантовым управлением HE (CNOT), который является универсальным элементом в квантовых вычислениях, позволяющих реализовать любой квантовый алгоритм, рассмотрим гамильтониан [12]:

$$H = H_{int} + H_o$$

$$H_{int} = J_1(a_1^+ a_2^+ + a_2 a_1) + J_2(a_1^+ a_2 + a_1 a_2^+); \quad (1)$$

$$H_o = \omega_1 a_1 a_1^+ + \omega_2 a_2 a_2^+; \quad (2)$$

$$H = J_1(a_1^+ a_2^+ + a_2 a_1) + J_2(a_1^+ a_1 + a_1 a_2^+) + \omega_1 a_1 a_1^+ + \omega_2 a_2 a_2^+. \quad (3)$$

Гамильтониан (3) описывает процесс параметрического рассеяния поляритонных мод  $a_1$  и  $a_2$ ,  $J_1$  – константа

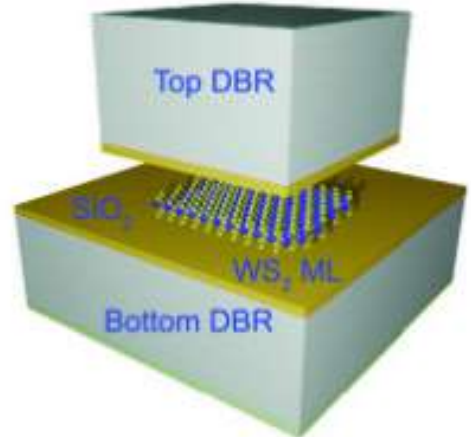


Рис. 1. Схема структуры микрорезонатора. Нижний DBR состоит из 12 пар  $\text{SiO}_2/\text{SiNx}$ . Верхний DBR механически отделяет от подложки и переносят наверх монослоя  $\text{WS}_2$

линейной связи поляритонов по первому каналу рассеяния,  $J_2$  – константа линейной связи поляритонов по второму каналу рассеяния,  $\omega_1$  и  $\omega_2$  – собственные частоты поляритонов. Первый канал предполагает рассеяние пары поляритонов с противоположными компонентами поляризации. Второй канал предполагает конверсию поляритонов  $a_1$  в  $a_2$  и наоборот. При этом выполняется закон сохранения импульса для поляритонных мод. Поляритонные моды  $a_1$  и  $a_2$  имеют равные, но противоположные волновые векторы.

Из гамильтониана получаем следующую систему нелинейных дифференци-

альных уравнений для комплексных амплитуд поляритонов

$$\begin{cases} \frac{da_1}{dt} = J_1 a_2^+ + J_2 a_2 + \omega_1 a_1 \\ \frac{da_2}{dt} = J_1 a_1^+ + J_2 a_1 + \omega_2 a_2 \end{cases} \quad (4)$$

Далее введем, что  $a_1 = a_{11} + ia_{12}$ ;  $a_2 = a_{21} + ia_{22}$ , тогда получаем следующую систему нелинейных дифференциальных уравнений для действительных и мнимых компонент амплитуд соответствующих поляритонных состояний:

$$\frac{da_{11}}{dt} = J_1 a_{22} - J_2 a_{22} - \omega_1 a_{12}; \quad (5)$$

$$\frac{da_{12}}{dt} = J_1 a_{21} + J_2 a_{21} + \omega_1 a_{11}; \quad (6)$$

$$\frac{da_{21}}{dt} = J_1 a_{12} - J_2 a_{12} - \omega_2 a_{22}; \quad (7)$$

$$\frac{da_{22}}{dt} = J_1 a_{11} + J_2 a_{11} + \omega_2 a_{21}. \quad (8)$$

Чтобы определить влияние различных механизмов рассеяния поляритонов, исследуем временную зависимость интенсивности излучения в основном экситон-поляритонном состоянии.

### Временная эволюция частиц

#### в случае начального равновзаселения

Рассмотрим случай, когда собственные частоты поляритонов равны друг другу:  $\omega_1 = \omega_2$ . При этом константы линейной связи по каждому каналу рассеяния также одинаковы  $J_1 = J_2$ . В этом случае динамика поляритонов является периодической, причем поляритоны  $a_1$  колеблются синфазно с поляритонами  $a_2$  (рис. 3, а). Если

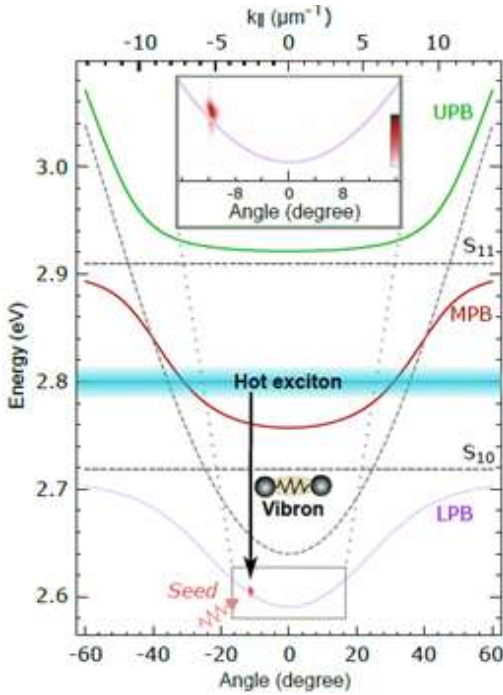


Рис. 2. Динамическая экситон-поляритонная конденсация

линейная связь по первому каналу рассеяния больше, чем по второму:  $J_1 > J_2$ , то могут возникать несколько режимов эволюции системы: аperiodический, покой и периодический. Аperiodический режим эволюции возникает, когда  $0 < J_2 < \frac{J_1}{2}$

(рис. 3, б). Если  $J_2 > \frac{3J_1}{4}$ , то наблюдается периодический процесс временной эволюции поляритонов. Причем поляритоны  $a_1$  колеблются синфазно с поляритонами  $a_2$  (рис. 3, в). При  $J_2 = 0,7$  (рис. 3, г) наблюдается покой системы. При  $J_2 > J_1$  наблюдается только периодический процесс эволюции поляритонов (рис. 3, д).

Если изменить начальные условия системы, то качественно динамика системы не изменится, однако будет наблюдаться

уменьшение амплитуды колебаний квази-частиц.

Если собственные частоты поляритонов не равны друг другу:  $\omega_1 \neq \omega_2$  и при этом  $\omega_1 > \omega_2$ , то динамика системы изменится. Рассмотрим случай, когда линейная связь по второму каналу рассеяния больше, чем по первому:  $J_2 > J_1$ . В этом случае наблюдается осцилляционный режим конверсии поляритонов  $a_1$  и  $a_2$ . При этом плотность поляритонов  $a_1$  с течением времени уменьшается за счет того, что происходит конверсия в поляритоны  $a_2$ , плотность которых с течением времени осцилляционно увеличивается (рис. 4).

Если линейная связь по второму каналу рассеяния меньше, чем по первому каналу:  $J_2 < J_1$  либо  $J_2 = J_1$ , снова будет наблюдаться аperiodический режим эволюции системы (рис. 5, а, б).

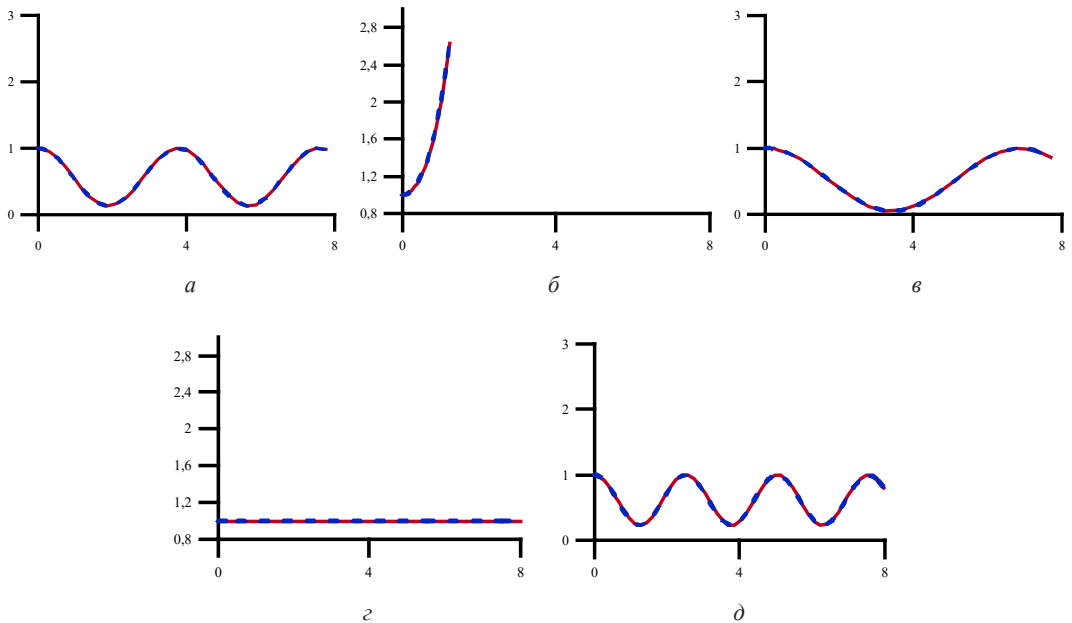


Рис. 3. Временная эволюция частиц экситон-поляритонов при фиксированных параметрах системы  $(0; 1; 0; 1)$ ,  $\omega_1 = \omega_2 = 0,3$  и различных константах линейной связи: а -  $J_1 = J_2 = 1$ ; б -  $J_1 > J_2$ ;  $J_1 = 1, J_2 = 0,3$ ; в -  $J_1 > J_2$ ;  $J_1 = 1, J_2 = 0,8$ ; г -  $J_1 > J_2$ ;  $J_1 = 1, J_2 = 0,7$ ; д -  $J_2 > J_1$ ;  $J_1 = 1, J_2 = 1,3$

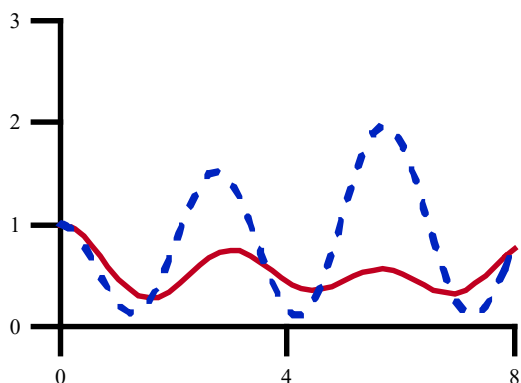
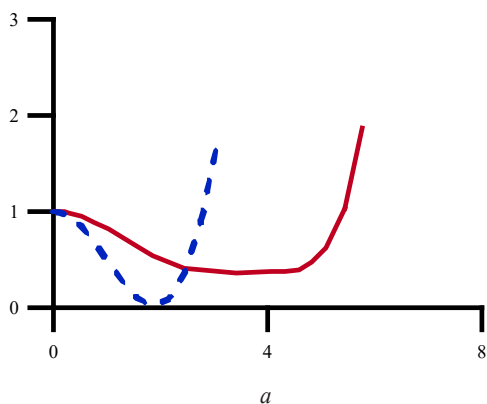
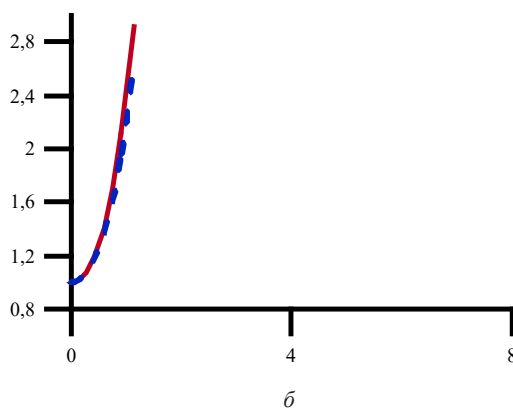


Рис. 4. Временная эволюция частиц экситон-поляритонов при фиксированных параметрах системы (0; 1; 0; 1), расстройки резонанса  $\omega_1 > \omega_2$ ,  $\omega_1 = 0,3$ ,  $\omega_2 = 0,1$  и константах взаимодействия поляритонов  $J_2 > J_1$ ;  $J_1 = 1$ ,  $J_2 = 1,3$

Если  $\omega_2 > \omega_1$  и линейная связь по второму каналу рассеяния больше, чем по первому:  $J_2 > J_1$ , то снова наблюдается осцилляционный режим конверсии поляритонов  $a_1$  и  $a_2$ . При этом возникают режимы эволюции, когда плотность поляритонов  $a_2$  равна нулю, в то время как плотность поляритонов  $a_1$  достигает своего максимального значения (рис. 6).



а



б

Рис. 5. Временная эволюция частиц экситон-поляритонов при фиксированных параметрах системы (0; 1; 0; 1), расстройки резонанса  $\omega_1 > \omega_2$ ,  $\omega_1 = 0,3$ ,  $\omega_2 = 0,1$  и константах взаимодействия поляритонов: а -  $J_1 = J_2 = 1$ ; б -  $J_1 > J_2$ ,  $J_1 = 1$ ,  $J_2 = 0,3$

Если линейная связь по второму каналу рассеяния меньше, чем по первому:  $J_2 < J_1$  либо  $J_2 = J_1$ , снова будет наблюдаться аperiodический режим эволюции системы (рис. 7, а, б).

### Временная эволюция частиц в случае когда $a_{10} \neq a_{20}$

Рассмотрим случай, когда собственные частоты поляритонов равны друг другу:  $\omega_1 = \omega_2$ . При этом константы линейной связи по каждому каналу рассеяния также одинаковы  $J_1 = J_2$ . В этом случае динамика поляритонов является аperiodической, причем плотности поляритонов вначале монотонно уменьшаются, достигая своего минимального значения, а затем возникает возрастание плотности поляритонов, чем эволюция и завершается (рис. 8, а). Если линейная связь по первому каналу рассеяния больше, чем по второму, то снова наблюдается аperiodический режим эволюции квазичастиц, однако в этом случае отсутствует монотонное уменьшение плотностей поляритонов (рис. 8, б). При  $J_2 > J_1$  наблюдается только

периодический процесс эволюции поляритонов (рис. 8, в). Причем в динамике отсутствует процесс полного истощения соответствующих поляритонов. При этом в моменты времени, когда плотность поляритонов  $a_1$  максимальна, плотность поляритонов  $a_2$  минимальна.

Рассмотрим еще один случай, когда линейная связь по второму каналу рассеяния больше, чем по первому каналу:  $J_2 > J_1$ . В этом случае также наблюдается осцилляционный режим конверсии поляритонов  $a_1$  и  $a_2$ . Плотность поляритонов  $a_1$  с течением времени уменьшается за счет того, что происходит конверсия в поляритоны  $a_2$ , плотность которых с течением времени осцилляционно увеличивается (рис. 9). Однако при больших временах можно увидеть резкий пик плотности поляритонов  $a_2$ , при этом плотность поляритонов  $a_1$  принимает минимальное значение, но не возникает режима истощения плотностей поляритонов.

Если линейная связь по второму каналу рассеяния меньше, чем по первому:  $J_2 < J_1$

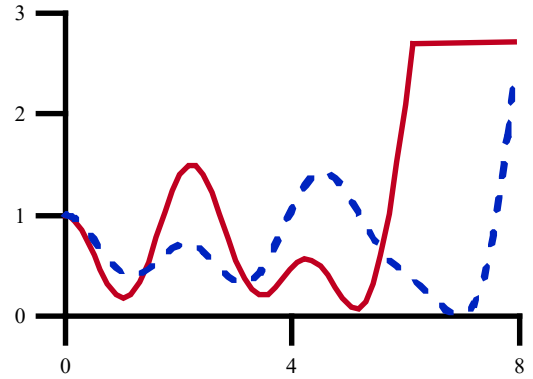


Рис. 6. Временная эволюция частиц экситон-поляритонов при фиксированных параметрах системы  $(0; 1; 0; 1)$ , расстройки резонанса  $\omega_2 > \omega_1$ ,  $\omega_1 = 0,3$ ,  $\omega_2 = 0,6$ , и константах взаимодействия поляритонов  $J_2 > J_1$ ,  $J_1 = 1$ ,  $J_2 = 1,3$

либо  $J_2 = J_1$ , снова будет наблюдаться аperiodический режим эволюции системы (рис. 10, а, б). При этом если  $J_1 = J_2$  (рис. 10, а), то плотности поляритонов вначале монотонно уменьшаются, достигая своего минимального значения (для поляритонов  $a_2$  наступает режим полного истощения), а затем возникает возрастание поляритонов, чем эволюция и завершается.

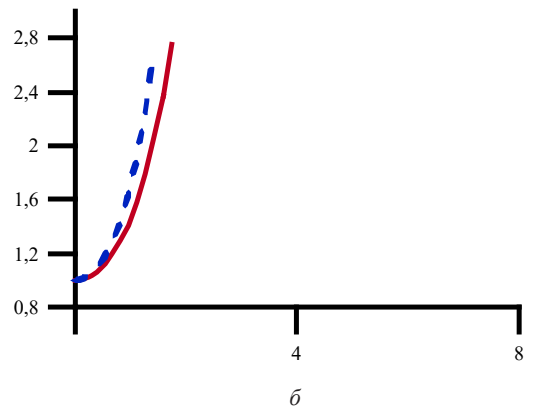
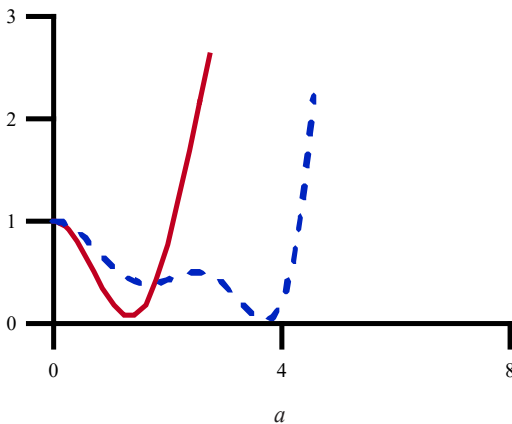
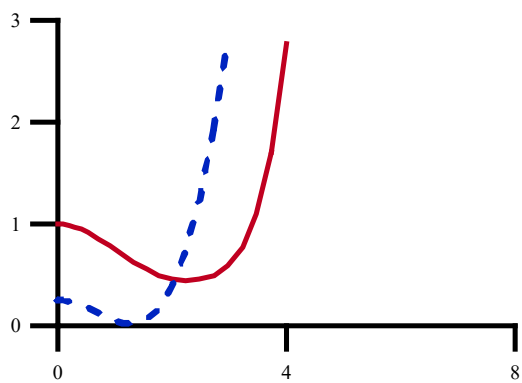
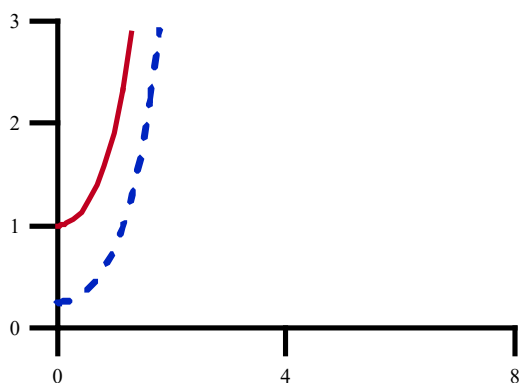


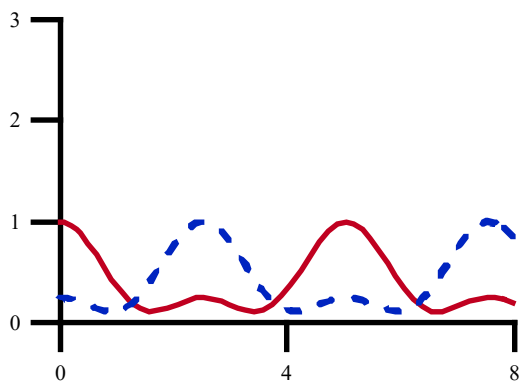
Рис. 7. Временная эволюция частиц экситон-поляритонов при фиксированных параметрах системы  $(0; 1; 0; 1)$ , расстройки резонанса  $\omega_2 > \omega_1$ ,  $\omega_1 = 0,3$ ,  $\omega_2 = 0,6$  и константах взаимодействия поляритонов: а -  $J_1 = J_2 = 1$ ; б -  $J_1 > J_2$ ,  $J_1 = 1$ ,  $J_2 = 0,3$



*a*



*б*



*в*

Рис. 8. Временная эволюция частиц экситон-поляритонов при фиксированных параметрах системы (0; 1; 0; 0,5), в условиях точного резонанса,  $\omega_1 = \omega_2 = 0,3$  и при константах взаимодействия поляритонов: *a* -  $J_1 = J_2 = 1$ ; *б* -  $J_1 > J_2$ ,  $J_1 = 1$ ,  $J_2 = 0,3$ ; *в* -  $J_2 > J_1$ ,  $J_1 = 1$ ,  $J_2 = 1,3$

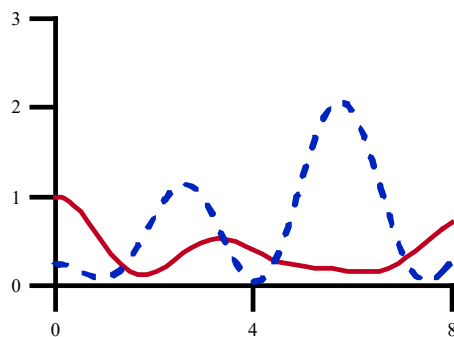
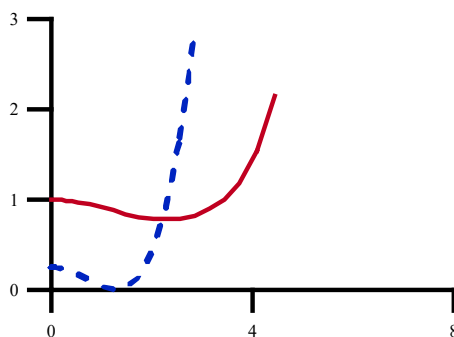
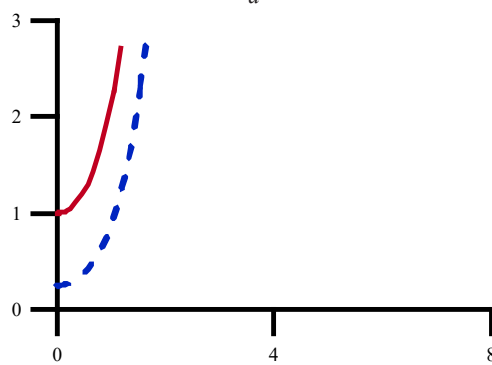


Рис. 9. Временная эволюция частиц экситон-поляритонов при фиксированных параметрах системы (0; 1; 0; 0,5), расстройки резонанса  $\omega_1 > \omega_2$ ,  $\omega_1 = 0,3$ ,  $\omega_2 = 0,1$  и константах взаимодействия поляритонов  $J_2 > J_1$ ,  $J_1 = 1$ ,  $J_2 = 1,3$



*a*



*б*

Рис. 10. Временная эволюция частиц экситон-поляритонов при фиксированных параметрах системы (0; 1; 0; 0,5), расстройки резонанса,  $\omega_1 > \omega_2$ ,  $\omega_1 = 0,3$ ,  $\omega_2 = 0,1$  и константах взаимодействия поляритонов: *a* -  $J_1 = J_2 = 1$ , *б* -  $J_1 > J_2$ ,  $J_1 = 1$ ,  $J_2 = 0,3$

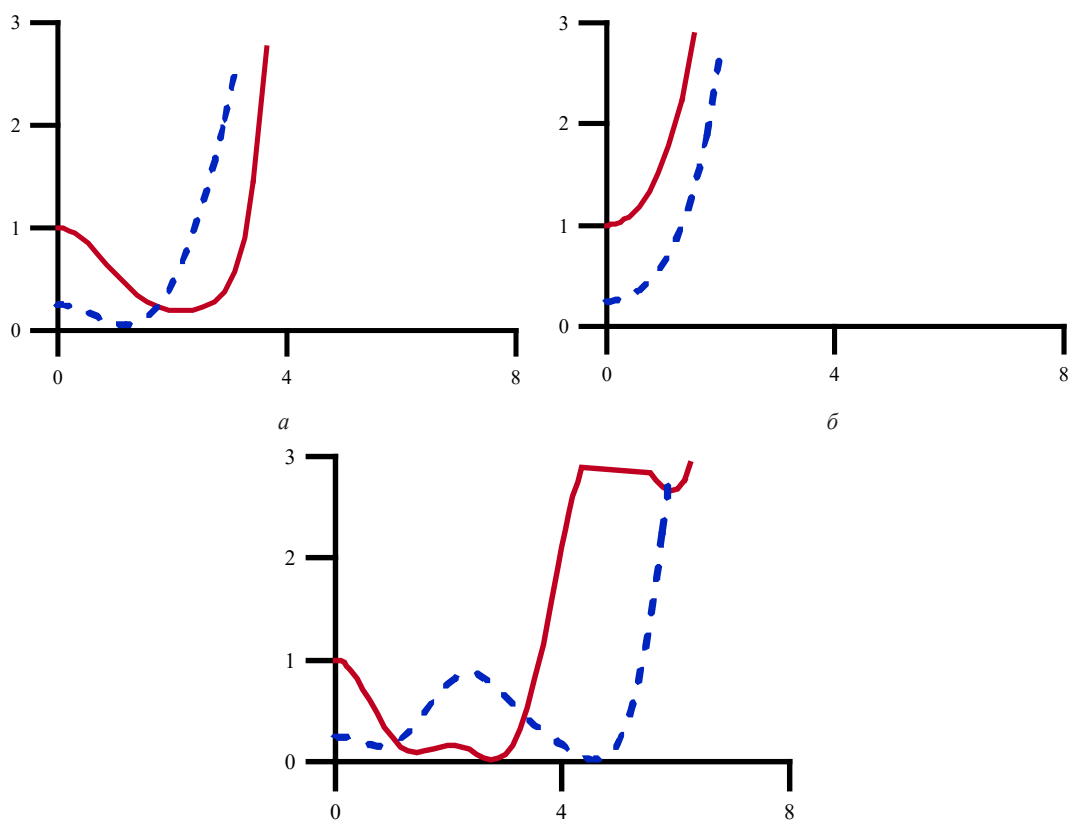


Рис. 11. Временная эволюция частиц экситон-поляритонов при фиксированных параметрах системы  $(0; 1; 0; 0,5)$ , расстройке резонанса  $\omega_2 > \omega_1$ ,  $\omega_1 = 0,3$ ,  $\omega_2 = 0,6$  и константах взаимодействия поляритонов:  $a - J_1 = J_2 = 1$ ;  $б - J_1 > J_2$ ,  $J_1 = 1$ ,  $J_2 = 0,3$ ;  $в - J_2 > J_1$ ,  $J_1 = 1$ ,  $J_2 = 1,3$

Если  $\omega_2 > \omega_1$ , то качественно динамика системы поляритонов не изменится, также будут возникать различные режимы эволюции системы: периодический и апериодический. Существенное влияние на режим эволюции оказывает режим линейной связи между соответствующими поляритонными состояниями (рис. 11).

Нами изучена динамика экситон-поляритонов в процессе параметрического рассеяния по двум каналам. Получены различные режимы эволюции экситон-поляритонов в микрорезонаторе: периоди-

ческий и апериодический, а также покой. Выяснено, что для реализации оптического вентиля на основе экситон-поляритонов в микрорезонаторе необходимо создавать режим, когда плотности частиц периодически изменяются в процессе эволюции. Такой процесс возможен в том случае, если линейная связь по второму каналу рассеяния больше, чем по первому.

### Цитированная литература

1. Miller, D. Are optical transistors the logical next step? / D. Miller // Nat. Photon. – 2010. – № 4. – P. 3.



2. **Chen, W.** All-optical switch and transistor gated by one stored photon / W. Chen, K. M. Beck, R. Buckner, M. D. Lukin, H. Tanji-Suzuki, V. Vuletic // *Science* – 2013. – № 341. – P. 768–770.
  3. **Ballarini, D.** All-optical polariton transistor / D. Ballarini, M. De Giorgi, E. Cancellieri, R. Houdre, E. Giacobini, R. Cingolani, A. Bramati, G. Gigli, D. Sanvitto // *Nat. Com.* – 2013. – № 4. – P. 1778.
  4. **Hwang, J.** A single-molecule optical transistor / J. Hwang, M. Pototschnig, R. Lettow, G. Zumofen // *Nature*. – 2009. – № 460. – P. 76.
  5. **Sun, Z.** Optical switching with organics / Z. Sun, D.W. Snoke // *Nat. Photon.* – 2019. – № 13. – P. 370.
  6. **Volz, T.** Ultrafast all-optical switching by single photons / T. Voltz, A. Reinhard, M. Winger, A. Badolato, K. J. Hennessy, E. L. Hu, A. Imamoglu // *Nat. Photon.* – 2012. – № 6. – P. 605.
  7. **Sun, S.** A single-photon switch and transistor enabled by a solid-state quantum memory / S. Sun, H. Kim, Z. Luo, G. S. Solomon, E. Waks // *Science*. – 2018. – № 361. – P. 57–60.
  8. **Zeng, H.** Valley polarization in  $MoS_2$  monolayers by optical pumping / H. Zeng, J. Dai, W. Yao, D. Xiao, X. Cui // *Nat. Nanotechnol.* – 2012. – № 7. – P. 490–493.
  9. **Mirek, R.** Neural networks based on ultrafast time delayed effects in exciton-polaritons / R. Mirek, A. Opala, M. Furman, M. Krol, K. Tuszka, B. Seredynski, W. Pacuski, J. Suffczynski, J. Szczytko, M. Matuszewski, B. Pietku // arXiv: 220. 00225V1. – 2022.
  10. **Baranikov, A. V.** All-optical cascaded universal logic gate with sub-picosecond operation / A. V. Baranikov, A. V. Zasedatelev, D. Urbonas, F. Scafrimuto, U. Scherf, T. Stöferle, R. F. Mahrt, P. G. Lagoudakis // arXiv:2005.04802v1. – 2020.
  11. **Plumhof, J. D.** Room-temperature Bose-Einstein condensation of cavity exciton-polaritons in a polymer / J. D. Plumhof, T. Stöferle, L. Mai, U. Scherf, R. F. Mahrt // *Nat. Mater.* – 2014 – № 13. – P. 247–252.
  12. **Kyriienko, O.** Exciton-polariton quantum gates based on continuous variables / O. Kyriienko, T. C. H. Liew // *Phys. Rev. B* – 2016. – № 93. – P. 035301.
-

УДК: 535.8

## ВЛИЯНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИ МЕНЯЮЩЕЙСЯ ПОСТОЯННОЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ В РТ-СИММЕТРИЧНОМ МАССИВЕ СВЕТОВОДОВ

К. Д. Ляхомская, Л. Ю. Надькин, М. В. Кириленко

*Исследованы особенности распространения света в двумерном массиве световодов при учете периодически меняющейся постоянной распространения и поглощения (усиления) света. Получены аналитические решения системы дифференциальных уравнений, описывающих поле распространяющегося излучения. Показано, что пространственные профили интенсивности излучения в зависимости от значений коэффициента связи, постоянной распространения и коэффициента поглощения (усиления) характеризуются периодическим режимом с возможным усилением излучения в ряде световодов массива.*

**Ключевые слова:** световод, постоянная распространения, пространственный профиль интенсивности.

## THE INFLUENCE OF PERIODICALLY VARYING CONSTANT PROPAGATION ON THE PROPAGATION OF RADIATION IN A PT-SYMMETRIC ARRAY OF WAVEGUIDES

K. D. Lyakhomskaya, L. Yu. Nad'kin, M. V. Kirilenko

*The characteristics of light propagation in a two-dimensional array of waveguides are investigated considering periodically varying constant propagation and absorption (amplification) of light. Analytical solutions of the system of differential equations describing the field of propagating radiation are obtained. It is shown that the spatial intensity profiles of radiation depend on the coupling coefficient, propagation constant, and absorption (amplification) coefficient, and exhibit a periodic regime with possible enhancement of radiation in certain waveguides of the array.*

**Keywords:** waveguide, propagation constant, spatial intensity profile.

Современные задачи интегральной фотоники неразрывно связаны с изучением условий локализации и управления поведением распространяющегося оптического излучения в различных периодических системах, таких как фотонные решетки или массивы световодов [1–3]. Ранее счи-

талось, что наиболее интересными для изучения явлений распространения света в системах световодов являются различные нелинейно-оптические эффекты, возникающие при больших уровнях возбуждения. Это и блоховские осцилляции [4–17], и зерновое туннелирование [15, 16],

Для цитирования: Ляхомская, К. Д. Влияние периодически меняющейся постоянной распространения на распространение излучения в РТ-симметричном массиве световодов / К. Д. Ляхомская, Л. Ю. Надькин, М. В. Кириленко. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 18–27. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.

и динамическая локализация излучения [17–20], и др. Однако в экспериментальной работе [18] была установлена возможность локализации энергии за пределами возбуждения, обусловленного феноменологией плоской зоны, зависящей от параметров взаимодействия. Т. е. для передачи информации в режиме малой мощности в волноводных решетках обязательно наличие нелинейностей.

В работах [4, 11–14] блоховские осцилляции возникали в массиве световодов при учете линейно изменяющейся постоянной распространения в зависимости от номера световода поправки к постоянной распространения.

Периодическое поведение постоянной распространения может быть представлено зигзагообразной геометрией массива световодов. При этом важную роль в эффектах дифракции распространяющегося излучения играет связь второго порядка.

Интересны и более сложные оптические системы, например, массивы, обладающие РТ-симметрией. В работах [21–23] для таких систем были построены решения солитонного типа, исследована их устойчи-

вость и динамика. В [24] экспериментально продемонстрировано, как оптическая нелинейность способна контролировать динамику усиления и потерь волновода с топологическим интерфейсом в неэрмитовой решетке Су-Шриффера-Хеггера, что позволяет переключаться между разными режимами симметрии. В [20] экспериментально показана возможность локализации волновых пакетов и защита их поперечного профиля без необходимости дополнительного управления дифракцией. При этом распределение потерь может способствовать синтезу плоских полос в неэрмитовых средах. Такие полосы возникают вблизи исключительной точки и связаны с компактными локализованными модами, которые возбуждаются в произвольных положениях периодической решетки.

В данной работе получены аналитические решения системы дифференциальных уравнений для амплитуд полей распространяющихся волн в РТ-симметричном массиве световодов, состоящем из двух бесконечных цепочек массивов световодов, характеризующихся периодическим характером изменения постоянной распространения.

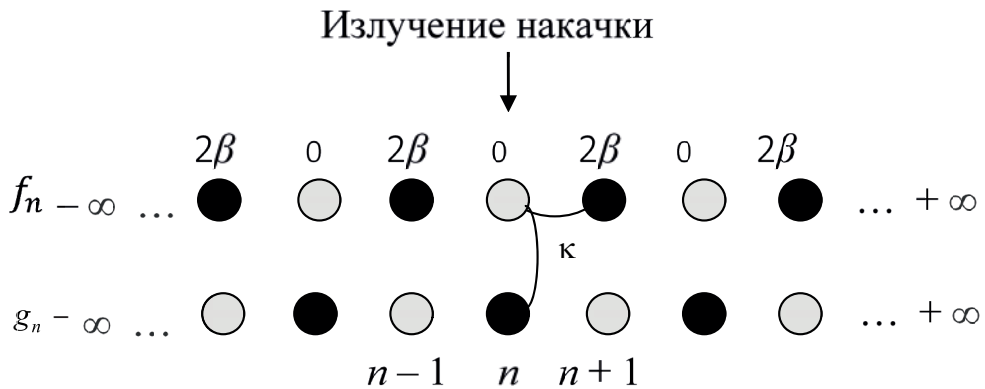


Рис. 1. Схема задачи

## Постановка задачи.

### Основные уравнения

Рассмотрим массив световодов, состоящий из двух бесконечных цепочек световодов  $f_n$  и  $g_n$ , расположенных в двух параллельных плоскостях и характеризующихся константой распространения, которая является периодической функцией, зависящей от номера световода  $n$  в массиве (рис. 2).

Система дифференциальных уравнений, описывающих амплитуды поля волны, распространяющейся в каждом из световодов, имеет вид [11]:

$$\begin{cases} i \frac{df_n}{dx} + \beta_n f_n + \kappa(f_{n+1} + f_{n-1} + g_n) + \\ + (-1)^n \gamma f_n = 0 \\ i \frac{dg_n}{dx} + \beta_n g_n + \kappa(g_{n+1} + g_{n-1} + f_n) - \\ - (-1)^n \gamma g_n = 0 \end{cases}, \quad (1)$$

где  $f_n(g_n)$  – амплитуда поля волны в  $n$ -м световоде цепочки массива световодов,  $x$  – координата оси световодов, вдоль которой происходит распространение излучения,  $\kappa$  – константа связи между ближайшими световодами одной и той же цепочки и между  $n$ -ми световодами разных цепочек,  $\gamma$  – коэффициент усиления (потерь),  $\beta_n$  – постоянная распространения, значение которой определяется четностью номера световода  $n$  как:

$$\beta_n = \begin{cases} \beta_0, & n = 2k, & k \in Z \\ \beta_0 + 2\beta, & n = 2k + 1, & k \in Z \end{cases}, \quad (2)$$

для простоты понимания слагаемое с постоянной распространения отсутствует за счет экспоненциального преобразования.

Предположим, что накачивается нулевой световод  $n = 0$  цепочки  $f_n$  световодов.

Тогда начальные условия для системы дифференциальных уравнений (2) имеют вид:

$$f_n|_{z=0} = f_0 \delta_{n0}, \quad g_n|_{z=0} = 0, \quad (3)$$

где  $\delta_{n0}$  – дельта символ Кронекера.

Следует отметить, что если  $n = 2k$ , то рассматривается случай усиления распространяющегося излучения, при  $n = 2k \pm 1$  – случай поглощения.

Распишем систему (2) по четности световодов :

$$\begin{cases} i \frac{df_{2k}}{dz} + \kappa(f_{2k+1} + f_{2k-1} + g_{2k}) + \\ + \gamma f_{2k} = 0 \\ i \frac{df_{2k+1}}{dz} + 2\beta f_{2k+1} + \kappa(f_{2k} + f_{2k+2} + g_{2k+1}) - \\ - \gamma f_{2k+1} = 0 \end{cases}, \quad (4a)$$

$$\begin{cases} i \frac{dg_{2k}}{dz} + 2\beta g_{2k} + \kappa(g_{2k-1} + g_{2k+1} + f_{2k}) + \\ + \gamma g_{2k} = 0 \\ i \frac{dg_{2k+1}}{dz} + \kappa(g_{2k} + g_{2k+2} + f_{2k+1}) - \\ - \gamma g_{2k+1} = 0 \end{cases}. \quad (4b)$$

Далее воспользуемся Фурье-преобразованиями:

$$\begin{cases} f_{2k}(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x, \theta) e^{-i2k\theta} d\theta \\ f_{2k+1}(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} F(x, \theta) e^{-i(2k+1)\theta} d\theta \\ g_{2k}(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} g(x, \theta) e^{-i2k\theta} d\theta \\ g_{2k+1}(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} G(x, \theta) e^{-i(2k+1)\theta} d\theta \end{cases}, \quad (5)$$

где  $\theta$  – независимая переменная.

Подставляя систему (5) в системы (4), получим:

$$f_{2k}(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \left\{ \begin{aligned} & i \frac{df}{dx} e^{-i2k\theta} + \kappa \left( F e^{-i(2k-1)\theta} + \right. \\ & \left. + F e^{-i(2k+1)\theta} \right) + \kappa g e^{-i2k\theta} \\ & \left. + \gamma f e^{-i2k\theta} \right\} d\theta = 0, \end{aligned} \right.$$

$$f_{2k+1}(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \left\{ \begin{aligned} & i \frac{dF}{dx} e^{-i(2k+1)\theta} + \\ & + 2\beta F e^{-i(2k+1)\theta} + \\ & \left. \kappa (f e^{-i(2k)\theta} + f e^{-i(2k+2)\theta} + \right. \\ & \left. + G e^{-i(2k+1)\theta}) - \gamma F e^{-i(2k+1)\theta} \right\} d\theta = 0, \end{aligned} \right.$$

$$g_{2k}(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \left\{ \begin{aligned} & i \frac{dg}{dx} e^{-i2k\theta} + 2\beta g e^{-i2k\theta} + \\ & \left. + \kappa (G e^{-i(2k-1)\theta} + G e^{-i(2k+1)\theta} + \right. \\ & \left. + f e^{-i2k\theta}) + \gamma g e^{-i2k\theta} \right\} d\theta = 0, \end{aligned} \right.$$

$$g_{2k+1}(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \left\{ \begin{aligned} & i \frac{dG}{dx} e^{-i(2k+1)\theta} + \\ & \left. + \kappa \left( g e^{-i2k\theta} + g e^{-i(2k+2)\theta} + \right. \right. \\ & \left. \left. + F e^{-i(2k+1)\theta} \right) - \right. \\ & \left. - \gamma G e^{-i(2k+1)\theta} \right\} d\theta = 0. \end{aligned} \right.$$

Преобразуя подынтегральные функции и приравнявая их к нулю, перейдем к системе дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} if' + 2\kappa F \cos\theta + \kappa g + \gamma f = 0, \\ iF' + 2\beta F + 2\kappa f \cos\theta + \kappa G - \gamma f = 0, \\ ig' + 2\beta g + 2\kappa G \cos\theta + \kappa G - \gamma g = 0, \\ iG' + 2\kappa g \cos\theta + xF + \gamma G = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Решения для спектральных амплитуд ищем в экспоненциальном виде:

$$f, F, g, G \sim e^{i\lambda x}.$$

С учетом начальных условий (2) из системы (6) можно получить квадратные уравнения для  $\lambda$ :

$$\begin{aligned} & \lambda^2 - 2\beta\lambda + (2\beta - \gamma)\gamma - \\ & - \kappa^2(1 + 4\cos^2\theta) \pm 4\kappa^2 \cos\theta = 0, \end{aligned} \quad (7)$$

решая которые находим корни:

$$\begin{cases} \lambda_{1,2} = \beta \pm p \\ \lambda_{3,4} = \beta \pm q \end{cases}, \quad (8)$$

где

$$\begin{aligned} p &= \sqrt{(\beta - \gamma)^2 + \kappa^2(1 + 2\cos\theta)^2}, \\ q &= \sqrt{(\beta - \gamma)^2 + \kappa^2(1 - 2\cos\theta)^2}. \end{aligned} \quad (9)$$

Для решения системы дифференциальных уравнений (1) или (4) введем вспомогательные функции:

$$\begin{aligned} U &= f + G, \quad V = g + F, \quad P = f - G \text{ и} \\ U &= f + G, \quad V = g + F, \quad P = f - G \\ Q &= g - F. \end{aligned} \quad (10)$$

Составим системы дифференциальных уравнений для вспомогательных функций по аналогии с (1):

$$\begin{cases} iU' + 2\kappa V \cos\theta + \kappa V + \gamma U = 0 \\ iV' + 2\beta V + 2\kappa U \cos\theta + \kappa U - \gamma V = 0 \end{cases} \quad (11)$$

и

$$\begin{cases} iP' - 2\kappa Q \cos\theta + \kappa Q + \gamma P = 0 \\ Q' + 2\beta Q - 2\kappa P \cos\theta + \kappa P - \gamma Q = 0 \end{cases}. \quad (12)$$

Представляя решения в экспоненциальном виде:  $U, V, P, Q \sim e^{i\lambda x}$ , с учетом начальных условий для функций и их производных по координате  $x$ :

$$\begin{cases} U|_{x=0} = 1 \\ V|_{x=0} = 0 \end{cases}, \begin{cases} U'|_{x=0} = 0 \\ V'|_{x=0} = 0 \end{cases} \quad \text{и} \quad (13)$$

$$\begin{cases} P|_{x=0} = 1 \\ Q|_{x=0} = 0 \end{cases}, \begin{cases} P'|_{x=0} = 0 \\ Q'|_{x=0} = 0 \end{cases}$$

подробно рассмотрим решение системы (11):

$$\begin{cases} \lambda U = \kappa V(1 + 2\cos\theta) + \gamma U \\ \lambda V = \kappa U(1 + 2\cos\theta) - \gamma U + 2\beta V \end{cases}, (14)$$

из которой можно получить квадратное уравнение для  $\lambda$ , аналогичное уравнению (7), и определить корни:

$$\lambda_{1,2} = \beta \pm \sqrt{(\beta - \gamma)^2 + \kappa^2(1 + 2\cos\theta)^2} = \beta \pm p,$$

где  $p$  определяется тем же выражением (9).

Общий вид решения системы (11) представим как:

$$\begin{cases} U = e^{i\beta x} (A_1 e^{ipx} + B_1^{-ipx}) \\ V = e^{i\beta x} (C_1 e^{ipx} + D_1^{-ipx}) \end{cases}, (15)$$

где амплитуды  $A_1$ ,  $B_1$ ,  $C_1$  и  $D_1$  можно найти, используя первую пару начальных условий (13):

$$A_1 = \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{\beta}{p} \right), \quad B_1 = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{\beta}{p} \right), \quad \text{и}$$

$$C_1 = \frac{\kappa}{2r} (1 + 2\cos\theta), \quad D_1 = -\frac{\kappa}{2p} (1 + 2\cos\theta).$$

Тогда (15) примет вид:

$$\begin{cases} U = \frac{1}{2} e^{i\beta x} \left( \cos(px) - i \frac{\beta}{q} \sin(px) \right) \\ V = i \frac{\kappa}{r} (1 + 2\cos\theta) e^{i\beta x} \sin(px) \end{cases}. (16)$$

Аналогично найдем решение системы уравнений (12):

$$\begin{cases} P = e^{i\beta x} \left( \cos(qx) - i \frac{\beta}{q} \sin(qx) \right) \\ Q = i e^{i\beta x} \frac{\kappa}{q} (1 - 2\cos\theta) \sin(qx) \end{cases}. (17)$$

Учитывая соотношения (10), найдем соотношения для спектральных амплитуд:

$$f = \frac{1}{2}(P + U), \quad G = \frac{1}{2}(U - P),$$

$$F = \frac{1}{2}(V - Q), \quad g = \frac{1}{2}(V + Q)$$

и получим решения для соответствующих по четности номера световода амплитуд полей распространяющегося излучения:

$$f_{2k}(x) = \frac{e^{i\beta x}}{4\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} \left[ \cos(sx) + \cos(rx) - i\beta \left( \frac{\sin(sx)}{s} + \frac{\sin(rx)}{r} \right) \right] e^{-2ik\theta} d\theta,$$

$$f_{2k+1}(x) = \frac{i e^{i\beta x} \kappa}{4\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} \left[ (1 + 2\cos\theta) \frac{\sin(rx)}{r} - (1 - 2\cos\theta) \frac{\sin(sx)}{s} \right] e^{-i(2k+1)\theta} d\theta,$$

$$g_{2k}(x) = \frac{i e^{i\beta x} \kappa}{4\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} \left[ (1 + 2\cos\theta) \frac{\sin(rx)}{r} + \right]$$

$$\begin{aligned}
 & + (1 - 2\cos\theta) \frac{\sin(sx)}{s} \Big] e^{-2ik\theta} d\theta, \\
 g_{2k+1}(x) = & \frac{e^{i\beta\kappa}}{4\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} \left[ \cos(rx) - \cos(sx) - \right. \\
 & \left. - i\beta \left( \frac{\sin(rx)}{r} - \frac{\sin(sx)}{s} \right) \right] e^{-i(2k+1)\theta} d\theta. \quad (18)
 \end{aligned}$$

От решений для амплитуд полей перейдем к выражениям для интенсивностей излучения, определив их как:

$$\begin{aligned}
 I_{2k}^f &= |f_{2k}(x)|^2, \quad I_{2k+1}^f = |f_{2k+1}(x)|^2, \\
 I_{2k}^g &= |g_{2k}(x)|^2, \quad I_{2k+1}^g = |g_{2k+1}(x)|^2.
 \end{aligned}$$

Исследуем пространственные профили интенсивности излучения, распространяющегося в произвольном световоде массива для разных значений параметров: коэффициента связи  $\kappa$ , постоянной распространения  $\beta$  и величины усиления (поглощения)  $\gamma$ .

### Обсуждение полученных результатов

Рассмотрим результаты численного решения системы уравнений (18) с учетом (19) при фиксированных значениях константы связи  $\kappa$  и разных значениях постоянной распространения  $\beta$  и коэффициента усиления (поглощения)  $\gamma$ .

Предположим, что интенсивность накачки равна единице. Зафиксируем значение константы связи  $\kappa = 0,25$ , а два других параметра  $\gamma$  и  $\beta$  будем менять.

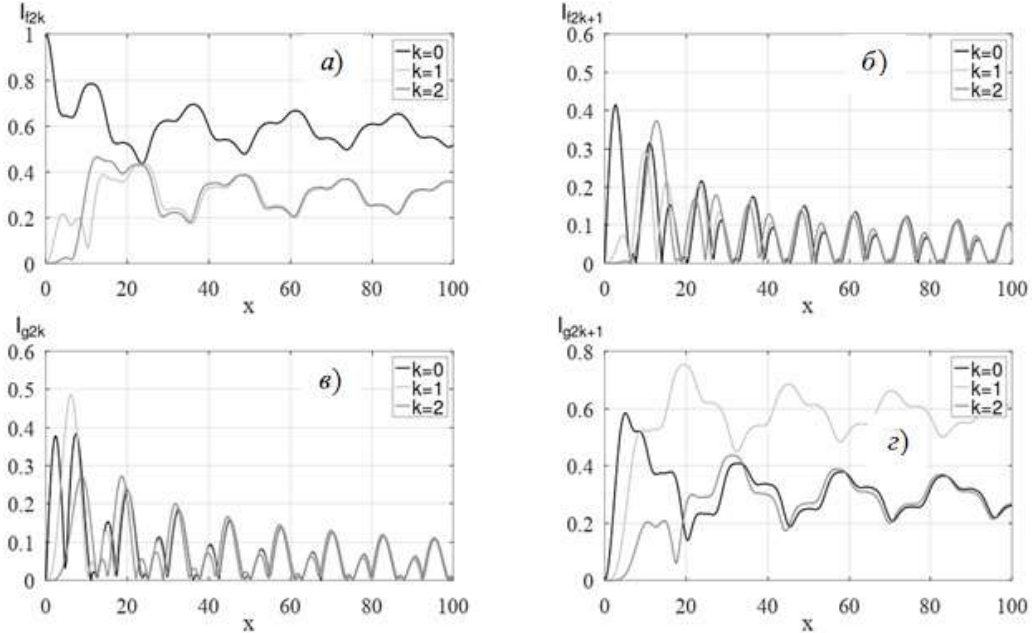


Рис. 2. Пространственные профили интенсивности распространяющегося излучения в первых трех четных световодах  $f$  (а) и  $g$  (в) цепочек массива и в первых трех нечетных световодах  $f$  (б) и  $g$  (г) цепочек массива при  $\kappa = 0,25$ ;  $\gamma = 0,25$ ;  $\beta = 0,25$

На рис. 2, *a*, *б* представлены пространственные профили интенсивности распространяющегося излучения в первых трех четных световодах *f* и *g* цепочек массива соответственно и пространственные профили интенсивности распространяющегося излучения в первых трех нечетных световодах *f* и *g* цепочек массива (рис. 2, *б*, *з*) при  $\kappa = \gamma = \beta = 0,25$ .

Из рис. 2, *a* видно, что пространственный профиль интенсивности нулевого накачиваемого световода представляет собой колебательную функцию координаты и характеризуется группами максимумов малой амплитуды. По мере распространения излучения вдоль оси световода наблюдается его диффузия в ближайшие све-

товоды как своей *f* цепочки, так и нижней *g* цепочки. При этом режим перекачки из нулевого световода неполный: при больших расстояниях от торца  $x = 100$  величина интенсивности равна половине значения интенсивности накачки на торце.

Наиболее интенсивная перекачка излучения осуществляется в световод  $n=3$  *g* цепочки, при этом величина главного максимума интенсивности излучения при  $x=18$  примерно равна 0,77. А величина главного максимума световода  $n=1$  *g* цепочки при  $x=5$  примерно составляет 0,58. Это можно объяснить наличием слагаемого с  $\gamma$  в (1), которое отвечает за усиление (поглощение) и приводит к перераспределению излучения в световодах массива.

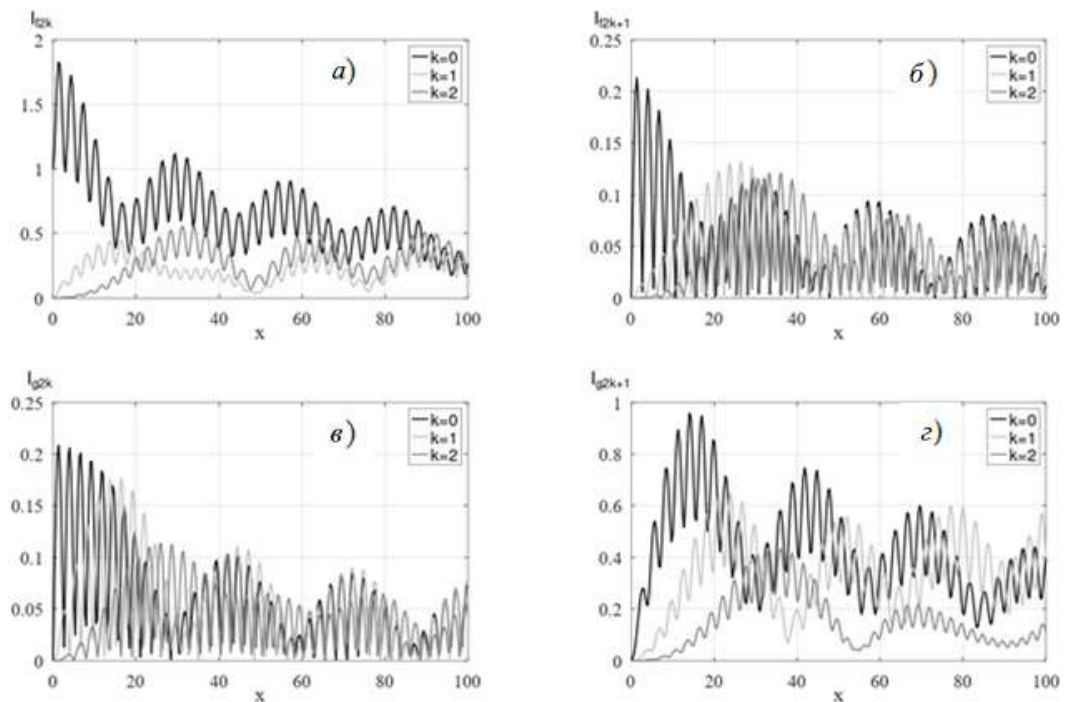


Рис. 3. Пространственные профили интенсивности распространяющегося излучения в первых трех четных световодах *f* (*a*) и *g* (*в*) цепочек массива и в первых трех нечетных световодах *f* (*б*) и *g* (*з*) цепочек массива при  $\kappa = 0,25$ ;  $\gamma = 3$ ;  $\beta = 2$



Отметим интересную особенность: пространственные профили интенсивностей излучения, распространяющегося в четных световодах массива  $f$  цепочки (функции  $I_{2k}^f(x)$ ) качественно схожи с функциями  $I_{2k+1}^g(x)$  для нечетных световодов  $g$  цепочки: режим перекачки для указанных световодов неполный. Аналогично и для функций  $I_{2k+1}^f(x)$  и  $I_{2k}^g(x)$ , они характеризуются колебаниями, амплитуды которых больше амплитуд побочных максимумов, описанных выше, и монотонно убывающими огибающими. При этом режим перекачки излучения – полный.

На рис. 3,  $a, б$  представлены пространственные профили интенсивности распространяющегося излучения в первых трех четных световодах  $f$  и  $g$  цепочек

массива соответственно и пространственные профили интенсивности распространяющегося излучения в первых трех нечетных световодах  $f$  и  $g$  цепочек массива (рис. 3,  $б, г$ ) при  $\kappa = 0,25; \gamma = 3; \beta = 2$ .

Из рис. 3,  $a, г$  видно, что пространственные профили интенсивности четных световодов  $f$  цепочки и нечетных  $g$  цепочки представляют собой двоякопериодические колебательные функции, состоящие из групп максимумов по 8–9 в каждой. При этом режим перекачки неполный. Важная особенность – усиление излучения, распространяющегося в нулевом накачиваемом световоде, при котором максимальное значение  $I_{f, n=0}(x) = 1,8$ , а интервал значений, превышающих интенсивность накачки  $0 < x < 12$ .

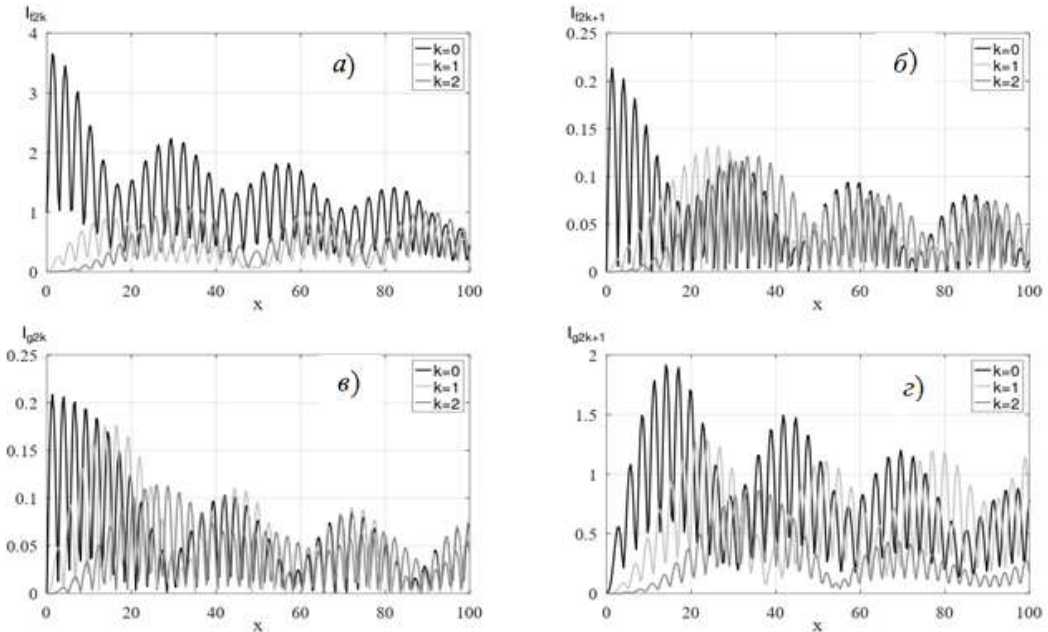


Рис. 4. Пространственные профили интенсивности распространяющегося излучения в первых трех четных световодах  $f$  (а) и  $g$  (б) цепочек массива и в первых трех нечетных световодах  $f$  (в) и  $g$  (г) цепочек массива при  $\kappa = 0,25; \gamma = 5; \beta = 4$

В других световодах массива интенсивность распространяющегося излучения меньше единицы.

Рассмотрим теперь случай усиления распространяющегося излучения не только в нулевом накачиваемом световоде  $f$  цепочки массива, но и в других световодах массива.

На рис. 4, *а*, *б* представлены пространственные профили интенсивности распространяющегося излучения в первых трех четных световодах  $f$  и  $g$  цепочек массива соответственно и пространственные профили интенсивности распространяющегося излучения в первых трех нечетных световодах  $f$  и  $g$  цепочек массива (рис. 4, *б*, *в*) при  $\kappa = 0,25$ ;  $\gamma = 5$ ;  $\beta = 4$ .

Из рис. 4, *а* видно, что интенсивность излучения, распространяющегося в накачиваемом световоде достигает максимального значения  $I_{f, n=0}(x) = 3,65$ , а интервал значений, превышающих интенсивность накачки,  $0 < x < 90$ . Кроме этого, в первых двух нечетных световодах  $g$  цепочки также интенсивности распространяющегося излучения превышают величину накачки на значительных расстояниях от торца световодов. Только пространственный профиль интенсивности  $I_{g, n=5}(x)$  не выходит за пределы единицы.

### Заключение

Получены аналитические решения системы дифференциальных уравнений, описывающих поле распространяющегося излучения в РТ-симметричном массиве световодов, состоящем из двух бесконечных цепочек при периодическом характере меняющейся постоянной распростра-

нения и наличии усиления (поглощения) излучения в системе.

Показано, что пространственные профили излучения, несмотря на наличие усиления (поглощения) в системе, характеризуются только колебательным режимом. Колебательный режим может сопровождаться усилением излучения в накачиваемом или ряде других световодов массива при определенных значениях коэффициента связи световодов, постоянной распространения и коэффициента усиления (поглощения).

Полученные результаты могут быть использованы при создании чисто оптических логических элементов на основе линейных массивов световодов сложной геометрии и (или) фотонных решеток.

### Цитированная литература

1. **Joannopoulos J. D., Villeneuve P. R. and Fan S.** Photonic crystals: putting a new twist on light // *Nature*. – 1997. – 386. – P. 143–149.
2. **Russell P.** Photonic Crystals Fibres // *Science*. – 2003. – 299. – P. 358–362.
3. **Christodoulides D. N., Lederer F., and Silberberg Y.** Discretizing light behaviour in linear and nonlinear waveguide lattices // *Nature*. – 2003. – 424 (6950). – P. 817–822.
4. **Peschel U., Pertsch T., Lederer F.** Optical Bloch oscillations in waveguide arrays // *Opt. Lett.* – 1998. – 23. – P. 1701.
5. **Pertsch T., Dannberg P., Elfle W., Brauer A., Lederer F.** Optical Bloch Oscillations in Temperature Tuned Waveguide Arrays // *Phys. Rev. Lett.* – 1999. – 83. – P. 4752.
6. **Morandotti R., Peschel U., Aitchison J. S., Eisenberg H. S., Silberberg Y.** Experimental Observation of Linear and Nonlinear Optical Bloch Oscillations // *Phys. Rev. Lett.* – 1999. – 83. – P. 4752.

7. **Pertsch T., Zentgraf T., Peschel U., Brauer A., Lederer F.** Beam steering in waveguide arrays // *Appl. Phys. Lett.* – 2002. – 80. – P. 3247.
8. **Chiodo N., Valle G. D., Osellame R., Longhi S., Cerullo G., Ramponi R., Laporta P., Morgner U.** Micromachining of photonic devices by femtosecond laser pulses // *Opt. Lett.* – 2006. – 31. – P. 1651.
9. **Longhi S.** Bloch dynamics of light waves in helical optical waveguide arrays // *Physical Review B.* – 2007. – 76. – P. 195119.
10. **Zheng M. J., Xiao J. J., Yu K. W.** Controllable optical Bloch oscillation in planar graded optical waveguide arrays // *Phys. Rev. A.* – 81. – 033829.
11. **Gozman M. I., Polishchuk Yu. I., Polishchuk I. Ya.** Anharmonic Bloch oscillations in a coupler composed of two parallel optical fibre arrays // *Opt. Eng.* – 2014. – 53 (7). – P. 071806.
12. **Wang G., Huang J. P., Yu K. W.** Nontrivial Bloch oscillations in waveguide arrays with second-order coupling // *Opt. Lett.* – 2010. – 35. – P. 1908.
13. **Gozman M. I., Guseynov A. I., Kagan Yu. M., Pavlov A. I., Polishchuk I. Ya.** Anharmonic Bloch Oscillations in the Optical Waveguide Array // *arXiv:1501.06492* (2015).
14. **Коровай, О. В.** Ангармонические блоховские осцилляции в массиве световодов / О. В. Коровай, А. П. Круковский, П. И. Хаджи. – Текст : непосредственный // *Квантовая электроника.* – 2018. – 48 (1). – С. 37–40.
15. **Хаджи, П. И.** Особенности распространения света в полубесконечных массивах световодов / П. И. Хаджи, К. Д. Ляхомская, О. К. Орлов – Текст : непосредственный // *Квантовая электроника.* – 2006. – 36 (10). – С. 971–977.
16. **Dreisow F., Wang G., Heinrich M., Keil R., Tünnermann A., Nolte S., Szameit A.** // *Opt. Lett.* – 2011. – 36 (2). – P. 3054.
17. **Коровай, О. В.** Электромагнитные волны в оптической фотонной решетке / О. В. Коровай. – Текст : непосредственный // *Квантовая электроника.* – 2020. – 50 (12). – С. 1146.
18. **Weimann S., Szameit A., Morales-Inostroza L., Real B., Cantillano C., Vicencio R. A.** Transport in Sawtooth photonic lattices // – 2016. *arXiv:1604.04147v1* [physics.optics].
19. **Khazaei Nezhad, M., Golshani, M., Mirshamsi, D.**: Impact of loss on the light propagation in 1D optical waveguide array in the presence of Kerr-type nonlinearity // *Opt. Commun.* – 2017. – 405. – P. 387–393.
20. **Biesenthal T., Kremer M., Heinrich M., Szameit A.** Experimental realisation of PT-symmetric flat bands // – 2019. *arXiv:1906.07466v1* [physics.optics].
21. **Suchkov S. V., Malomed B. A., Dmitriev S. V., Kivshar Yu. S.** Solitons in a chain of parity-time-invariant dimers. // *Phys. Rev.* – 2011. – E 84. – P. 046609.
22. **Suchkov S. V., Malomed B. A., Dmitriev S. V., Kivshar Yu. S.** Scattering of linear and nonlinear waves in a waveguide array with a PT-symmetric defect. // *Phys. Rev.* – 2011. – A 84. – P. 013833.
23. **Dmitriev S. V., Sukhorukov A. A. and Kivshar Yu. S.** Binary parity-time-symmetric nonlinear lattices with balanced gain and loss // *Opt. Lett.* – 2010. – 35. – P. 2976–2978.
24. **Xia, S.** et al. Nonlinear tuning of PT symmetry and non-Hermitian topological states // *Science.* – 2021. – 372. – P. 72–76.

УДК 512.548.7

## ПОЛУСИММЕТРИЧНЫЕ КВАЗИГРУППЫ

Н. Н. Дидурик, Н. Н. Малютина

Квазигруппа, удовлетворяющая тождество  $x(yx) = y$ , называется полусимметричной. В настоящей статье исследованы квазигруппы с полусимметричным законом. Исследованы изотопы этих квазигрупп. Найдено условие, когда лупа, изотопная полусимметричной квазигруппе будет полусимметричной лупой. Доказано, что дистрибутант  $D$  содержит только локальные единицы.

**Ключевые слова:** квазигруппа, лупа, изотопия, полусимметричные квазигруппы, дистрибутант.

## SEMISYMMETRIC QUASIGROUPS

N. N. Didurik, N. N. Malyutina

A quasigroup satisfying the identity  $x(yx) = y$  is called semisymmetric. In this article, quasigroups with a semisymmetric law are studied. The isotopes of these quasigroups have been studied. A condition is found when a loop isotopic to a semisymmetric quasigroup is a semisymmetric loop. It is proved that the distributor  $D$  contains only local units.

**Keywords:** quasigroup, loop, isotopy, semisymmetric quasigroups, distributor.

Как класс, полусимметричные квазигруппы, возможно, заслуживают особого интереса как из-за их алгебраических, так и из-за их комбинаторных свойств – коммутативные полусимметричные, т. е. полностью симметричные квазигруппы были объектом изучения почти так же долго, как и сами квазигруппы [1].

В [2] доказана биекция между полностью симметричными квазигруппами и ориентированными графами, удовлетворяющими определенным спецификациям. Также доказана биекция между полусимметричными квазигруппами и некото-

рые отображения между абстрактными многогранниками и ориентированными графами, называемые выравниваниями. А. В. Новак в [3] исследовал модули над полусимметричными квазигруппами.

Бинарный группоид  $(Q, \circ)$  называется квазигруппой, если для любой упорядоченной пары  $(a, b) \in Q^2$  существуют единственные решения  $x, y \in Q$  для уравнений  $x \circ a = b$  и  $a \circ y = b$  [4, 5].

**Определение 1.** [5] Квазигруппу  $(K, \cdot)$  назовем полусимметричной, если в  $(K, \cdot)$  выполняется полусимметричный закон

Для цитирования: Дидурик, Н. Н. Полусимметричные квазигруппы / Н. Н. Дидурик, Н. Н. Малютина. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 28–34. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.

$$\begin{aligned} x(yx) &= y, \\ \forall x, y \in K. \end{aligned} \quad (1)$$

**Примеры.**

1. Пусть  $(K, \cdot)$  является *IP*-лупой, т. е.  $x^{-1} \cdot xy = yx \cdot x^{-1} = y$ . Определяем новую операцию  $(\circ)$ :

$$x \circ y = x^{-1} \cdot y^{-1}, \forall x, y \in K.$$

$$\begin{aligned} \text{Имеем } x \circ (y \circ x) &= x^{-1} \cdot (y^{-1} \cdot x^{-1})^{-1} = \\ &= x^{-1} \cdot xy = y. \end{aligned}$$

Получили полусимметричную квазигруппу  $(K, \circ)$ , которая изотопна *IP*-луке  $(K, \cdot)$ .

2. Определяем полусимметричную квазигруппу  $(K, \cdot)$  с помощью таблицы Кэли.

$$\text{Пусть } K = \{1, 2, 3, 4\}$$

$\cdot$	1	2	3	4
1	1	4	2	3
2	3	2	4	1
3	4	1	3	2
4	2	3	1	4

Находим лупу  $(K, \circ)$ , изотопную квазигруппе  $(K, \cdot)$ , где изотопия имеет вид  $x \circ y = R_4^{-1} x \cdot L_2^{-1} y$ .

$(K, \circ)$  является абелевой группой, где  $x \circ y = 1, 1 = 2 \cdot 4$

$\circ$	1	2	3	4
1	1	2	3	4
2	2	1	4	3
3	3	4	1	2
4	4	3	2	1

В этой квазигруппе  $(K, \cdot)$  имеет место:

- 1)  $x \cdot xy = y$ ;
- 2)  $x(yz \cdot t) = t(xz \cdot y)$ ;
- 3)  $x^2 = x$ ;
- 4)  $x \cdot xy = yx, yx \cdot x = xy$  (левое и правое тождество Стейна);
- 5)  $x \cdot yz = xy \cdot xz, yz \cdot x = yx \cdot zx$  (дистрибутивные законы);
- 6)  $x \cdot yx = xy \cdot x$  (эластичный закон);
- 7)  $xy \cdot uv = xu \cdot yv$  (медиальный закон).

Эти примеры показывают путь, по которому можно изучать полусимметричные квазигруппы.

**Теорема 1.** В любой полусимметричной квазигруппе  $(K, \cdot)$  имеет место:

1.  $e_x = f_x, \forall x \in K$ , где  $f_x x = x e_x = x$ .
2.  $x \cdot yx = xy \cdot x, L_x R_x = R_x L_x, L_x = R_x^{-1}, R_x = L_x^{-1}, xx = f_x = e_x, \forall x, y \in K$ .
3. Уравнения  $xa = b$  и  $ay = b$  имеют решения  $x = ab, y = ba$ .

**Доказательство.**

1.  $e_x \cdot x e_x = x, e_x x = x, e_x = f_x$ .
2. Пусть  $xy \cdot x = z$ . Умножаем слева на  $x$  и получаем  $x(xy \cdot x) = xz, xy = xz, y = z, xy \cdot x = y$ . Из  $x \cdot yx = xy \cdot x$  получаем  $L_x R_x = R_x L_x$ . Из  $x \cdot yx = y$  получаем  $L_x R_x = \varepsilon$ , где  $\varepsilon$ -тождественная подстановка,  $L_x = R_x^{-1}, R_x = L_x^{-1}$ . Из  $x \cdot f_x x = f_x$  получаем  $xx = f_x = e_x$ .

3. Из  $xa = b$  и  $ay = b$  получаем  $a \cdot xa = ab, ay \cdot a = ba, x = ab, y = ba$ .  $\square$

**Теорема 2.** Квазигруппа  $(K, \circ)$ , изотопная полусимметричной квазигруппе  $(K, \cdot)$ , где изотопия имеет вид  $x \circ y = \gamma^{-1} (\alpha x \cdot \beta y)$ , будет полусимметричной квазигруппой тогда и только тогда, когда  $\Gamma = (\gamma \alpha^{-1}, \alpha \beta^{-1}, \beta \gamma^{-1})$  является автотопией квазигруппы  $(K, \cdot)$ .

**Доказательство.** Пусть в квазигруппе  $(K, \circ)$  выполняется полусимметричный закон  $x \circ (y \circ x) = y$ . Тогда можем записать

$$\begin{aligned} \gamma^{-1}(\alpha x \cdot \beta \gamma^{-1}(\alpha x \cdot \beta x)) &= y, \\ \alpha x \cdot \beta \gamma^{-1}(\alpha y \cdot \beta x) &= \gamma y. \end{aligned}$$

Последнее равенство умножаем справа на  $\alpha x$  и получаем  $\beta \gamma^{-1}(\alpha y \cdot \beta x) = \gamma y \cdot \alpha x$ . Теперь совершаем подстановки  $y \rightarrow \alpha^{-1}y$ ,  $x \rightarrow \beta^{-1}x$  и получаем  $\beta \gamma^{-1}(yx) = \gamma \alpha^{-1}y \cdot \alpha \beta^{-1}x$ ,  $T = (\gamma \alpha^{-1}, \alpha \beta^{-1}, \beta \gamma^{-1})$  – автотопия симметричной квазигруппы  $(K, \cdot)$ .

Обратно. Доказательство очевидное.  $\square$

**Теорема 3.** Лупа  $(K, \circ)$ , изотопная полусимметричной квазигруппе  $(K, \cdot)$ , где изотопия задается равенством  $x \circ y = R_a^{-1}x \cdot L_b^{-1}y, \forall x, y, a, b \in K$ ,  $a, b$  – любые фиксированные элементы, будет полусимметричной лупой тогда и только тогда, когда в  $(K, \cdot)$  выполняется равенство

$$b(xa \cdot y) = x(ya \cdot b), \forall x, y \in K. \quad (2)$$

**Доказательство.** На основании Теоремы 2, в лупе  $(K, \circ)$  будет выполняться полусимметричный закон  $x \circ (y \circ x) = y$  тогда и только тогда, когда в квазигруппе  $(K, \cdot)$  существует автотопия  $T = (R_a, R_a^{-1}L_b, L_b^{-1})$ , т. е.  $\gamma = \varepsilon$  – тождественная подстановка,  $\alpha = R_a^{-1}, \beta = L_b^{-1}$ . Но тогда и  $T^{-1} = (R_a^{-1}, L_b^{-1}R_a, L_b) = (L_a, R_bR_a, L_b)$  – автотопия квазигруппы  $(K, \cdot)$ .

Итак, можем записать

$$L_b(xy) = L_a x \cdot R_b R_a y, b(xy) = ax \cdot (ya \cdot b).$$

Совершаем подстановку

$$x \rightarrow xa, b(xa \cdot y) = x(ya \cdot b). \quad \square$$

Далее, естественно, возникает необходимость изучать полусимметричную квазигруппу  $(K, \cdot)$  с тождеством

$$\begin{aligned} x(yz \cdot t) &= t(xz \cdot y), \\ \forall x, y, z, t \in K. \end{aligned} \quad (3)$$

В полусимметричной квазигруппе  $(K, \cdot)$  из второго примера тождество (3) выполняется.

**Теорема 4.** Полусимметричная квазигруппа  $(K, \cdot)$ , в которой выполняется тождество (3), изотопна абелевой группе  $(K, \circ)$ , где  $x \circ x = e, \forall x \in K, e$  – единица группы  $(K, \circ)$ , а изотопия имеет вид:

$$\begin{aligned} x \circ y &= R_a^{-1}x \cdot L_b^{-1}y, \\ \forall x, y \in K. \end{aligned} \quad (4)$$

**Доказательство.** Из (3) при  $x = t$  получаем  $yz \cdot t = tz \cdot y, R_a(R_a y \circ L_b z) \circ L_b t = R_a(R_a t \circ L_b z) \circ L_b y, R_a(y \circ z) \circ t = R_a(R_a L_b^{-1}t \circ z) \circ L_b R_a^{-1}y.$

Если  $t = e$ , получаем  $R_a(y \circ z) = \varphi z \circ L_b R_a^{-1}y$ , где  $\varphi$  – подстановка,  $\varphi z = R_a(R_a L_b^{-1}e \circ z)$ .

$$\begin{aligned} \text{Итак, получили } (\varphi z \circ L_b R_a^{-1}y) \circ t &= \\ = (\varphi z \circ L_b R_a^{-1}R_a L_b^{-1}t) \circ L_b R_a^{-1}y, (z \circ y) \circ t &= \\ = (z \circ t) \circ y. \end{aligned}$$

Если  $z = e$ , то  $y \circ t = t \circ y, \forall y, t \in K$ .

Окончательно, получаем  $(z \circ y) \circ t = t \circ (z \circ y) = (t \circ z) \circ y$ , т. е.  $(K, \circ)$  является абелевой группой. На основании Теоремы 3 лупа  $(K, \circ)$  является полусимметричной ( $x \circ (y \circ x) = y$ ), откуда следует  $x \circ x = e$ .  $\square$

**Примечание.** Докажем и непосредственно, что группа  $(K, \circ)$  является полусимметричной.

Действительно, в квазигруппе  $(K, \cdot)$  имеет место  $x(ya \cdot b) = b(xa \cdot y)$ . Отсюда получаем автотопию  $T = (R_a^{-1}, R_b R_a, L_b)^{-1} = (R_a, R_a^{-1}L_b, L_b^{-1})$ .

Получили

$$L_b^{-1}(yx) =$$

$$= R_a y \cdot R_a^{-1} L_b x, L_b^{-1}(R_a^{-1} y \cdot L_b^{-1} x) = y \cdot R_a^{-1} x,$$

$$R_a^{-1} x \cdot L_b^{-1}(R_a^{-1} y \cdot L_b^{-1} x) = y, x \circ (y \circ x) = y.$$

**Следствие.** Любая лупа  $(K, \circ)$ , изотопная полусимметричной квазигруппе  $(K, \cdot)$  с тождеством (3), является абелевой группой, в которой  $x \circ x = e$ ,  $e$  является единицей группы  $(K, \circ)$  и, следовательно,  $(K, \circ)$  является полусимметричной.

**Теорема 5.** В любой полусимметричной квазигруппе  $(K, \cdot)$  с тождеством (3) имеет место:

$$e_x^2 = f_x^2 = e_x = f_x. \quad (5)$$

**Доказательство.** В равенстве (3) подставляем  $x = t, z = e_t, y = e_t$  и получаем  $e_t^2 \cdot t = t, e_t^2 = e_t$ .  $\square$

**Теорема 6.** Любая коммутативная полусимметричная квазигруппа  $(K, \cdot)$  с тождеством (3) является абелевой группой.

**Доказательство.** В равенстве (3) подставляем  $x = t$  и получаем  $yz \cdot t = tz \cdot y = y \cdot tz = y \cdot zt, yz \cdot t = y \cdot zt$ .  $(K, \cdot)$  является абелевой группой.  $\square$

**Теорема 7.** Любая полусимметричная квазигруппа  $(K, \cdot)$  с тождеством (3) и с односторонней единицей является абелевой группой.  $\square$

**Доказательство.** Если полусимметричная квазигруппа  $(K, \cdot)$  имеет, например, левую единицу  $f$ , где  $fx = x$ , то на основании равенства  $f_x = e_x$ , получаем, что  $(K, \cdot)$  является лупой.

В равенстве  $x(yz \cdot t) = t(xz \cdot y)$  подставляем  $x = t = f$  где  $fx = xf = x, \forall x \in K$  и

получаем  $yz = zy$ . На основании Теоремы 6,  $(K, \cdot)$  является абелевой группой.  $\square$

**Примечание.** Из того, что в квазигруппе  $(K, \cdot)$  выполняется тождество (3) не следует, что в  $(K, \cdot)$  выполняется полусимметричный закон. Например, в любой абелевой группе  $(K, \cdot)$  имеет место тождество (3), но не любая абелева группа является полусимметричной.

**Теорема 8.** Квазигруппа  $(K, \circ)$ , изотопная полусимметричной лупе  $(K, \cdot)$ , где изотопия имеет вид:

$$x \circ y = x L_b^{-1} y, \forall x, y \in K, \quad (6)$$

будет полусимметричной лупой тогда и только тогда, когда элемент  $b$  является левым элементом Бола [6], т. е. имеет место:

$$b(xby) = (bxb)y = xy, \quad \forall x, y \in K. \quad (7)$$

**Доказательство.** Замечаем, что квазигруппа  $(K, \circ)$  имеет левую единицу  $f = b, b \circ y = y$ . Если в  $(K, \circ)$  имеет место полусимметричный закон  $x \circ (y \circ x) = y$ , то  $(K, \circ)$  является полусимметричной лупой (на основании  $e_x = f_x$ ) и нужно доказать, что  $b$  является левым элементом Бола.

В равенстве  $x \circ (y \circ x) = y$  переходим от операции  $(\circ)$  к операции  $(\cdot)$ , используя (6)

$$x \cdot L_b^{-1}(y \cdot L_b^{-1} x) = y.$$

Последнее равенство умножаем справа на  $x$  и получаем

$$L_b^{-1}(y \cdot L_b^{-1} x) = yx, y \cdot L_b^{-1} x = L_b(yx).$$

Теперь совершаем подстановку  $x \rightarrow bx$  и получаем  $yx = L_b(y \cdot bx) = b(y \cdot bx)$ ,

$$yx = b(y \cdot bx), \forall x, y \in K.$$

*Обратно.* Пусть дано (7). Нужно доказать, что  $(K, \circ)$  является полусимметричной лупой, т. е. нужно доказать полусимметричный закон.

Из (7) получаем  $x \cdot b y = L_b^{-1}(xy), xy = L_b^{-1}(x \cdot L_b^{-1}y)$ . Последнее равенство умножаем слева на  $y$  и получаем  $x = y \cdot L_b^{-1}(x \cdot L_b^{-1}y), x = y \circ (x \circ y)$ .  $\square$

**Теорема 9.** Если квазигруппа  $(K, \circ)$ , изотопная полусимметричной квазигруппе  $(K, \cdot)$ , где изотопия имеет вид:

$$x \circ y = R_a^{-1}x \cdot y, \forall x, y \in K,$$

является полусимметричной квазигруппой, то  $(K, \cdot)$  и  $(K, \circ)$  являются полусимметричными лупами.

**Доказательство.** Квазигруппа  $(K, \circ)$  имеет правую единицу  $e = a$  и так как  $(K \circ)$  является полусимметричной квазигруппой, то на основании  $e_x = f_x, \forall x \in K$  следует, что  $(K, \circ)$  является полусимметричной лупой.  $\square$

Далее имеем  $a \circ x = x, R_a^{-1}a \cdot x = x, f_a x = x, \forall x \in K$ . Получили, что полусимметричная квазигруппа  $(K, \cdot)$  имеет левую единицу. Следовательно,  $(K, \cdot)$  является полусимметричной лупой.  $\square$

**Теорема 10.** Квазигруппа  $(K, \circ)$ , изотопная полусимметричной лупе  $(K, \cdot)$ , где изотопия имеет вид:

$$x \circ y = R_a^{-1}x \cdot y, \forall x, y \in K, \quad (8)$$

будет тоже полусимметричной лупой тогда и только тогда, когда элемент  $a$  является правым элементом Бола, т. е. имеет место:

$$(ya \cdot x)a = y(ax \cdot a) = yx, \forall x, y \in K. \quad (9)$$

**Доказательство.** Пусть  $(K, \circ)$  является полусимметричной квазигруппой. Так как квазигруппа  $(K, \circ)$  имеет правую единицу  $e = a$ , то  $(K, \circ)$  является полусимметричной лупой. В полусимметричной лупе имеет место  $x \circ (y \circ x) = y = (x \circ y) \circ x$ .

Используя (8), получаем  $R_a^{-1}(R_a^{-1}x \cdot y) \cdot x = y$ . Умножаем последнее равенство слева на  $x$  и получаем  $R_a^{-1}(R_a^{-1}x \cdot y) = xy, xy = (xa \cdot y)a$ .

*Обратно.* Доказательство очевидное.  $\square$

**Теорема 11.** Любая полусимметричная квазигруппа  $(K, \cdot)$  с тождеством (3) является левой и правой квазигруппой Стейна ( $x \cdot xy = yx, yx \cdot x = xy$ ), если  $x^2 = x, \forall x \in K$ .

**Доказательство.** Сначала в тождестве (3) подставляем  $z = t$  и получаем  $x(yt \cdot t) = t(xt \cdot y)$ . Теперь подставляем  $x = t$  и окончательно получаем  $yt \cdot t = tt \cdot y = ty, \forall y, t \in K$ . Далее снова в тождестве (3) подставляем  $x = y, z = e_x$  и получаем  $x(xe_x \cdot t) = t(xe_x \cdot x) = tx^2 = tx, x \cdot xt = tx, \forall x, t \in K$ .  $\square$

**Теорема 12.** В любой полусимметричной квазигруппе  $(K, \cdot)$  с тождеством (3) дистрибутант  $D = \{e_x = f_x | \forall x \in K\}$ .

**Доказательство.** В (3) подставляем  $x = z = f_a$ , где  $f_a a = a, f_a^2 = f_a$  и получаем  $f_a(yf_a \cdot t) = t(f_a^2 \cdot y) = t(f_a y)$ . Совершаем подстановку  $y \rightarrow f_a y$  и, используем  $f_a y \cdot f_a = y, f_a \cdot f_a y = yf_a$ . Получаем:

$$f_a(yt) = t yf_a. \quad (10)$$

Теперь рассмотрим изотоп  $(K, \circ)$ , где изотопия имеет вид:

$$x \circ y = f_a x \cdot yf_a, \forall x, y \in K. \quad (11)$$



На основании Теоремы 4  $(K, \circ)$  является абелевой группой. Следовательно, получили  $x \circ y = y \circ x$ ,

$$f_a x \cdot y f_a = f_a y \cdot x f_a. \quad (12)$$

Из (10) следует

$$\begin{aligned} f_a(yt) &= t \cdot y f_a = (f_a \cdot t f_a) \cdot y f_a, \\ f_a(yt) &= (f_a \cdot t f_a) \cdot y f_a. \end{aligned} \quad (13)$$

Из (12) и (13) получаем  $f_a(yt) = (f_a \cdot t f_a) \cdot y f_a = f_a y \cdot (t f_a \cdot f_a) = f_a y \cdot f_a t \cdot L_{f_a}$  является автоморфизмом квазигруппы  $(K, \cdot)$ .

Так как  $L_{f_a} = R_{f_a}^{-1}$ , то  $R_{f_a}$  является автоморфизмом квазигруппы  $(K, \cdot)$ ,  $(xy) f_a = x f_a \cdot y f_a$ . Получили  $f_a \in D$ . [7]  $\square$

**Примечание.** Дистрибутант  $D$  содержит только локальные единицы  $f_x = e_x, \forall x \in K$ .

Действительно, если  $a \in D$ , то  $a^2 = a$  и  $a = e_a = f_a$ .

**Теорема 13.** Любая полусимметричная квазигруппа  $(K, \cdot)$  с тождеством (3) является медиальной квазигруппой.

**Доказательство.** Пусть в квазигруппе  $(K, \cdot)$  имеет место  $xuyv = xu \cdot yv'$ . Нужно доказать, что  $v = v'$ . Пусть  $a \in D$ , тогда  $L_a$  и  $R_a$  являются автоморфизмами квазигруппы  $(K, \cdot)$ .

Изучим изотоп  $(K, \circ)$ , где изотопия имеет вид  $x \circ y = R_a^{-1} x \cdot L_a^{-1} y$ . Знаем, что  $e = a \circ a = a$ ,  $L_a R_a = R_a L_a, xy = R_a x \circ L_a y = R x \circ L y, R_a, L_a$  являются автоморфизмами и абелевой группы  $(K, \circ)$ .

Из  $xuyv = xu \cdot yv'$  получаем

$$R(Rx \circ Ly) \circ L(Ru \circ Lv) = R(Rx \circ Lu) \circ$$

$$\circ L(Ry \circ Lv'), L^2 v = L^2 v', v = v'.$$

$\square$

**Теорема 14.** Существует коммутативная полусимметричная квазигруппа  $(K, \circ)$  со свойством обратимости.

**Доказательство.** Пусть  $(K, \cdot)$  является коммутативной  $IP$ -лупой ( $x^{-1} \cdot xy = y, xy \cdot x^{-1} = y$ ).

Изучаем квазигруппу  $(K, \circ)$ , изотопную  $IP$ -лупе  $(K, \cdot)$ , где изотопия имеет вид:  $x \circ y = x^{-1} \cdot y^{-1}$ .

Получили:

$$x \circ (y \circ x) = x^{-1} \cdot (y^{-1} \cdot x^{-1})^{-1} = x^{-1} (xy) = y,$$

$$x \circ (x \circ y) = x^{-1} \cdot (x^{-1} \cdot y^{-1})^{-1} = x^{-1} (xy) = y.$$

Следовательно,  $x \circ y = y \circ x$ .

$\square$

**Теорема 15.** Существует коммутативная полусимметричная лупа  $(K, \cdot)$  со свойством обратимости.

**Доказательство.** Пусть  $K = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$ . Строим полусимметричную лупу  $(K, \cdot)$  с помощью таблицы Кэли.

$\cdot$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2	1	6	10	8	3	9	5	7	4
3	3	6	1	7	9	2	4	10	5	8
4	4	10	7	1	6	5	3	9	8	2
5	5	8	9	6	1	4	10	2	3	7
6	6	3	2	5	4	1	8	7	10	9
7	7	9	4	3	10	8	1	6	2	5
8	8	5	10	9	2	7	6	1	4	3
9	9	7	5	8	3	10	2	4	1	6
10	10	4	8	2	7	9	5	3	6	1

В построенной лупе имеет место:

$$x \cdot ux = y, x \cdot xy = ux \cdot x = y, xy = ux. \quad \square$$

**Примечание.** Построенная полусимметричная лупа  $(K, \cdot)$  не является лупой Муфанг.

Действительно, если  $x(y \cdot xz) = (xy \cdot x)z$ , то  $x(y \cdot xz) = yz, y \cdot xz = x \cdot yz, xz \cdot y = x \cdot yz, xz \cdot y = x \cdot zy$ ,  $(K, \cdot)$  является абелевой группой. Получили противоречие, так как, например,  $(5 \cdot 6) \cdot 9 = 8, 5 \cdot (6 \cdot 9) = 7$ .

### Цитированная литература

1. **Bruck R. H.** Some results in the theory of quasigroups / R. H. Bruck // Trans. Amer. Math. Soc., 55 (1944), 19–52.
2. **Lewis K. M.** Semisymmetric quasigroups as alignments on abstract polyhedral / K. M. Lewis //

Quasigroups and Related Systems 29 (2021), 223–242.

3. **Nowak Alex W.** Modules over semisymmetric quasigroups // arXiv:1908.06364v1 [math.RA] 18 Aug 2019, <https://doi.org/10.48550/arXiv.1908.06364>.

4. **Scherbacov V.** Elements of Quasigroup Theory and Applications / V. Scherbacov // CRC Press. – Boca Raton, 2017.

5. **Белоусов, В. Д.** Основы теории квазигрупп и луп / В. Д. Белоусов. – Москва : Наука, 1967. – Текст : непосредственный.

6. **Флоря, И. А.** Квазигруппы Бола / И. А. Флоря. – Текст : непосредственный // Исследования по общей алгебре. – Кишинев : Изд-во АН МССР, 1965. – С. 136–153.

7. **Флоря, И. А.** Квазигруппы с непустым дистрибутантом / И. А. Флоря. – Текст : непосредственный // Исследования по общей алгебре. – Кишинев : Изд-во АН МССР, 1968. – С. 88–101.

УДК 512.548.7:004.056.55

## КРИПТОГРАФИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ НА БАЗЕ ОБОБЩЕННОГО АЛГОРИТМА МАРКОВСКОГО, ИСПОЛЬЗУЮЩИЙ КВАЗИГРУППЫ ОСОБОГО ВИДА

Н. Н. Дидурик, Н. Н. Малютина, В. А. Щербаков

*Статья посвящена построению обобщения криптографического алгоритма, основанного на использовании квазигрупп особого вида. Дается более подробное описание алгоритма, предложенного в [3]. Приводится пример, иллюстрирующий работу алгоритма. Показаны эффективность и преимущества применения квазигрупп особого вида в криптологии.*

**Ключевые слова:** *T-квазигруппа, медиальная квазигруппа, шифрование, дешифрование, алгоритм Марковского, система ортогональных операций, криптология, криптография, криптосистема, шифр, открытый текст, зашифрованный текст.*

## CRYPTOGRAPHIC ALGORITHM BASED ON THE GENERALIZED MARKOVSKI ALGORITHM USING QUASIGROUPS OF A SPECIAL KIND

N. N. Didurik, N. N. Malyutina, V. A. Shcherbacov

*This article is devoted to the construction of a generalization of a cryptographic algorithm based on the use of quasigroups of a special type. Here we give a more detailed description of the algorithm proposed in [3]. An example is given to illustrate the operation of the developed algorithm. Our task was to show the effectiveness and advantages of using quasigroups of a special type in cryptology.*

**Keywords:** *T-quasigroup, medial quasigroup, encryption, decryption, Markovski algorithm, system of orthogonal operations, cryptology, cryptography, cryptosystem, cipher, plaintext, ciphertext.*

Большой интерес для современной криптографии представляет вопрос о применении теории квазигрупп в криптологии. Некоторые результаты, полученные в области применения квазигрупп в криптологии и теории кодирования, описаны в наших предыдущих статьях [1, 2].

В этой статье обобщается криптографический алгоритм, основанный на

использовании квазигрупп особого вида, и приводится пример, иллюстрирующий работу данного алгоритма. Также представлено более подробное описание алгоритма, предложенного в [3]. Этот алгоритм одновременно использует две криптографические процедуры: шифрование с использованием обобщения алгоритма Марковского [4] и шифрование

---

Для цитирования: Дидурик, Н. Н. Криптографический алгоритм на базе обобщенного алгоритма Марковского, использующий квазигруппы особого вида / Н. Н. Дидурик, Н. Н. Малютина, В. А. Щербаков. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 35–48. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchnoizdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.

с использованием системы ортогональных операций. Алгоритм Марковского и его обобщения в настоящее время являются достаточно известными и востребованными потоковыми шифрами на основе квазигрупп.

В данной работе представлена реализация этого алгоритма на основе  $T$ -квазигрупп, а точнее, на основе медиальных квазигрупп.

Нам понадобятся некоторые дополнительные сведения по изучаемой тематике, более подробное изложение которых можно найти в [5, 6].

**Определение 1.** Бинарный группоид  $(Q, A)$  – это непустое множество  $Q$  с заданной на нем бинарной операцией

**Определение 2.**  $n$ -арным группоидом  $(Q, A)$  называется непустое множество  $Q$  с заданной на нем  $n$ -арной операцией  $f$ .

**Определение 3.**  $n$ -арные группоиды  $(Q, A_1), (Q, A_2), \dots, (Q, A_n)$  называются ортогональными, если для любого фиксированного  $n$ -набора  $a_1, a_2, \dots, a_n$  система следующих уравнений

$$\begin{cases} A_1(x_1, x_2, \dots, x_n) = a_1 \\ A_2(x_1, x_2, \dots, x_n) = a_2 \\ \dots \\ A_n(x_1, x_2, \dots, x_n) = a_n \end{cases}$$

имеет единственное решение.

Если множество  $Q$  конечно, то любая система  $n$  ортогональных  $n$ -арных группоидов  $(Q, A_i) \quad i \in \overline{1, n}$  определяет перестановку множества  $Q^n$  и наоборот [7, 8, 9]. Если  $|Q|=q$ , то существуют  $(q^n)!$  систем  $n$ -арных ортогональных группоидов, определенных на множестве  $Q$ .

Существуют различные обобщения определения ортогональности  $n$ -арных операций [10, 11].

**Определение 4.** Бинарный группоид  $(Q, A)$  называется квазигруппой, если  $\forall a, b \in Q$  однозначно разрешимы два уравнения:  $A(x, a) = b$  и  $A(a, x) = b$ .

Существуют и другие определения квазигрупп. Гаррет Биркгоф дал эквациональное определение квазигруппы [12, 13].

**Определение 5.** Эквациональной квазигруппой будем называть алгебру с тремя бинарными операциями  $(Q, \cdot, \setminus, /)$ , которые удовлетворяют следующим шести тождествам:

$$x \cdot (x \setminus y) = y; \quad (1)$$

$$(y / x) \cdot x = y; \quad (2)$$

$$x \setminus (x \cdot y) = y; \quad (3)$$

$$(y \cdot x) / x = y; \quad (4)$$

$$x / (y \setminus x) = y; \quad (5)$$

$$(x / y) \setminus x = y. \quad (6)$$

**Определение 6.** С заданной бинарной квазигруппой  $(Q, A)$  определены  $(3!-1)$  других, так называемых парастрофов квазигруппы  $(Q, A)$ :

$$A(x_1, x_2) = x_3;$$

$$A^{(12)}(x_2, x_1) = x_3;$$

$$A^{(13)}(x_3, x_2) = x_1;$$

$$A^{(23)}(x_1, x_3) = x_2;$$

$$A^{(123)}(x_2, x_3) = x_1;$$

$$A^{(132)}(x_3, x_1) = x_2.$$

**Определение 7.** Пусть  $(Q, \cdot)$  – это группоид и  $a$  – фиксированный элемент из  $Q$ , тогда обозначим левую, правую и среднюю трансляции как  $L_a$ ,  $R_a$  и  $P_a$ , соответственно, определим их следующим образом:

$$L_a x = a \cdot x, R_a x = x \cdot a, x \cdot P_a x = a, \forall x \in Q.$$

Трансляции играют важную роль в теории квазигрупп.

В таблице для каждого вида трансляций показан эквивалентный парастроф квазигруппы  $(Q, \cdot)$  в каждом из шести случаев [14].

Трансляции квазигрупповых парастрофов

	$\varepsilon$	(12)	(13)	(23)	(123)	(132)
R	R	L	$R^{-1}$	P	$P^{-1}$	$L^{-1}$
L	L	R	$P^{-1}$	$L^{-1}$	$R^{-1}$	P
P	P	$P^{-1}$	$L^{-1}$	R	L	$R^{-1}$
$R^{-1}$	$R^{-1}$	$L^{-1}$	R	$P^{-1}$	P	L
$L^{-1}$	$L^{-1}$	$R^{-1}$	P	L	R	$P^{-1}$
$P^{-1}$	$P^{-1}$	P	L	$R^{-1}$	$L^{-1}$	R

**Определение 8.** Непустое множество  $Q$  с определенной на нем  $n$ -арной операцией  $f$ , такой что в уравнении:

$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_{n+1}$ , знание любых  $n$  элементов из  $x_1, x_2, \dots, x_n, x_{n+1}$  позволяет однозначно определить оставшийся  $(n+1)$ -й элемент, называется  $n$ -арной квазигруппой.

**Определение 9.**  $n$ -арный группоид  $(Q, f)$  называется изотопным  $n$ -арному группоиду  $(Q, g)$ , если существуют перестановки  $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$  множества  $Q$ , такие что:  $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \mu^{-1}g(\mu_1 x_1, \mu_2 x_2, \dots, \mu_n x_n)$ ,  $\forall x_1, x_2, \dots, x_n \in Q$ .

Записывается:  $(Q, f) = (Q, g)T$ , где  $T = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)$  – изотопия  $n$ -арного группоида.

Если  $f = g$ , то мы получаем автотопию  $n$ -арного группоида  $(Q, f)$ . Последняя компонента автотопии называется квазиавтоморфизмом. Если  $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ , то группоиды  $(Q, f)$  и  $(Q, g)$  называют изоморфными. И, наконец, если  $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n = \mu$ , и при этом  $f = g$ , то мы получаем автоморфизм группоида  $(Q, f)$ .

**Определение 10.**  $n$ -арную квазигруппу  $(Q, f)$  вида:

$$f(x_1^n) = \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_n x_n + a = \sum_{i=1}^n \alpha_i x_i + a, \quad (7)$$

где  $(Q, +)$  – группа,  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$  – некоторые автоморфизмы группы  $(Q, +)$ , и элемент  $a$  – некоторый фиксированный элемент из множества  $Q$ , будем называть линейной  $n$ -арной квазигруппой (над группой  $(Q, +)$ ) [14].

**Определение 11.**  $n$ -арную линейную квазигруппу  $(Q, f)$  над абелевой группой  $(Q, +)$  назовем  $n$ -арной  $T$ -квазигруппой

[15]. Если  $n = 2$ , тогда квазигруппа из этого класса квазигрупп называется  $T$ -квазигруппой [16, 17].

Следующее тождество для  $n$ -арной квазигруппы  $(Q, f)$

$$\begin{aligned} & f(f(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n}), f(x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2n}), \dots \\ & \dots, f(x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{nn})) = \\ = & f(f(x_{11}, x_{21}, \dots, x_{n1}), f(x_{12}, x_{22}, \dots, x_{n2}), \dots \\ & \dots, f(x_{1n}, x_{2n}, \dots, x_{nn})) \end{aligned}$$

называется тождеством медиальности [18].  $n$ -арная квазигруппа с тождеством медиальности называется  $n$ -арной медиальной квазигруппой.

В бинарном случае мы получим обычное тождество медиальности:

$$xy \cdot uv = xu \cdot yv.$$

**Определение 12.** Квазигруппа  $(Q, \cdot)$  — это  $T$ -квазигруппа тогда и только тогда, когда существуют абелева группа  $(Q, +)$ , ее автоморфизмы  $\varphi$  и  $\psi$  и фиксированный элемент  $c \in Q$  такие, что  $x \cdot y = \varphi x + \psi y + c$ , для всех  $x, y \in Q$  [16, 17].  $T$ -квазигруппа с дополнительным условием:  $\varphi\psi = \psi\varphi$  называется медиальной.

Медиальные квазигруппы, как и другие классы квазигрупп, изотопных группам, позволяют строить квазигруппы с заранее заданными свойствами. Часто эти свойства можно выразить на языке свойств групп и компонент изотопии.

В следующей теореме выражение  $A \perp^{(23)} A$  означает, что квазигруппы  $(Q, A)$  и  $(Q, {}^{(23)}A)$  ортогональны [14].

**Теорема 1.** Для конечной квазигруппы  $(Q, A)$  выполняются следующие эквивалентности:

$$(i) A \perp^{(12)} A \Leftrightarrow ((x \setminus z) \cdot x = (y \setminus z) \cdot y \Rightarrow x = y);$$

$$(ii) A \perp^{(13)} A \Leftrightarrow (zx \cdot x = zy \cdot y \Rightarrow x = y);$$

$$(iii) A \perp^{(23)} A \Leftrightarrow (x \cdot xz = y \cdot yz \Rightarrow x = y);$$

$$(iv) A \perp^{(123)} A \Leftrightarrow (x \cdot zx = y \cdot zy \Rightarrow x = y);$$

$$(v) A \perp^{(132)} A \Leftrightarrow (xz \cdot x = yz \cdot y \Rightarrow x = y)$$

для всех  $x, y, z \in Q$ .

Для построения квазигрупп, упомянутых в Теореме 1, можно использовать GAP и Prover [19].

Если  $(Q, \cdot)$  —  $T$ -квазигруппа вида  $x \cdot y = \varphi x + \psi y + c$ , то ее парастрофы имеют, соответственно, следующие виды:

$$x^{(12)} \cdot y = \psi x + \varphi y + c,$$

$$x^{(13)} \cdot y = \varphi^{-1}x - \varphi^{-1}\psi y - \varphi^{-1}c,$$

$$x^{(23)} \cdot y = -\psi^{-1}\varphi x + \psi^{-1}y - \psi^{-1}c,$$

$$x^{(123)} \cdot y = -\varphi^{-1}\psi x + \varphi^{-1}y - \varphi^{-1}c,$$

$$x^{(132)} \cdot y = \psi^{-1}x - \psi^{-1}\varphi y - \psi^{-1}c.$$

Чтобы построить квазигруппу  $(Q, A)$ , ортогональную своей парастрофной, более теоретическим способом, можно использовать следующую теорему [6, 20].

**Теорема 2.** Для  $T$ -квазигруппы  $(Q, A)$  вида:  $A(x, y) = \varphi x + \psi y + c$ , над абелевой группой  $(Q, +)$  выполняются следующие эквивалентности:

(i)  $A \perp^{(12)} A \Leftrightarrow (\varphi - \psi), (\varphi + \psi)$  – перестановки множества  $Q$ ;

(ii)  $A \perp^{(13)} A \Leftrightarrow (\varepsilon + \varphi)$  – перестановка множества  $Q$ ;

(iii)  $A \perp^{(23)} A \Leftrightarrow (\varepsilon + \psi)$  – перестановка множества  $Q$ ;

(iv)  $A \perp^{(123)} A \Leftrightarrow (\varphi + \psi^2)$  – перестановка множества  $Q$ ;

(v)  $A \perp^{(132)} A \Leftrightarrow (\varphi^2 + \psi)$  – перестановка множества  $Q$ .

**Следствие.**  $T$ -квазигруппа  $(Q, \circ)$  вида  $x \circ y = k \cdot x + m \cdot y + c$ , где  $(Z_p, +)$  – циклическая группа простого порядка  $p, k, m, c \in Z_p; k, m, k + m, k - m, k + 1, m + 1, k^2 + m, k + m^2 \neq 0 \pmod{p}$ , где операция " $\cdot$ " есть умножение по модулю  $p$ , ортогональна любой своей парастрофной.

Квазигруппы из Следствия являются подходящими объектами для построения вышеупомянутых алгоритмов [6].

У Белоусова имеется доказательство теоремы Тойода, а именно: если  $(Q, A)$  – медиальная квазигруппа, тогда существует такая абелева группа  $(Q, +)$ , что операция  $A$  имеет вид:  $A(x, y) = \varphi x + \psi y + c$ , где  $\varphi, \psi$  – автоморфизмы группы  $(Q, +)$ , причем  $\varphi\psi = \psi\varphi$ , и  $c$  – некоторый фиксированный элемент из  $Q$  [21].

Выполняется и обратная теорема Тойода.

**Теорема 3** (обратная теорема Тойода). Пусть  $(Q, +)$  – произвольная абелева группа,  $\varphi, \psi$  – автоморфизмы группы  $(Q, +)$ , где  $\varphi\psi = \psi\varphi$ ,  $c \in Q$  – фиксированный произвольный элемент. Тогда  $(Q, \cdot)$  медиальная квазигруппа, где  $x \cdot y = \varphi x + \psi y + c, \forall x, y \in Q$ .

Ниже мы обозначаем действие левой (правой, средней) трансляции в степени  $a$

бинарной квазигруппы  $(Q, g_1)$  на элемент  $u_1$  символом  $g_1 T_{l_1}^a(u_1)$ , где  $l_1$  – элемент-лидер.

Описание Алгоритма 1 и пример, реализующий работу этого алгоритма можно найти в [5]. Теперь дадим обобщение Алгоритма 1. Заметим, что алгоритм работает для текстов четной длины.

**Алгоритм 1\***

**Шифрование.** Изначально у нас есть открытый текст  $u_1, u_2, \dots, u_{2n}$ .

**Шаг 1**

$$g_1 T_{l_1}^{a_{11}}(u_1) = v_1, \quad g_2 T_{l_2}^{a_{12}}(u_2) = v_2,$$

$$F_1^{a_{13}}(v_1, v_2) = (v'_1, v'_2);$$

**Шаг 2**

$$g_3 T_{v_1}^{a_{21}}(u_3) = v_3, \quad g_4 T_{v_2}^{a_{22}}(u_4) = v_4,$$

$$F_2^{a_{23}}(v_3, v_4) = (v'_3, v'_4);$$

**Шаг 3**

$$g_5 T_{v_3}^{a_{31}}(u_5) = v_5, \quad g_6 T_{v_4}^{a_{32}}(u_6) = v_6,$$

$$F_3^{a_{33}}(v_5, v_6) = (v'_5, v'_6); \dots$$

**Шаг N**

$$g_{2n-1} T_{v_{2n-1}}^{a_{n1}}(u_{2n-1}) = v_{2n-1}, \quad g_{2n} T_{v_{2n}}^{a_{n2}}(u_{2n}) = v_{2n},$$

$$F_n^{a_{n3}}(v_{2n-1}, v_{2n}) = (v'_{2n-1}, v'_{2n}).$$

Получаем зашифрованный текст:  $v'_1, v'_2, \dots, v'_{2n}$ .

Таким образом, для шифрования открытого текста длины  $2n$  нам потребуется  $2n$  различных операций, заданных над квазигруппами, используемыми в Алгоритме 1\*,  $n$  различных значений функции  $F$ ,

2 элемента-лидера и  $3n$  различных степеней, используемых в алгоритме трансляций.

**Дешифрование.** Пусть мы имеем зашифрованный текст вида:  $v'_1, v'_2, \dots, v'_{2n}$ .

### Шаг 1

$$F_1^{-a_{13}}(v'_1, v'_2) = (v_1, v_2),$$

$$g_1 T_{v_1}^{-a_{11}}(v_1) = u_1, \quad g_2 T_{v_2}^{-a_{12}}(v_2) = u_2;$$

### Шаг 2

$$F_2^{-a_{23}}(v'_3, v'_4) = (v_3, v_4),$$

$$g_3 T_{v_3}^{-a_{21}}(v_3) = u_3, \quad g_4 T_{v_4}^{-a_{22}}(v_4) = u_4;$$

### Шаг 3

$$F_3^{-a_{33}}(v'_5, v'_6) = (v_5, v_6),$$

$$g_5 T_{v_5}^{-a_{31}}(v_5) = u_5, \quad g_6 T_{v_6}^{-a_{32}}(v_6) = u_6 \dots$$

### Шаг N

$$F_n^{-a_{n3}}(v'_{2n-1}, v'_{2n}) = (v_{2n-1}, v_{2n}),$$

$$g_{2n-1} T_{v_{2n-1}}^{-a_{n1}}(v_{2n-1}) = u_{2n-1},$$

$$g_{2n} T_{v_{2n}}^{-a_{n2}}(v_{2n}) = u_{2n}.$$

Получили открытый текст вида:  $u_1, u_2, \dots, u_{2n}$ .

Из Алгоритма 1\* получаем классический алгоритм Марковского, если взять только одну квазигруппу, один вид квазигрупповых трансляций (левых трансляций), каждая из которых берется в первой степени, и если система ортогональных операций (криптопроцедура  $F$ ) не используется. Некоторые обобщения Алгоритма 1 приведены в [6].

Ясно, что алгоритм Марковского является частным случаем Алгоритма 1\*. Как и в алгоритме Марковского, в Алгоритме 1\*

степени  $a_{11}, a_{12}, \dots, a_{n3}$  должны быть разными, чтобы защитить этот алгоритм от атак выбранным открытым текстом и зашифрованным текстом [5].

Приведем численный пример Алгоритма шифрования 1\* на основе  $T$ -квазигрупп.

**Пример 1.** Возьмем циклическую группу  $(Z_{1237}, +) = (A, +)$ .

Есть открытый текст  $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6$  длины 6.

1) сначала определим все необходимые нам  $T$ -квазигруппы.

1. Определим  $T$ -квазигруппу  $(A, g_1) = (A, *)$  вида:

$$x * y = 513 \cdot x + 293 \cdot y + 115$$

с лидером  $l_1$ . Отображение  $x \mapsto x * l_1$  обозначим  $R_{l_1}$ , т. е.  $R_{l_1}(x) = x * l_1$  для всех  $x \in A$ .

Для того, чтобы найти отображение  $R_{l_1}^{-1}$  с учетом таблицы (см. табл.), найдем вид операции  $\overset{(13)}{*}$ , используя формулу:

$$x \overset{(13)}{*} y = \varphi^{-1} x - \varphi^{-1} \psi y - \varphi^{-1} c.$$

$$\varphi = 513, \quad \psi = 293, \quad c = 115,$$

$$\varphi^{-1} \equiv 513^{1235} \pmod{1237} \equiv 938,$$

$$-\varphi^{-1} \equiv 299,$$

$$-\varphi^{-1} \psi \equiv 299 \cdot 293 \pmod{1237} \equiv 1017,$$

$$-\varphi^{-1} c \equiv 299 \cdot 115 \pmod{1237} \equiv 986.$$

Мы имеем:

$$x \overset{(13)}{*} y = 938 \cdot x + 1017 \cdot y + 986,$$

$$R_{l_1}^{-1} = x \overset{(13)}{*} l_1 = R_{l_1}^{(13)} x.$$



В некотором смысле квазигруппа  $\left( A, \overset{(13)}{\star} \right)$  является «правой обратной квазигруппой» к квазигруппе  $(A, *)$ . Заметим, что согласно Следствию,  $(A, *) \perp \left( A, \overset{(13)}{\star} \right)$ .

2. Определим  $T$ -квазигруппу  $(A, g_2) = (A, \circ)$  вида:

$$x \circ y = 161 \cdot x + 1007 \cdot y + 509$$

с лидером  $l_2$ . Отображение:  $x \mapsto l_2 \circ x$  обозначим  $L_{l_2}$ , т. е.  $L_{l_2}(x) = l_2 \circ x$  для всех  $x \in A$ .

Для нахождения отображения  $L_{l_2}^{-1}$  воспользуемся таблицей (см. табл.) и определим вид операции  $\overset{(23)}{\circ}$  по формуле:  
 $x \overset{(23)}{\circ} y = -\psi^{-1} \phi x + \psi^{-1} y - \psi^{-1} c$ .

$$\phi = 161, \psi = 1007, c = 509,$$

$$\psi^{-1} \equiv 1007^{1235} \pmod{1237} \equiv 1038,$$

$$-\psi^{-1} \equiv 199,$$

$$-\psi^{-1} \phi \equiv 199 \cdot 161 \pmod{1237} \equiv 1114,$$

$$-\psi^{-1} c \equiv 199 \cdot 509 \pmod{1237} \equiv 1094.$$

Имеем:

$$\overset{(23)}{x \circ y} = 1114 \cdot x + 1038 \cdot y + 1094.$$

3. Определим  $T$ -квазигруппу  $(A, g_3) = (A, \star)$  вида:

$$x \star y = 715 \cdot x + 201 \cdot y + 698.$$

Отображение:  $x \mapsto y \star x$  обозначим  $L_y$ , т. е.  $L_y(x) = y \star x$  для всех  $x \in A$ .

Для нахождения отображения  $L_y^{-1}$  воспользуемся таблицей (см. табл.) и определим вид операции  $\overset{(23)}{\star}$  по формуле:

$$x \star y = -\psi^{-1} \phi x + \psi^{-1} y - \psi^{-1} c.$$

$$\phi = 715, \psi = 201, c = 698,$$

$$\psi^{-1} \equiv 201^{1235} \pmod{1237} \equiv 1157,$$

$$-\psi^{-1} \equiv 80, -\psi^{-1} \phi \equiv 80 \cdot 715 \pmod{1237} \equiv 298,$$

$$-\psi^{-1} c \equiv 80 \cdot 698 \pmod{1237} \equiv 175.$$

$\overset{(23)}$

$$\text{Имеем: } x \star y = 298 \cdot x + 1157 \cdot y + 175.$$

4. Определим  $T$ -квазигруппу  $(A, g_4) = (A, \diamond)$  вида:

$$x \diamond y = 1111 \cdot x + 751 \cdot y + 263.$$

Отображение  $x \mapsto x \diamond y$  обозначим  $R_y$ , т. е.  $R_y(x) = x \diamond y$  для всех  $x \in A$ .

Для того, чтобы найти отображение  $R_y^{-1}$  с учетом (см. табл.), найдем вид операции  $\overset{(13)}{\diamond}$ , используя формулу:

$$\overset{(13)}{x \diamond y} = \phi^{-1} x - \phi^{-1} \psi y - \phi^{-1} c.$$

$$\phi = 1111, \psi = 751, c = 263,$$

$$\phi^{-1} \equiv 1111^{1235} \pmod{1237} \equiv 1129, -\phi^{-1} \equiv 108,$$

$$-\phi^{-1} \psi \equiv 108 \cdot 751 \pmod{1237} \equiv 703,$$

$$-\phi^{-1} c \equiv 108 \cdot 263 \pmod{1237} \equiv 1190.$$

Мы имеем:

$$\overset{(13)}{x \diamond y} = 1129 \cdot x + 703 \cdot y + 1190.$$

5. Определим  $T$ -квазигруппу  $(A, g_5) = (A, \odot)$  вида:

$$\mathbf{x} \odot \mathbf{y} = 451 \cdot \mathbf{x} + 3 \cdot \mathbf{y} + 511.$$

Отображение  $x \mapsto x \odot y$  обозначим  $R_y$ , т. е.  $R_y(x) = x \odot y$  для всех  $x \in A$ .

Для того, чтобы найти отображение  $R_y^{-1}$  с учетом таблицы (см. табл.), определим вид операции  $\odot$ , используя формулу:  $x \odot y = \varphi^{-1}x - \varphi^{-1}\psi y - \varphi^{-1}c$ .

$$\varphi = 451, \psi = 3, c = 511,$$

$$\varphi^{-1} \equiv 451^{1235} \pmod{1237} \equiv 96, -\varphi^{-1} \equiv 1141,$$

$$-\varphi^{-1}\psi \equiv 1141 \cdot 3 \pmod{1237} \equiv 949,$$

$$-\varphi^{-1}c \equiv 1141 \cdot 511 \pmod{1237} \equiv 424.$$

Мы имеем:  $\mathbf{x} \odot \mathbf{y} = 96 \cdot \mathbf{x} + 949 \cdot \mathbf{y} + 424$ .

6. Определим  $T$ -квазигруппу  $(A, g_6) = (A, \otimes)$  вида:

$$\mathbf{x} \otimes \mathbf{y} = 941 \cdot \mathbf{x} + 992 \cdot \mathbf{y} + 189.$$

Отображение:  $x \mapsto y \otimes x$  обозначим  $L_y$ , т. е.  $L_y(x) = y \otimes x$  для всех  $x \in A$ .

Для нахождения отображения  $L_y^{-1}$  воспользуемся таблицей (см. табл.) и найдем вид операции  $\otimes$  по формуле:  $x \otimes y = -\psi^{-1}\varphi x + \psi^{-1}y - \psi^{-1}c$ .

$$\varphi = 941, \psi = 992, c = 189,$$

$$\psi^{-1} \equiv 992^{1235} \pmod{1237} \equiv 722, -\psi^{-1} \equiv 515,$$

$$-\psi^{-1}\varphi \equiv 515 \cdot 941 \pmod{1237} \equiv 948,$$

$$-\psi^{-1}c \equiv 515 \cdot 189 \pmod{1237} \equiv 849.$$

Имеем:  $\mathbf{x} \otimes \mathbf{y} = 948 \cdot \mathbf{x} + 722 \cdot \mathbf{y} + 849$ .

2) определим системы двух парастрофных ортогональных  $T$ -квазигрупп, которых нам понадобится три (системы криптофункций  $F$ ).

1. Определим систему двух парастрофных ортогональных  $T$ -квазигрупп  $(A, g_7) = (A, \oslash)$  и  $(A, \oslash^{(23)})$  следующим образом:

$$\begin{cases} x \oslash y = 123 \cdot x + 719 \cdot y + 839 \\ x \oslash^{(23)} y = 1125 \cdot x + 1077 \cdot y + 644. \end{cases}$$

Обозначим квазигрупповую систему  $(A, \oslash, \oslash^{(23)})$  через  $F_1(x, y)$ , так как эта система является функцией двух переменных. Чтобы найти отображение  $F_1^{-1}(x, y)$ , решим систему линейных уравнений:

$$\begin{cases} 123 \cdot x + 719 \cdot y + 839 = a \\ 1125 \cdot x + 1077 \cdot y + 644 = b \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 235y = -1125 \cdot a + 123 \cdot b \\ 1002x = -1077 \cdot a + 719 \cdot b + 195 \end{cases} \Rightarrow$$

$$F_1^{-1}(x, y) : \begin{cases} x = 1210 \cdot a + 876 \cdot b + 315 \\ y = 390 \cdot a + 848 \cdot b \end{cases}$$

Поэтому имеем, если:

$$F_1(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = (123 \cdot \mathbf{x} + 719 \cdot \mathbf{y} + 839,$$

$$123 \cdot \mathbf{x} + 719 \cdot \mathbf{y} + 839),$$

$$F_1^{-1}(\mathbf{a}, \mathbf{b}) = (1210 \cdot \mathbf{a} + 876 \cdot \mathbf{b} + 315,$$

$$390 \cdot \mathbf{a} + 848 \cdot \mathbf{b}).$$

2. Определим систему двух парастрофных ортогональных  $T$ -квазигрупп  $(A, g_8) = (A, \odot)$  и  $\left( A, \overset{(23)}{\odot} \right)$  следующим образом:

$$\begin{cases} x \odot y = 401 \cdot x + 711 \cdot y + 911 \\ \overset{(23)}{x \odot y} = 671 \cdot x + 896 \cdot y + 164. \end{cases}$$

Обозначим квазигрупповую систему  $\left( A, \overset{(23)}{\odot}, \odot \right)$  через  $F_2(x, y)$ , так как эта система является функцией двух переменных. Чтобы найти отображение  $F_2^{-1}(x, y)$ , решим систему линейных уравнений:

$$\begin{cases} 401 \cdot x + 711 \cdot y + 911 = a \\ 671 \cdot x + 896 \cdot y + 164 = b \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 270y = 671 \cdot a - 401b \\ 967x = 896a + 526b + 490 \end{cases} \Rightarrow$$

$$F_2^{-1}(x, y): \begin{cases} x = 858 \cdot a + 951b + 44 \\ y = 172 \cdot a + 1066b \end{cases}$$

Поэтому имеем:

$$F_2(x, y) = (401 \cdot x + 711 \cdot y + 911, 671 \cdot x + 896 \cdot y + 164),$$

$$F_2^{-1}(a, b) = (858 \cdot a + 951 \cdot b + 44, 172 \cdot a + 1066 \cdot b).$$

3. Определим систему двух парастрофных ортогональных  $T$ -квазигрупп  $(A, g_9) = (A, \otimes)$  и  $\left( A, \overset{(13)}{\otimes} \right)$  следующим образом:

$$\begin{cases} x \otimes y = 1001 \cdot x + 19 \cdot y + 299 \\ \overset{(13)}{x \otimes y} = 152 \cdot x + 823 \cdot y + 321. \end{cases}$$

Обозначим квазигрупповую систему  $\left( A, \overset{(13)}{\otimes}, \otimes \right)$  через  $F_3(x, y)$ , так как эта система является функцией двух переменных. Чтобы найти отображение  $F_3^{-1}(x, y)$ , решим систему линейных уравнений:

$$\begin{cases} 1001 \cdot x + 19 \cdot y + 299 = a \\ 152 \cdot x + 823 \cdot y + 321 = b \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 804y = 1085 \cdot a + 1001 \cdot b + 1215 \\ 804x = 823 \cdot a + 1218 \cdot b \end{cases} \Rightarrow$$

$$F_3^{-1}(x, y): \begin{cases} x = 858 \cdot a + 380 \cdot b \\ y = 566 \cdot a + 1009 \cdot b + 440 \end{cases}$$

Поэтому имеем:

$$F_3(x, y) = (1001 \cdot x + 19 \cdot y + 299, 152 \cdot x + 823 \cdot y + 321),$$

$$F_3^{-1}(a, b) = (858 \cdot a + 380 \cdot b, 566 \cdot a + 1009 \cdot b + 440).$$

Пусть открытый текст имеет вид: 101; 213; 405; 79; 615; 923.

В алгоритме будем использовать следующие значения степеней:

$$a_{11} = 3; a_{12} = 1; a_{13} = 1; a_{21} = 2; a_{22} = 1;$$

$$a_{23} = 2; a_{31} = 3; a_{32} = 1; a_{33} = 2.$$

Лидерами выберем элементы:  $l_1 = 599$ ;  $l_2 = 1001$ .

**Шифрование.**

**Шаг 1**

$${}_{g_1} T_{l_1}^{a_{11}}(u_1) = {}_{g_1} T_{599}^3(101) = v_1,$$

$$\begin{aligned} {}_{g_1}T_{599}^1(101) &= u_1 \cdot l_1 = 101 \cdot 599 = \\ &= 513 \cdot 101 + 293 \cdot 599 + 115 = 1064, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_{g_1}T_{599}^2(101) &= {}_{g_1}T_{599}^1(1064) = 1064 \cdot 599 = \\ &= 513 \cdot 1064 + 293 \cdot 599 + 115 = 283, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_{g_1}T_{599}^3(101) &= {}_{g_1}T_{599}^1(283) = 283 \cdot 599 = \\ &= 513 \cdot 283 + 293 \cdot 599 + 115 = 418, \end{aligned}$$

$${}_{g_2}T_{l_2}^{a_{12}}(u_2) = {}_{g_2}T_{1001}^1(213) = v_2,$$

$$\begin{aligned} {}_{g_2}T_{1001}^1(213) &= l_2 \circ u_2 = 1001 \circ 213 = \\ &= 161 \cdot 1001 + 1007 \cdot 213 + 509 = 113, \end{aligned}$$

$$F_1^{a_{13}}(v_1, v_2) = F_1^2(418, 113) = (v'_1, v'_2),$$

$$\begin{aligned} F_1^1(418, 113) &= (123 \cdot 418 + 719 \cdot 113 + \\ &+ 839, 1125 \cdot 418 + 1077 \cdot 113 + 644) = \\ &= (1141, 72) = (v'_1, v'_2). \end{aligned}$$

### Шаг 2

$${}_{g_3}T_{v_1}^{a_{21}}(u_3) = {}_{g_3}T_{1141}^2(405) = v_3,$$

$$\begin{aligned} {}_{g_3}T_{1141}^1(405) &= 1141 \star 405 = 715 \cdot 1141 + \\ &+ 201 \cdot 405 + 698 = 1093, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_{g_3}T_{1141}^2(405) &= {}_{g_3}T_{1141}^1(1093) = 1141 \star 1093 = \\ &= 715 \cdot 1141 + 201 \cdot 1093 + 698 = 837, \end{aligned}$$

$${}_{g_4}T_{v_2}^{a_{22}}(u_4) = {}_{g_4}T_{72}^1(79) = v_4,$$

$$\begin{aligned} {}_{g_4}T_{72}^1(79) &= 79 \diamond 72 = 1111 \cdot 79 + \\ &+ 751 \cdot 72 + 263 = 1086, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_2^{a_{23}}(v_3, v_4) &= F_2^2(837, 1086) = (v'_3, v'_4); \\ F_2^1(837, 1086) &= (401 \cdot 837 + 711 \cdot 1086 + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &+ 911,671 \cdot 837 + 896 \cdot 1086 + 164) = \\ &= (342, 967), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_2^2(837, 1086) &= F_2^1(342, 967) = \\ &= (401 \cdot 342 + 711 \cdot 967 + 911,671 \cdot 342 + \\ &+ 896 \cdot 967 + 164) = (511, 96) = (v'_3, v'_4). \end{aligned}$$

### Шаг 3

$${}_{g_5}T_{v_3}^{a_{31}}(u_5) = {}_{g_5}T_{511}^3(615) = v_5,$$

$$\begin{aligned} {}_{g_5}T_{511}^1(615) &= 615 \odot 511 = 451 \cdot 615 + \\ &+ 3 \cdot 511 + 511 = 1084, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_{g_5}T_{511}^2(615) &= {}_{g_5}T_{511}^1(1084) = 451 \cdot 1084 + \\ &+ 3 \cdot 511 + 511 = 1076, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_{g_5}T_{511}^3(615) &= {}_{g_5}T_{511}^1(1076) = 451 \cdot 1076 + \\ &+ 3 \cdot 511 + 511 = 1179, \end{aligned}$$

$${}_{g_6}T_{v_4}^{a_{32}}(u_6) = {}_{g_6}T_{96}^1(923) = v_6,$$

$$F_3^{a_{33}}(v_5, v_6) = F_3^2(1179, 460) = (v'_5, v'_6),$$

$$F_3^1(1179, 460) = (1001 \cdot 1179 + 19 \cdot 460 + 299,152 \cdot 1179 + 823 \cdot 460 + 321) = (461, 222),$$

$$F_3^2(461, 222) = (1001 \cdot 461 + 19 \cdot 222 + 299,152 \cdot 461 + 823 \cdot 222 + 321) = (866, 751) = (v'_5, v'_6).$$

Получаем следующий зашифрованный текст:

**1141; 72; 511; 96; 866; 751.**

**Дешифрование.**

**Шаг 1**

$$F_1^{-a_{13}}(v'_1, v'_2) = F_1^{-1}(1141, 72) = (v_1, v_2),$$

$$F_1^{-1}(1141, 72) = (1210 \cdot 1141 + 876 \cdot 72 + 315, 390 \cdot 1141 + 848 \cdot 72) = (418, 113) = (v_1, v_2),$$

$${}_{g_1}T_l^{-a_{11}}(v_1) = {}_{g_1}T_{599}^{-3}(418) = u_1,$$

$${}_{g_1}T_{599}^{-1}(418) = 418 \stackrel{(13)}{*} 599 = 938 \cdot 418 + 1017 \cdot 599 + 986 = 283,$$

$${}_{g_1}T_{599}^{-2}(418) = {}_{g_1}T_{599}^{-1}(283) = 283 \stackrel{(13)}{*} 599 =$$

$$= 938 \cdot 283 + 1017 \cdot 599 + 986 = 1064,$$

$${}_{g_1}T_{599}^{-3}(418) = {}_{g_1}T_{599}^{-1}(1064) = 1064 \stackrel{(13)}{*} 599 =$$

$$= 938 \cdot 1064 + 1017 \cdot 599 + 986 = 101$$

$${}_{g_2}T_{l_2}^{-a_{12}}(v_2) = {}_{g_2}T_{1001}^{-1}(113) = u_2,$$

$${}_{g_2}T_{1001}^{-1}(113) = 1001 \stackrel{(23)}{\circ} 113 = 1114 \cdot 1001 + 1038 \cdot 113 + 1094 = 213.$$

**Шаг 2**

$$F_2^{-a_{23}}(v'_3, v'_4) = F_2^{-2}(511, 96) = (v_3, v_4),$$

$$F_2^{-1}(511, 96) = (858 \cdot 511 + 951 \cdot 96 + 44, 172 \cdot 511 + 1066 \cdot 96) = (342, 967),$$

$$F_2^{-2}(511, 96) = F_2^{-1}(342, 967) = 858 \cdot 342 + 951 \cdot 967 + 44, 172 \cdot 342 + 1066 \cdot 967) = (837, 1086) = (v_3, v_4),$$

$${}_{g_3}T_{v'_1}^{-a_{21}}(v_3) = {}_{g_3}T_{1141}^{-2}(837) = u_3,$$

$${}_{g_3}T_{1141}^{-1}(837) = 1141 \stackrel{(23)}{\star} 837 = 298 \cdot 1141 + 1157 \cdot 837 + 175 = 1093,$$

$${}_{g_3}T_{1141}^{-2}(837) = {}_{g_3}T_{1141}^{-1}(1093) =$$

$$= 1141 \stackrel{(23)}{\star} 1093 = 298 \times 1141 + 1157 \times 1093 + 175 = 405,$$

$${}_{g_4}T_{v'_2}^{-a_{22}}(v_4) = {}_{g_4}T_{72}^{-1}(1086) = u_4,$$

$${}_{g_4}T_{72}^{-1}(1086) = 1086 \stackrel{(13)}{\diamond} 72 = 1129 \cdot 1086 +$$

$$+ 703 \cdot 72 + 1190 = 79.$$

### Шаг 3

$$F_3^{-a_{33}}(v'_5, v'_6) = F_3^{-2}(866, 751) = (v_5, v_6),$$

$$F_3^{-1}(866, 751) = (858 \cdot 866 + 380 \cdot 751, \\ 566 \cdot 866 + 1009 \cdot 751 + 440) = (461, 222),$$

$$F_3^{-2}(866, 751) = F_3^{-1}(461, 222) = \\ = (858 \cdot 461 + 380 \cdot 222, 566 \cdot 461 + \\ + 1009 \cdot 222 + 440) = (1179, 460) = (v_5, v_6),$$

$$g_5 T_{v_3}^{-a_{31}}(v_5) = g_5 T_{511}^{-3}(1079) = u_5,$$

$$g_5 T_{511}^{-1}(1179) = 1179 \overset{(13)}{\odot} 511 = 96 \cdot 1179 + \\ + 949 \cdot 511 + 424 = 1076,$$

$$g_5 T_{511}^{-2}(1179) = g_5 T_{511}^{-1}(1076) = 1076 \overset{(13)}{\odot} 511 = \\ = 96 \cdot 1076 + 949 \cdot 511 + 424 = 1084,$$

$$g_5 T_{511}^{-3}(1179) = g_5 T_{511}^{-1}(1084) = 1084 \overset{(13)}{\odot} 511 = \\ = 96 \cdot 1084 + 949 \cdot 511 + 424 = 615,$$

$$g_6 T_{v_4}^{-a_{32}}(v_6) = g_6 T_{96}^{-1}(460) = u_6,$$

$$g_6 T_{96}^{-1}(460) = 96 \overset{(23)}{\otimes} 460 = \\ = 948 \cdot 96 + 722 \cdot 460 + 849 = 923.$$

Получаем искомый открытый текст:  
101; 213; 405; 79; 615; 923.

Были разработаны программы, реализующие работу построенного алгоритма, использующие бесплатную версию языка программирования Pascal ABC. Проведенные эксперименты показывают, что кодирование-декодирование выполняется достаточно быстро. Программы работают для любых значений лидеров, степеней и текста длины 6. Их можно легко модифицировать для текста любой длины и для любых используемых квазигрупп и функций.

Алгоритм  $1^*$  позволяет получить почти «естественный» поточный шифр, т. е. поточный шифр, кодирующий пару элементов открытого текста на любом шаге. Алгоритм  $1^*$  можно обобщить на  $n$ -арный случай.

**Замечание 1.** Собственные бинарные группоиды предпочтительнее линейных квазигрупп по построению отображения  $F(x, y)$  для большей безопасности шифрования, но в этом случае расшифровка может быть медленнее, чем в случае линейных квазигрупп, и определение этих группоидов требует больше памяти. То же замечание справедливо и для выбора функции  $g$ . Возможно, золотой серединой в этой проблеме выбора является использование линейных квазигрупп над неабелевыми, особенно простыми группами.

**Замечание 2.** В этом шифре существует возможность защиты от стандартной статистической атаки. Для этой области можно обозначать часто используемые буквы или пары букв более чем одним целым числом или более чем одной парой целых чисел [5].

Квазигруппы, несмотря на свою простоту, имеют различные приложения в криптологии. Предметными областями перспективных исследований применения квазигрупп в криптологии могут быть такие, как кодирование данных, формы представления информации, криптоанализ и другие. Результаты могут быть использованы при построении и эксплуатации пиринговых сетей, проектировании технологий обмена информацией в централизованных и децентрализованных сетях и системах, а также различных библиотеках. Возможной областью использования таких алгоритмов могут быть банковские информационные системы, а также банковские продукты и услуги.

### Цитированная литература

1. **Малютина, Н. Н.** Роль квазигрупп в криптосистемах. Обобщенный алгоритм Марковского / Н. Н. Малютина, В. А. Щербаков. – Текст : непосредственный // Вестник Приднестровского университета. Серия: Физико-математические и технические науки. – 2018. – № 3(60). – С. 53–57.
2. **Малютина, Н. Н.** Квазигруппы в криптологии / Н. Н. Малютина, Н. Н. Дидурик, В. А. Щербаков. – Текст: непосредственный // Вестник Приднестровского университета. Серия: Физико-математические и технические науки. – 2023. – № 3(75). – С. 79–93.
3. **Shcherbacov, V. A.** Quasigroups in cryptology // Computer Science Journal of Moldova. – 2009. – Vol. 17, no. 2(50). – P. 193–228.
4. **Shcherbacov, V. A., Moldovyan, N. A.** About one cryptoalgorithm // Proceedings of the Third Conference of Mathematical Society of the Republic of Moldova dedicated to the 50th anniversary of the foundation of the Institute of Mathematics and Computer Science, August 19–23. – 2014. – P. 158–161.
5. **Moldovyan, N. A., Shcherbacov, A. V., Shcherbacov, V. A.** On some applications of quasigroups in cryptology // Proceedings of the Workshop on Foundations of Informatics FOI-2015, August 24–29. – 2015. – P. 331–341.
6. **Shcherbacov, V. A.** Quasigroup based crypto-algorithms // 2018. – 23 p. – URL: <https://arxiv.org/pdf/1201.3016.pdf>.
7. **Белоусов, В. Д.** Системы ортогональных операций / В. Д. Белоусов. – Текст: непосредственный // Математический сборник. – 1968. – Т. 77 (119), № 1. – С. 38–58.
8. **Белоусов, В. Д.** Об ортогональных  $n$ -арных операциях / В. Д. Белоусов, Т. Якубов. – Текст : непосредственный // Вопросы кибернетики. – 1975. – Вып. 16. – С. 3–17.
9. **Белоусов, В. Д.** Системы ортогональных  $n$ -арных операций / В. Д. Белоусов, Т. Якубов. – Текст : непосредственный // Известия АН МССР. Серия: Физико-технические и математические науки. – 1974. – Вып. 3. – С. 7–14.
10. **Sokhatsky, F. M., Fryz, I. V.** Invertibility criterion for composition of two quasigroup operations // Book of abstracts of the 8th International Algebraic Conference in Ukraine, July 5–12 (2011), Lugansk, Ukraine, August 24–29. – 2011. – P. 80.
11. **Sokhatsky, F. M., Fryz, I. V.** Invertibility of repetition compositions and its connection with orthogonality // International Mathematical Conference on Quasigroups and Loops, LOOPS'11, Booklet of Abstracts, July 2011, Czech Republic. – 2011. – P. 16
12. **Birkhoff, G.** Lattice Theory // American Mathematical Society Colloquium Publications. Revised edition. – 1948. – New York. – Vol. 25. – P. 311.
13. **Биркгоф, Г.** Теория решеток / Г. Биркгоф. – Москва : Наука. – 1984. – 566 с. – Текст : непосредственный.

- 
14. **Shcherbacov, V. A.** Elements of Quasigroup Theory and Applications / V. A. Shcherbacov. – 1st ed: Chapman and Hall // CRC. – 2017. – 598 p.
15. **Syrbu, P. N.** On congruences on  $n$ -ary  $T$ -quasigroups // Quasigroups Relat. Syst. – 1999. – Vol. 6. – P. 71–80.
16. **Nemec, P., Керка, Т.**  $T$ -quasigroups, I. // Acta Univ. Carolin. Math. Phys. – 1971. – Vol. 12 (1). – P. 39–49.
17. **Nemec, P., Керка, Т.**  $T$ -quasigroups, II. // Acta Univ. Carolin. Math. Phys. – 1971. – Vol. 12 (2). – P. 31–49.
18. **Белоусов, В. Д.**  $n$ -арные квазигруппы / В. Д. Белоусов. – Кишинев : Штиинца, 1971. – 227 с. – Текст: непосредственный.
19. **McCune, W.** Prover 9 // University of New Mexico. – 2007. – URL: <https://www.cs.unm.edu/~mccune/prover9/>.
20. **Mullen, G. L., Shcherbacov, V. A.** On orthogonality of binary operations and squares // Bul. Acad. Stiinte Repub. Mold., Mat. – 2005. – Vol. 2 (48). P. 3–42.
21. **Белоусов, В. Д.** Основы теории квазигрупп и луп / В. Д. Белоусов. – Москва : Наука, 1967. – 224 с. – Текст : непосредственный.
-



УДК 512.556.3

## КОНСТРУКЦИИ ПСЕВДОНОРМЫ В НЕКОТОРЫХ КОЛЬЦАХ

С. А. Алещенко

Рассматриваются основные неравенства функционального анализа и их применение в топологической алгебре. Изучены некоторые конструкции псевдонормы в произвольном кольце. Построены примеры различных псевдонорм в кольце комплексных чисел и в кольце целых чисел.

**Ключевые слова:** норма, псевдонорма, псевдонормированное кольцо, неархимедова норма, неравенство Минковского, неравенство Иенсена.

## CONSTRUCTIONS OF PSEUDONORM IN SOME RINGS

S. A. Aleschenko

The article considers the main inequalities of functional analysis and their applications in topological algebra. Some constructions of pseudonorms in a ring are studied. Examples of various pseudonorms in the ring of complex numbers and in the ring of integers are constructed.

**Keywords:** norm, pseudonorm, pseudonormed ring, non-Archimedean norm, Minkowski inequality, Jensen inequality.

**Определение 1.** Вещественнозначную функцию  $\xi$ , заданную в кольце  $R$ , называют псевдонормой, если выполнены следующие условия:

I.  $\xi(r) \geq 0$  для любого  $r \in R$ .

II.  $\xi(r) = 0$  тогда и только тогда, когда  $r = 0$ .

III.  $\xi(-r) = \xi(r)$  для любого  $r \in R$ .

IV.  $\xi(r_1 + r_2) \leq \xi(r_1) + \xi(r_2)$  для любых  $r_1, r_2 \in R$ .

V.  $\xi(r_1 \cdot r_2) \leq \xi(r_1) \cdot \xi(r_2)$  для любых  $r_1, r_2 \in R$ .

Кольцо  $R$  с заданной в нем псевдонормой называют псевдонормированным кольцом и обозначают  $(R, \xi)$ .

**Определение 2.** Если вместо условия V выполнено условие

V\*.  $\xi(r_1 \cdot r_2) = \xi(r_1) \cdot \xi(r_2)$  для любых  $r_1, r_2 \in R$ , то функцию  $\xi$  называют нормой, а  $(R, \xi)$  называют нормированным кольцом.

**Определение 3.** Если вместо условия IV выполнено условие

IV\*.  $\xi(r_1 + r_2) \leq \max\{\xi(r_1), \xi(r_2)\}$  для любых  $r_1, r_2 \in R$ , то псевдонорму (норму)  $\xi$  называют неархимедовой.

Понятия нормы, псевдонормы и некоторые примеры нормированных колец можно найти в [1, с. 315–321].

Для цитирования: Алещенко, С. А. Конструкции псевдонормы в некоторых кольцах / С. А. Алещенко. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 49–55. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchnoizdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.

В работе [2, с. 3–11] рассмотрены коммутативные псевдонормированные кольца и изучены свойства обобщенных нильпотентных элементов. В работах [3, с. 227–242] и [4, с. 236–256] рассмотрены кольца с  $p$ -адической псевдонормой и некоторые их свойства.

В следующем предложении рассмотрены основные неравенства функционального анализа, которые играют важную роль для построения и изучения различных конструкций псевдонорм в кольцах.

**Предложение 1.** Пусть числа  $p > 1$  и  $q$  связаны условием  $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1$ . Тогда справедливы следующие неравенства:

$$1) \quad ab \leq \frac{a^p}{p} + \frac{b^q}{q} \quad \text{для любых } a, b \geq 0$$

(неравенство Юнга);

$$2) \quad \sum_{k=1}^n a_k b_k \leq \left( \sum_{k=1}^n a_k^p \right)^{\frac{1}{p}} \cdot \left( \sum_{k=1}^n b_k^q \right)^{\frac{1}{q}} \quad \text{для}$$

любых  $a_k, b_k \geq 0$ ,  $k = \overline{1, n}$  (неравенство Гёльдера);

$$3) \quad \left( \sum_{k=1}^n |a_k + b_k|^p \right)^{\frac{1}{p}} \leq \left( \sum_{k=1}^n |a_k|^p \right)^{\frac{1}{p}} + \left( \sum_{k=1}^n |b_k|^p \right)^{\frac{1}{p}} \quad \text{для любых } a_k, b_k \in \mathbb{C}, k = \overline{1, n}$$

(неравенство Минковского);

$$4) \quad \max\{a, b\} \leq (a^\sigma + b^\sigma)^{1/\sigma} \leq (a^\gamma + b^\gamma)^{1/\gamma} \leq a + b \quad \text{для любых } a, b \geq 0, \\ \text{где } 1 < \gamma < \sigma < \infty \quad \text{(неравенство Иенсена).}$$

Доказательства неравенств Юнга, Гёльдера, Минковского и Иенсена можно найти в [5, с. 52–54], [6, с. 35–47].

Рассмотрим некоторые конструкции псевдонорм, которые мы будем использовать для построения различных псевдонорм в кольцах.

**Предложение 2.** Пусть в кольце  $R$  задана псевдонорма  $\xi$ . Тогда следующие функции также являются псевдонормами в кольце  $R$ :

$$1) \quad \xi_\lambda(r) = \lambda \cdot \xi(r) \quad \text{для любого } \lambda \geq 1.$$

Рассмотрим функцию  $\xi_\lambda(r) = \lambda \cdot \xi(r)$ ,  $\lambda \geq 1$ . Выполнение условий I–III определения 1 очевидно. Проверим условия IV и V. Действительно, для любых  $r_1, r_2 \in R$  имеют место неравенства

$$\begin{aligned} \xi_\lambda(r_1 + r_2) &= \lambda \cdot \xi(r_1 + r_2) \leq \lambda \cdot (\xi(r_1) + \xi(r_2)) = \\ &= \lambda \cdot \xi(r_1) + \lambda \cdot \xi(r_2) = \\ &= \xi_\lambda(r_1) + \xi_\lambda(r_2); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \xi_\lambda(r_1 \cdot r_2) &= \lambda \cdot \xi(r_1 \cdot r_2) \leq \lambda \cdot \xi(r_1) \cdot \xi(r_2) \leq \\ &\leq (\lambda \cdot \xi(r_1)) \cdot (\lambda \cdot \xi(r_2)) = \xi_\lambda(r_1) \cdot \xi_\lambda(r_2). \end{aligned}$$

Значит, функция  $\xi_\lambda$  действительно задает псевдонорму в кольце  $R$ .

$$2) \quad \eta_\alpha(r) = (\xi(r))^\alpha \quad \text{для любого } \alpha \in (0; 1).$$

Рассмотрим функцию  $\eta_\alpha(r) = (\xi(r))^\alpha$ ,  $\alpha \in (0; 1)$ . Выполнение условий I–III определения 1 очевидно. Проверим условие V. Действительно, для любых  $r_1, r_2 \in R$  имеет место неравенство

$$\begin{aligned} \eta_\alpha(r_1 \cdot r_2) &= (\xi(r_1 \cdot r_2))^\alpha \leq (\xi(r_1) \cdot \xi(r_2))^\alpha = \\ &= (\xi(r_1))^\alpha \cdot (\xi(r_2))^\alpha = \eta_\alpha(r_1) \cdot \eta_\alpha(r_2). \end{aligned}$$

Проверим условие IV. Пусть  $r_1, r_2$  – произвольные элементы кольца  $R$ . Тогда  $\eta_\alpha(r_1 + r_2) = (\xi(r_1 + r_2))^\alpha \leq (\xi(r_1) + \xi(r_2))^\alpha$ .

Обозначим  $(\xi(r_1))^\alpha = x, (\xi(r_2))^\alpha = y,$

$\gamma = \frac{1}{\alpha}, \gamma > 1$ . Из неравенства Иенсена

$(x^\gamma + y^\gamma)^{1/\gamma} \leq x + y$  мы получим неравен-

ство  $\left(x^{\frac{1}{\alpha}} + y^{\frac{1}{\alpha}}\right)^\alpha \leq x + y$ , из которого следует

$$\eta_\alpha(r_1 + r_2) \leq \left(x^{\frac{1}{\alpha}} + y^{\frac{1}{\alpha}}\right)^\alpha \leq x + y =$$

$$= (\xi(r_1))^\alpha + (\xi(r_2))^\alpha = \eta_\alpha(r_1) + \eta_\alpha(r_2).$$

Выполнены все условия определения 1. Значит, функция  $\eta_\alpha$  действительно задает псевдонорму в кольце  $R$ .

**Предложение 3.** Пусть в кольце  $R$  заданы псевдонормы  $\xi_\gamma, \gamma \in (1, +\infty)$ . Тогда справедливы следующие утверждения:

1. Если для любого  $r \in R$  существует  $\lim_{\gamma \rightarrow +\infty} \xi_\gamma(r)$  и  $\lim_{\gamma \rightarrow +\infty} \xi_\gamma(r) \neq 0$  для каждого  $r \neq 0$ , то функция  $\xi_\infty$ , заданная как  $\xi_\infty(r) = \lim_{\gamma \rightarrow +\infty} \xi_\gamma(r)$  для каждого  $r \in R$ , является псевдонормой в кольце  $R$ ;

Рассмотрим функцию  $\xi_\infty$ , определенную соотношением  $\xi_\infty(r) = \lim_{\gamma \rightarrow +\infty} \xi_\gamma(r)$  для каждого  $r \in R$ . Проверим выполнение условий псевдонормы для функции  $\xi_\infty$ . Так как  $\xi_\gamma(r) \geq 0$  для всех  $\gamma \in (1, +\infty)$  и каждого  $r \in R$ , то  $\lim_{\gamma \rightarrow +\infty} \xi_\gamma(r) \geq 0$  для каждого  $r \in R$ . Значит,

$$\xi_\infty(r) \geq 0 \text{ для любого } r \in R.$$

Поскольку  $\xi_\gamma(0) = 0$  для всех  $\gamma \in (1, +\infty)$ , то  $\xi_\infty(0) = \lim_{\gamma \rightarrow +\infty} \xi_\gamma(0) = 0$ . Кроме того, из условия  $\lim_{\gamma \rightarrow +\infty} \xi_\gamma(r) \neq 0$  при  $r \neq 0$  следует, что  $\xi_\infty(r) \neq 0$  при  $r \neq 0$ .

Таким образом,

$\xi_\infty(r) = 0$  тогда и только тогда, когда  $r = 0$ .

Так как  $\xi_\gamma$  – псевдонорма в кольце  $R$ , то  $\xi_\gamma(-r) = \xi_\gamma(r)$  для всех  $r \in R$ ,  $\xi_\gamma(r_1 + r_2) \leq \xi_\gamma(r_1) + \xi_\gamma(r_2)$  и  $\xi_\gamma(r_1 \cdot r_2) \leq \xi_\gamma(r_1) \cdot \xi_\gamma(r_2)$  для любых  $r_1, r_2 \in R$ .

Переходя к пределу при  $\gamma \rightarrow +\infty$ , получим  $\lim_{\gamma \rightarrow +\infty} \xi_\gamma(-r) = \lim_{\gamma \rightarrow +\infty} \xi_\gamma(r)$  для всех  $r \in R$ ,

$$\lim_{\gamma \rightarrow +\infty} \xi_\gamma(r_1 + r_2) \leq \lim_{\gamma \rightarrow +\infty} (\xi_\gamma(r_1) + \xi_\gamma(r_2)) =$$

$$= \lim_{\gamma \rightarrow +\infty} \xi_\gamma(r_1) + \lim_{\gamma \rightarrow +\infty} \xi_\gamma(r_2) \text{ и } \lim_{\gamma \rightarrow +\infty} \xi_\gamma(r_1 \cdot r_2) \leq$$

$$\lim_{\gamma \rightarrow +\infty} \xi_\gamma(r_1 \cdot r_2) \leq \lim_{\gamma \rightarrow +\infty} (\xi_\gamma(r_1) \cdot \xi_\gamma(r_2)) =$$

$$= \lim_{\gamma \rightarrow +\infty} \xi_\gamma(r_1) \cdot \lim_{\gamma \rightarrow +\infty} \xi_\gamma(r_2) \text{ для любых}$$

$r_1, r_2 \in R$ . Следовательно,

$$\xi_\infty(-r) = \xi_\infty(r) \text{ для всех } r \in R;$$

$$\xi_\infty(r_1 + r_2) \leq \xi_\infty(r_1) + \xi_\infty(r_2) \text{ для любых } r_1, r_2 \in R;$$

$$\xi_\infty(r_1 \cdot r_2) \leq \xi_\infty(r_1) \cdot \xi_\infty(r_2) \text{ для любых } r_1, r_2 \in R.$$

Значит, функция  $\xi_\infty$  действительно задает псевдонорму в кольце  $R$ .

2. Если для любого  $r \in R$  множество  $\{\xi_\gamma(r) | 1 < \gamma < \infty\}$  ограничено сверху, то функция  $\xi_s$ , заданная как  $\xi_s(r) = \sup_{\gamma > 1} \xi_\gamma(r)$  для каждого  $r \in R$ , является псевдонормой в кольце  $R$ .

Рассмотрим функцию  $\xi_s$ , определенную соотношением  $\xi_s(r) = \sup_{\gamma > 1} \xi_\gamma(r)$  для

каждого  $r \in R$ . Проверим выполнение условий псевдонормы для функции  $\xi_s$ . Так как  $\xi_\gamma(r) \geq 0$  для всех  $\gamma \in (1, +\infty)$  и каждого  $r \in R$ , то  $\sup_{\gamma > 1} \xi_\gamma(r) \geq 0$  для каждого  $r \in R$ . Значит,

$$\xi_s(r) \geq 0 \text{ для любого } r \in R.$$

Поскольку  $\xi_\gamma(0) = 0$  для всех  $\gamma > 1$ , то  $\xi_\infty(0) = \sup_{\gamma > 1} \xi_\gamma(0) = 0$ . Так как  $\xi_\gamma(r) \geq 0$  для всех  $\gamma > 1$  и каждого  $r \in R$ , то из условия  $\sup_{\gamma > 1} \xi_\gamma(r) = 0$  следует, что  $\xi_\gamma(r) = 0$  для всех  $\gamma > 1$ . И в силу определения псевдонормы для функций  $\xi_\gamma$  мы получаем, что  $r = 0$ . Таким образом,

$$\xi_s(r) = 0 \text{ тогда и только тогда, когда } r = 0.$$

Поскольку  $\xi_\gamma(-r) = \xi_\gamma(r)$  для всех  $\gamma > 1$  и каждого  $r \in R$ , то  $\sup_{\gamma > 1} \xi_\gamma(-r) = \sup_{\gamma > 1} \xi_\gamma(r)$  для каждого  $r \in R$ , т. е.

$$\xi_s(-r) = \xi_s(r) \text{ для всех } r \in R.$$

Покажем, что

$\xi_s(r_1 + r_2) \leq \xi_s(r_1) + \xi_s(r_2)$  для всех  $r_1, r_2 \in R$ . Так как  $\xi_s(r_1 + r_2) = \sup_{\gamma > 1} \xi_\gamma(r_1 + r_2)$ , то по определению точной верхней грани

$$1) \xi_\gamma(r_1 + r_2) \leq \xi_s(r_1 + r_2) \text{ для всех } \gamma > 1;$$

$$2) \forall \varepsilon > 0 \exists \gamma_0 > 1$$

$$\xi_{\gamma_0}(r_1 + r_2) > \xi_s(r_1 + r_2) - \varepsilon.$$

Тогда

$$\begin{aligned} \xi_s(r_1 + r_2) &< \xi_{\gamma_0}(r_1 + r_2) + \varepsilon \leq \xi_{\gamma_0}(r_1) + \\ &+ \xi_{\gamma_0}(r_2) + \varepsilon \leq \sup_{\gamma > 1} \xi_\gamma(r_1) + \sup_{\gamma > 1} \xi_\gamma(r_2) + \varepsilon = \\ &= \xi_s(r_1) + \xi_s(r_2) + \varepsilon. \end{aligned}$$

Совершая предельный переход в неравенстве

$$\xi_s(r_1 + r_2) < \xi_s(r_1) + \xi_s(r_2) + \varepsilon$$

при  $\varepsilon \rightarrow 0+$ , получим

$$\xi_s(r_1 + r_2) \leq \xi_s(r_1) + \xi_s(r_2) \text{ для всех } r_1, r_2 \in R.$$

Покажем, что  $\xi_s(r_1 \cdot r_2) \leq \xi_s(r_1) \times \xi_s(r_2)$  для всех  $r_1, r_2 \in R$ . Так как  $\xi_s(r_1 \cdot r_2) = \sup_{\gamma > 1} \xi_\gamma(r_1 \cdot r_2)$ , то по определению точной верхней грани

$$1) \xi_\gamma(r_1 \cdot r_2) \leq \xi_s(r_1 \cdot r_2) \text{ для всех } \gamma > 1;$$

$$2) \forall \varepsilon > 0 \exists \gamma_0 > 1$$

$$\xi_{\gamma_0}(r_1 \cdot r_2) > \xi_s(r_1 \cdot r_2) - \varepsilon.$$

Тогда

$$\begin{aligned} \xi_s(r_1 \cdot r_2) &< \xi_{\gamma_0}(r_1 \cdot r_2) + \\ &+ \varepsilon \leq \xi_{\gamma_0}(r_1) \cdot \xi_{\gamma_0}(r_2) + \varepsilon \leq \sup_{\gamma > 1} \xi_\gamma(r_1) \times \\ &\times \sup_{\gamma > 1} \xi_\gamma(r_2) + \varepsilon = \xi_s(r_1) \cdot \xi_s(r_2) + \varepsilon. \end{aligned}$$

Совершая предельный переход в неравенстве

$$\xi_s(r_1 \cdot r_2) < \xi_s(r_1) \cdot \xi_s(r_2) + \varepsilon$$

при  $\varepsilon \rightarrow 0+$ , получим

$$\xi_s(r_1 \cdot r_2) \leq \xi_s(r_1) \cdot \xi_s(r_2) \text{ для всех } r_1, r_2 \in R.$$

Таким образом, функция  $\xi_s$  является псевдонормой в кольце  $R$ .

**Предложение 4.** Пусть  $\xi$  и  $\eta$  – псевдонормы в кольце  $R$ . Тогда каждая из функций  $\zeta_\gamma(r) = \left( (\xi(r))^\gamma + (\eta(r))^\gamma \right)^{1/\gamma}$ ,

$1 \leq \gamma < \infty$ ,  $\zeta_\infty(r) = \max\{\xi(r), \eta(r)\}$  зада-  
ет псевдонорму в кольце  $R$ .

Рассмотрим функцию  
 $\zeta_\gamma(r) = \left( (\xi(r))^\gamma + (\eta(r))^\gamma \right)^{1/\gamma}$ ,  $1 < \gamma < \infty$ .  
Покажем, что  $\zeta_\gamma$  является псевдонормой  
в кольце  $R$ . Очевидно, что условия I–III  
определения псевдонормы выполнены.  
Проверим условия IV и V.

Покажем, что  $\zeta_\gamma(a \cdot b) \leq \zeta_\gamma(a) \cdot \zeta_\gamma(b)$   
для всех  $a, b \in R$ .

Так как  $\xi$  и  $\eta$  – псевдонормы в  
кольце  $R$ , то для любых  $a, b \in R$  име-  
ем  $\xi(a+b) \leq \xi(a) + \xi(b)$ ,  $\eta(a+b) \leq$   
 $\leq \eta(a) + \eta(b)$ . Из неравенства Минков-  
ского следует, что

$$\begin{aligned} & \left( (\xi(a) + \xi(b))^\gamma + (\eta(a) + \eta(b))^\gamma \right)^{1/\gamma} \leq \\ & \leq \left( (\xi(a))^\gamma + (\eta(a))^\gamma \right)^{1/\gamma} + \left( (\xi(b))^\gamma + \right. \\ & \left. + (\eta(b))^\gamma \right)^{1/\gamma} \leq \left( (\xi(a))^\gamma + (\eta(a))^\gamma \right)^{1/\gamma} + \\ & + \left( (\xi(b))^\gamma + (\eta(b))^\gamma \right)^{1/\gamma}. \end{aligned}$$

Тогда

$$\begin{aligned} \zeta_\gamma(a+b) &= \left( (\xi(a+b))^\gamma + (\eta(a+b))^\gamma \right)^{1/\gamma} \leq \\ & \leq \left( (\xi(a))^\gamma + (\eta(a))^\gamma \right)^{1/\gamma} + \left( (\xi(b))^\gamma + \right. \\ & \left. + (\eta(b))^\gamma \right)^{1/\gamma} = \zeta_\gamma(a) + \zeta_\gamma(b). \end{aligned}$$

Покажем, что  $\zeta_\gamma(a \cdot b) \leq \zeta_\gamma(a) \cdot \zeta_\gamma(b)$   
для всех  $a, b \in R$ . Так как  $\xi$  и  $\eta$  – псев-  
донормы в кольце  $R$ , то для любых

$a, b \in R$  имеем  $\xi(a \cdot b) \leq \xi(a) \cdot \xi(b)$ ,  
 $\eta(a \cdot b) \leq \eta(a) \cdot \eta(b)$ . Тогда

$$\begin{aligned} \zeta_\gamma(a \cdot b) &= \left( (\xi(a \cdot b))^\gamma + (\eta(a \cdot b))^\gamma \right)^{1/\gamma} \leq \\ & \leq \left( (\xi(a) \cdot \xi(b))^\gamma + (\eta(a) \cdot \eta(b))^\gamma \right)^{1/\gamma} = \\ & = \left( (\xi(a))^\gamma \cdot (\xi(b))^\gamma + (\eta(a))^\gamma \cdot (\eta(b))^\gamma \right)^{1/\gamma}. \end{aligned}$$

Так как  $\xi(b) \leq \max\{\xi(b), \eta(b)\}$  и  
 $\eta(b) \leq \max\{\xi(b), \eta(b)\}$ , то

$$\begin{aligned} & \left( (\xi(a))^\gamma \cdot (\xi(b))^\gamma + (\eta(a))^\gamma \cdot (\eta(b))^\gamma \right)^{1/\gamma} \leq \\ & \leq \left( (\xi(a))^\gamma \cdot (\max\{\xi(b), \eta(b)\})^\gamma + \right. \\ & \left. + (\eta(a))^\gamma \cdot (\max\{\xi(b), \eta(b)\})^\gamma \right)^{1/\gamma} = \\ & = \left( (\xi(a))^\gamma + (\eta(a))^\gamma \right)^{1/\gamma} \cdot \max\{\xi(b), \eta(b)\}. \end{aligned}$$

Из неравенства Йенсена следует, что

$$\max\{\xi(b), \eta(b)\} \leq \left( (\xi(b))^\gamma + (\eta(b))^\gamma \right)^{1/\gamma},$$

и мы получим

$$\begin{aligned} \zeta_\gamma(a \cdot b) &\leq \left( (\xi(a))^\gamma + (\eta(a))^\gamma \right)^{1/\gamma} \times \\ & \times \max\{\xi(b), \eta(b)\} \leq \left( (\xi(a))^\gamma + \right. \\ & \left. + (\eta(a))^\gamma \right)^{1/\gamma} \cdot \left( (\xi(b))^\gamma + (\eta(b))^\gamma \right)^{1/\gamma} = \\ & = \zeta_\gamma(a) \cdot \zeta_\gamma(b). \end{aligned}$$

Таким образом, функция  $\zeta_\gamma$  действительно задает псевдонорму в кольце  $R$  для каждого  $\gamma \in (1, +\infty)$ .

Рассмотрим  $\zeta_1(r) = \xi(r) + \eta(r)$ .

Из предложения 1 следует, что  $\zeta_1(r) = \sup_{\gamma > 1} \zeta_\gamma(r)$  для всех  $r \in R$ . Так как функции  $\zeta_\gamma$  являются псевдонормами в кольце  $R$  для всех  $\gamma > 1$ , то из предложения 3 следует, что функция  $\zeta_1$  также задает псевдонорму в кольце  $R$ .

Рассмотрим  $\zeta_\infty(r) = \max\{\xi(r), \eta(r)\}$ .

Из предложения 1 следует, что  $\zeta_\infty(r) = \lim_{\gamma \rightarrow +\infty} \zeta_\gamma(r)$  для всех  $r \in R$ . Так как функции  $\zeta_\gamma$  являются псевдонормами в кольце  $R$  для всех  $\gamma \geq 1$ , то из предложения 3 следует, что функция  $\zeta_\infty$  также задает псевдонорму в кольце  $R$ . Следовательно, каждая из функций  $\zeta_\gamma$ ,  $1 \leq \gamma \leq \infty$  задает псевдонорму в кольце  $R$ .

На основе предложений 1–4 мы можем строить различные псевдонормы в любых кольцах. В следующих теоремах рассматриваются некоторые конструкции псевдонормы в кольце комплексных чисел и в кольце целых чисел.

**Теорема 1.** Пусть  $C$  – кольцо комплексных чисел. Справедливы следующие утверждения:

I.  $\xi_\alpha(z) = |z|^\alpha$  – архимедовы нормы в  $C$  для любого действительного числа  $\alpha \in (0; 1]$ .

II.  $\xi_\infty(z) = \lim_{\alpha \rightarrow 0^+} \xi_\alpha(z) = \text{sign}|z| = \begin{cases} 0, & z = 0, \\ 1, & z \neq 0 \end{cases}$  – неархимедова норма в  $C$ .

III.  $\eta(z) = \left( \sum_{k=1}^n \lambda_k |z|^{\beta_k} \right)^\alpha$  – псевдонормы в  $C$  для любых действительных чисел  $\lambda_k \geq 1$ ,  $0 < \alpha \leq 1$ ,  $0 < \beta_k \leq \frac{1}{\alpha}$ ,  $k = \overline{1, n}$ .

IV.  $\zeta(z) = \left( \lambda_0 \text{sign}|z| + \sum_{k=1}^n \lambda_k |z|^{\beta_k} \right)^\alpha$  – псевдонормы в  $C$  для любых действительных чисел  $\lambda_k \geq 1$ ,  $0 < \alpha \leq 1$ ,  $0 < \beta_k \leq \frac{1}{\alpha}$ ,  $k = \overline{0, n}$ .

**Теорема 2.** Пусть  $Z$  – кольцо целых чисел. Справедливы следующие утверждения:

I. Функции  $\xi_p(r) = \begin{cases} 0, & r = 0, \\ \frac{1}{p^k}, & r \neq 0, \end{cases}$

где  $k$  – наибольшая степень числа  $p$ , на которую делится нацело число  $r$ , являются неархимедовыми псевдонормами в  $Z$  для любого натурального числа  $p$  и неархимедовыми нормами в  $Z$  для любого простого числа .

II.  $\eta(r) = \begin{cases} 0, & r = 0, \\ \left( \sum_{j=1}^n \frac{\lambda_j}{p_j^{k_j \beta_j}} \right)^\alpha, & r \neq 0, \end{cases}$

где  $k_j$  – наибольшая степень числа  $p_j$ , на которую делится нацело число  $r$ , – псевдонормы в  $Z$  для любых натуральных чисел  $p_j$  и для любых действительных чисел  $\lambda_j \geq 1$ ,  $0 < \alpha \leq 1$ ,  $0 < \beta_j \leq \frac{1}{\alpha}$ ,  $j = \overline{1, n}$ .

III.  $\zeta(r) = \begin{cases} 0, & r = 0, \\ \left( \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{p_i^{k_i \beta_i}} + \sum_{j=1}^m \mu_j |r|^{\gamma_j} \right)^\alpha, \end{cases}$

$r \neq 0$ , где  $k_i$  – наибольшая степень числа  $p_i$ , на которую делится нацело число  $r$ , – псевдонормы в  $Z$  для любых натуральных чисел  $p_i$  и для любых действительных чисел  $\lambda_i, \mu_j \geq 1$ ,  $0 < \alpha \leq 1$ ,  $0 < \beta_i, \gamma_j \leq \frac{1}{\alpha}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, m}$ .

Доказательство теорем 1 и 2 следует непосредственно из предложений 1–4.

### Цитированная литература

1. Курош, А. Г. Лекции по общей алгебре : монография / А. Г. Курош. – Москва : Наука, 1973. – 400 с. – Текст : непосредственный.
2. Алещенко, С. А. Свойства обобщенно нильпотентных элементов псевдонормированных коммутативных колец / С. А. Алещенко, В. И. Арнаутов, С. Т. Главацкий. – Текст : непосредственный // *Фундаментальная и прикладная математика*. – 2020. – № 3 (23). – С. 3–11.
3. Самсонов, А. С. Арифметические свойства элементов прямых произведений  $p$ -адических полей / А. С. Самсонов. – Текст : непосредственный // *Чебышевский сборник*. – 2020. – № 4 (21). – С. 227–242.
4. Самсонов, А. С. Арифметические свойства элементов прямых произведений  $p$ -адических полей, II / А. С. Самсонов. – Текст : непосредственный // *Чебышевский сборник*. – 2021. – № 2 (22). – С. 236–256.
5. Колмогоров, А. Н. Элементы теории функций и функционального анализа : учебник / А. Н. Колмогоров, С. В. Фомин. – Москва : Наука, 1976. – 542 с. – Текст : непосредственный.
6. Харди, Г. Г. Неравенства : монография / Г. Г. Харди, Дж. Е. Литтлвуд, Г. Полиа. – Москва : ИЛ, 1948. – 456 с. – Текст : непосредственный.

УДК ???

**ВКЛАД М. И. КОЗЛОВСКОГО В СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ В ПГУ ИМ. Т. Г. ШЕВЧЕНКО***И. Г. Стамов***M. I. KOZLOVSKY'S CONTRIBUTION TO THE FORMATION AND  
DEVELOPMENT OF EXPERIMENTAL PHYSICS  
AT PSU T. G. SHEVCHENKO***I. G. Stamov***Мирослав Иванович Козловский**

История Приднестровского государственного университета им. Т. Г. Шевченко в статусах учительского и педагогического институтов, а также роль особо выдающихся представителей профессорско-преподавательского состава, общественных и государственных деятелей в его становлении и развитии достаточно подробно изложены в работах [1] и [2]. Значение вуза трудно переоценить в формировании и становлении нашей республики, в том числе, его роль в подготовке для государства высококвалифицированных педагогических кадров.

Подготовка специалистов-педагогов естественнонаучного профиля в ПГУ им. Т. Г. Шевченко началась с образования кафедры биологии, физики и математики в 1931 году в Молдавском институте народного образования. После ряда преобразований и эвакуации в годы Великой Отечественной войны в июле 1944 года

---

Для цитирования: **Стамов, И. Г.** Вклад М. И. Козловского в становление и развитие экспериментальной физики в ПГУ им. Т. Г. Шевченко / И. Г. Стамов. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 56–60. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.



вуз был восстановлен в г. Тирасполе как учительский институт, преобразованный позднее в Тираспольский государственный педагогический институт (ТГПИ) им. Т. Г. Шевченко [1]. Институт обладал хорошей материально-технической базой, однако о ее содержании в 1930–50-х годах нет никакой информации. Косвенно о ней можно судить лишь по сохранившимся демонстрационным и научным приборам, которые стали музейными экспонатами (рис. 1).



Рис. 1

Начало экспериментальных исследований в ТГПИ заложено в 1950–60 годах Мирославом Ивановичем Козловским [1]. Он создал достаточно современную на тот момент научно-исследовательскую лабораторию для изучения механизмов и физики роста кристаллов. Лаборатория располагала тремя электронно-лучевыми микроскопами, один из которых был растровым, светосильным оптическим микроскопом, оборудованием для роста кристаллов, фото- и киносъемки процессов роста, термостатами, большим числом других приборов и приспособлений, необходимых для проведения этих экспериментов. На рис. 2



Рис. 2.

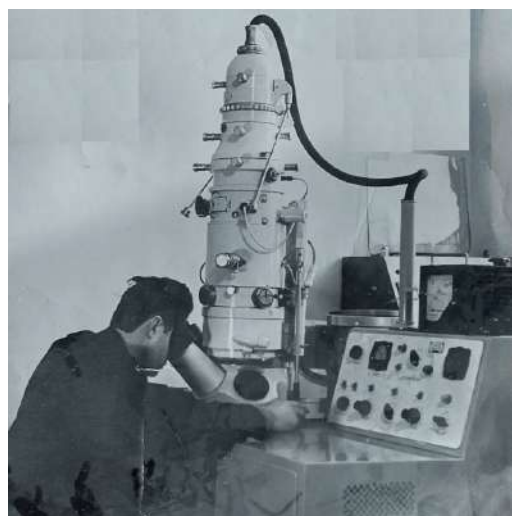


Рис. 3

представлен фрагмент работы на электронном микроскопе.

Кроме того, Мирослав Иванович разработал методы и специальное оборудование для получения ряда кристаллов из растворов, в том числе для изучения механизмов роста кристаллов в электрических разрядах и в электрическом поле. Некоторые образцы кристаллов, выращенные М. И. Козловским, сохранились (рис. 3).

По результатам исследований он опубликовал научные работы, высоко оцененные кристаллографами того времени, защитил кандидатскую и докторскую диссертации [3–5]. Результаты научных исследований М. И. Козловский активно внедрял в учебный процесс. Лабораторные работы для студентов V курса специальностей «Физика» и «Физика и электротехника» физико-математического факультета носили комплексный характер, содержали элементы научных исследований и глубокую методическую и методологическую основы. Таких работ было 8, в частности, «Выращивание кристаллов из расплавов методом Бриджмена», «Некоторые особенности кристаллизации», «Определение теплоты растворения и кристаллизации», «Исследование действия электрического поля и искрового разряда на возникновение центров кристаллизации».

К сожалению, из-за продолжительной болезни Мирослав Иванович рано ушел из жизни, не успев реализовать весь потенциал в экспериментальной и теоретической физике. Во время работы в вузе он занимал должности заведующего кафедрой, декана физико-математического факультета (1953–1958 гг.), ректора педин-

ститута (1958–1962 гг.), проректора по научной работе (1965–1971 гг.). Кроме того, Мирослав Иванович исполнял ответственные общественные обязанности, в частности, депутатские по Тираспольскому горсовету, возглавлял общество «Знание» в г. Тирасполе, был председателем секции по физике УМС МНО МССР, членом объединенного совета по присуждению ученых степеней по физике МССР. М. И. Козловский опубликовал более 110 научных трудов, более 20 учебно-методических работ по технике и методике физического эксперимента [6,7], создал несколько научных кинофильмов, связанных с ростом кристаллов [6].

М. И. Козловский внес большой вклад в методическое и демонстрационное обеспечение учебного процесса по физике на этапе развития этого направления.

В 1960 году на физико-математическом факультете ТГПИ были открыты две научно-исследовательские лаборатории: физики кристаллов, возглавляемая профессором, доктором физико-математических наук М. И. Козловским, и физики полупроводников, возглавляемая профессором, доктором физико-математических наук И. И. Бурдияном. История становления и развития науки о полупроводниках в ПГУ подробно описана в автобиографической статье И. И. Бурдияна [8].

Гистограмма на рис. 4 характеризует интенсивный рост прикладных исследований на трех кафедрах физического направления физико-математического факультета за 1950–70 годы. В число научных работ на гистограмме для более наглядного отражения экспериментальной составляющей

научных исследований не включены теоретические и методические работы профессорско-преподавательского состава. Следует отметить, что в правой колонке гистограммы практически все работы связаны с исследованиями по физике полупроводников, которые выполнены в научных лабораториях ФТИ им А. Ф. Иоффе и Института прикладной физики АН МССР.

После ухода из жизни М. И. Козловского лаборатория физики кристаллов была названа его именем и отчасти преобразована его учениками в музей. Исследования в области экспериментальной физики по росту и свойствам кристаллов, успешно реализованные М. И. Козловским, продолжены его учениками и последователями И. И. Мелентьевым, А. И. Макейчиком, В. И. Бурчако-

вой, А. Ф. Мироновым в научных учреждениях г. Кишинева и г. Москвы, в которых они успешно защитили диссертационные работы.

Развитие теоретической и экспериментальной науки по самым современным и актуальным проблемам физики на физико-математическом факультете в последние десятилетия продолжено в научно-исследовательских лабораториях «Полярон» и «Полупроводниковые преобразователи», созданных профессорами С. И. Берил и Э. А. Сенокосовым. Обзор основных направлений и результатов исследований ученых факультета за этот период представлен в [9, 10] и научном журнале «Вестник Приднестровского университета».

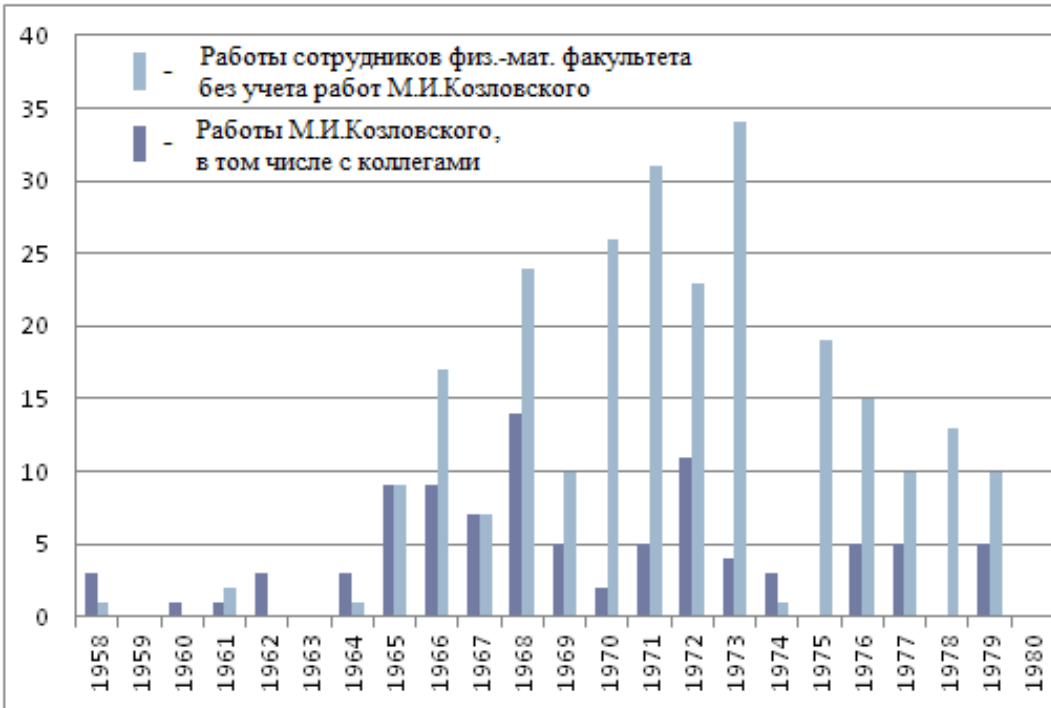


Рис. 4

## Цитированная литература

1. Тираспольский государственный педагогический институт имени Т. Г. Шевченко. – Кишинев : Штиинца, 1980. – 112 с. – Текст : непосредственный.
  2. **Буторина, М.А.** Ректоры Приднестровского государственного университета имени Т. Г. Шевченко / М. А. Буторина, И. К. Стратиевская, К. В. Стратиевский. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2005. – 109 с. – Текст : непосредственный.
  3. **Козловский М. И.** Экспериментальное исследование роста кристаллов из раствора в свете теории дислокаций: автореферат кандидатской диссертации. – Москва: Изд-во МГУ им. М. В. Ломоносова, 1958. – 15 с. – Текст : непосредственный.
  4. **Козловский М. И.** Процессы кристаллизации в электрическом поле и электрических разрядах: автореферат докторской диссертации.– Кишинев: Изд-во ЦК КП Молдавии, 1967. – 32 с. – Текст : непосредственный.
  5. **Козловский М. И.** Электрическое поле и кристаллизация / М. И. Козловский, В. И. Бурчакова, И. И. Мелентьев. – Кишинев : Штиинца, 1976. – 92 с. – Текст : непосредственный.
  6. **Бельческо В. Н.** Библиографический указатель научных работ профессорско-преподавательского состава / В. Н. Бельческо, Ш. З. Каушанская, Н. Д. Колесникова. – Текст : непосредственный // Физико-математические науки. – Тирасполь, 1980. – 116 с.
  7. **Козловский М. И.** Демонстрационный генератор Ван-де-Граафа: Тез. докл. на респ. научн.-практ. конф. по методике преподавания физики в высш. и средн. школе / М. И. Козловский. – Тирасполь, 1966. – Текст : непосредственный
  8. **Бурдиян И. И.** Становление науки о полупроводниках в ПГУ / И. И. Бурдиян. – Текст : непосредственный // Вестник Приднестровского университет, 2002. – № 2(16). – С. 60–51.
  9. **Константинов Н. А.** История физики. Ч.2: учебник / Н. А. Константинов, О. А. Рогожникова. – Тирасполь : Изд-во Приднестр. ун-та, 2017. – 380 с. – Текст : непосредственный.
  10. **Берил, С. И.** Теория поляронов, экситонов, биполяронов в многослойных структурах различных геометрий и сверхрешетках / С. И. Берил, В. М. Фомин, А. С. Старчук. – Тирасполь, Изд-во Приднестр. ун-та, 2020. – 696 с. – Текст : непосредственный.
-

# ИНЖЕНЕРИЯ. ИНФОРМАТИКА

УДК 621.43.068

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

*Ф. Ю. Бурменко, В. Г. Звонкий, А. В. Димогло*

*Предложена система очистки выхлопных газов ДВС за счет дожигания несгоревших их токсичных составляющих в тепловых двигателях любой конструкции, имеющих бортовой водородный генератор с использованием получаемого в электролизере кислорода, подаваемого в выпускной трубопровод. Это обеспечивает более эффективную нейтрализацию уходящих отработанных топливных фракций, устойчивую к изменению условий работу дизельного ДВС, работающего в газодизельном цикле, у которого за счет изменения запальной дозы при различных режимах происходят изменения в работе выпускной системы.*

**Ключевые слова:** *выпускной трубопровод, электролизер, кислород, лямбда-зонд, нейтрализатор, дожигание токсичных выхлопных газов, корректор величины воздушной дозы.*

## IMPROVEMENT OF THE EXHAUST GAS PURIFICATION SYSTEM OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE

*F. Y. Burmenko, V. G. Zvonky, A. V. Dimoglo*

*An internal combustion engine exhaust gas purification system is proposed by afterburning their unburned toxic components in heat engines of any design having an on-board hydrogen generator with using oxygen produced in an electrolyzer supplied to the exhaust pipeline. It ensures a more effective neutralization of outgoing spent fuel fractions resistant to changes in the operating conditions of a diesel engine operating in a gas-diesel cycle, in which changes in the exhaust system of the engine occur due to changes in the ignition dose under different operating modes.*

**Keywords:** *exhaust pipe, electrolyzer, oxygen, lambda probe, neutralizer, combustion of toxic exhaust gases, air dose corrector.*

---

Для цитирования: **Бурменко, Ф. Ю.** Совершенствование системы очистки выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания / Ф. Ю. Бурменко, В. Г. Звонкий, А. В. Димогло. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3(78). – С. 61–67. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.

© Бурменко Ф. Ю., Звонкий В. Г., Димогло А. В., 2024

Загрязнения окружающей среды, связанные с выбросом в атмосферу отработанных газов двигателей внутреннего сгорания (ДВС), особенно работающих на дизельном топливе, увеличение подвижного состава мобильных и стационарных наземно-транспортных машин и оборудования вызывают необходимость внесения конструктивных и технологических изменений в устройства ДВС, направленных на минимизацию загрязнений.

Выхлопные газы ДВС содержат большое количество токсичных веществ, таких как оксиды углерода и азота, а в дизельных ДВС еще диоксиды серы и сероводород, которые в большинстве энергосиловых установок обезвреживаются каталитическими нейтрализаторами [1]. Однако в отдельных случаях, например, при работе дизельных ДВС на природном газе в режиме газодизеля за счет изменения запальной дозы при различных режимах работы, особенно на холостом ходу, возникают изменения в работе выпускной системы двигателя, что снижает степень нейтрализации отработанных газов [2].

В последнее время для снижения токсичности выхлопов ДВС отдельные разработчики начали применять водород в качестве присадки к штатному моторному топливу без внесения конструктивных изменений в саму машину, а путем добавления дополнительных устройств для подачи водорода в топливовоздушную смесь (ТВС) с последующим ее сгоранием в цилиндрах двигателя [3].

В частности, для повышения эффективности очистки отработанных газов при использовании бортового генератора водо-

рода (электролизера), в котором водород и кислород получают отдельно, водород подается в систему приготовления ТВС, а кислород в выпускной канал для улучшения окисления продуктов неполного сгорания и дополнительного снижения токсичности отработанных газов [4].

Однако данный способ имеет ряд недостатков.

Во-первых, кислород подается в выпускной канал ДВС напрямую, без избыточного давления за счет его естественного поступления от электролизера. В то же время при различных режимах работы ДВС в выпускном тракте возникает противодавление, создаваемое глушителем, что препятствует поступлению кислорода от электролизера.

Во-вторых, поступающий от электролизера кислород насыщен влажными парами электролита и оказывает негативное влияние на коррозионную стойкость элементов выпускной системы ДВС.

В-третьих, неконтролируемость подачи чистого кислорода в выпускную систему может вызвать неуправляемое дожигание несгоревших выхлопных газов, что приведет к повышению температуры их сгорания и может вызвать термическую коррозию и даже прожиг выхлопной трубы.

Задачей настоящей разработки является создание системы дожигания несгоревших токсичных выхлопных газов тепловых двигателей любой конструкции, имеющих бортовой водородный генератор с использованием получаемого в электролизере кислорода, и, как следствие, более эффективную нейтрализацию уходящих

отработанных выхлопных газов, устойчивую к изменению условий работы двигателя, включая газодизельные ДВС.

Поставленная задача достигается тем, что при подаче кислорода в выпускной трубопровод, он оснащается блоком терморегуляции состава уходящих отработанных газов. Блок включает установленную в выпускном трубопроводе кольцевую сопловую вставку, в полость которой введена питательная трубка типа трубки Пито, которая связана с кислородной магистралью электролизера, при этом между электролизером и питательной трубкой установлен влагоотделитель. Кольцевая сопловая вставка снабжена сообщающимся с атмосферой окном с корректором контроля и управления величины дополнительной дозы поступающего (атмосферного) воздуха.

Корректор контроля и управления содержит затвор с поворотным клапаном изменения величины поступающей в выпускной трубопровод дополнительной воздушной дозы и снабжен приводом, который выполнен в виде шагового двигателя, вал которого соединен с осью поворотного клапана посредством винтового механизма. Шаговый двигатель оснащен управляющим драйвером (контроллером), соединенным с датчиком содержания свободного кислорода в уходящих отработанных газах, установленным в выпускном трубопроводе за кольцевой сопловой вставкой по ходу их (газов) движения, позволяющим позиционировать ось поворотного клапана с требуемым количеством шагов и обеспечивать изменение величины воздушной дозы в заданных пределах.

Для непрерывного измерения содержания остаточного кислорода в выхлопных газах и подачи сигнала управляющему драйверу шагового двигателя, для оптимальной установки величины подачи атмосферного воздуха в выпускной трубопровод использован  $\lambda$ -зонд (Лямбда-зонд) [5]. Например, лямбда-зонд используется в устройстве для очистки выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания, регистрируя концентрацию кислорода, которая соответствует заданной степени очистки [6].

Технический результат достигается следующим.

Установка в выпускном трубопроводе кольцевой сопловой вставки позволяет создать в нем встроенный эжектор, в центральной зоне которого под действием напора выпускных газов будет создаваться разрежение.

Введение в эту зону эжектора питательной трубки, типа трубки Пито, которая соединена с кислородной магистралью электролизера, создает подсос кислорода и его принудительное непрерывное поступление в выпускной трубопровод. Это позволяет разместить между электролизером и питательной трубкой влагоотделитель.

Снабжение выпускного трубопровода окном в зоне кольцевой сопловой вставки, которое сообщается с атмосферой, и установка в этом окне перекрывающего поворотного от привода клапана позволяет управлять величиной дополнительной дозы поступающего (атмосферного) воздуха за счет его эжектирования.

Выполнение привода в виде шагового двигателя, вал которого соединен с

осью поворотного клапана посредством винтового механизма и оснащения его управляющим драйвером (контроллером), который соединен с датчиком кислорода в уходящих отработанных газах, установленного в выпускном трубопроводе за кольцевой сопловой вставкой по ходу их (газов) движения, что позволяет позиционировать ось поворотного клапана с требуемым количеством шагов в зависимости от количества содержания свободного кислорода в выпускном трубопроводе и изменять величину дополнительной воздушной дозы для дожигания несгоревших выхлопных газов и полного окисления поступающего от электролизера кислорода.

Использование  $\lambda$ -зонда (Лямбда-зонда) в качестве датчика содержания свободного кислорода в уходящих отработанных газах и его взаимосвязь с управляющим драйвером (контроллером) шагового двигателя позволяет осуществить автоматизированное управление дожиганием несгоревших выхлопных газов и обеспечить их эффективную нейтрализацию, а также терморегуляцию выпускного трубопровода.

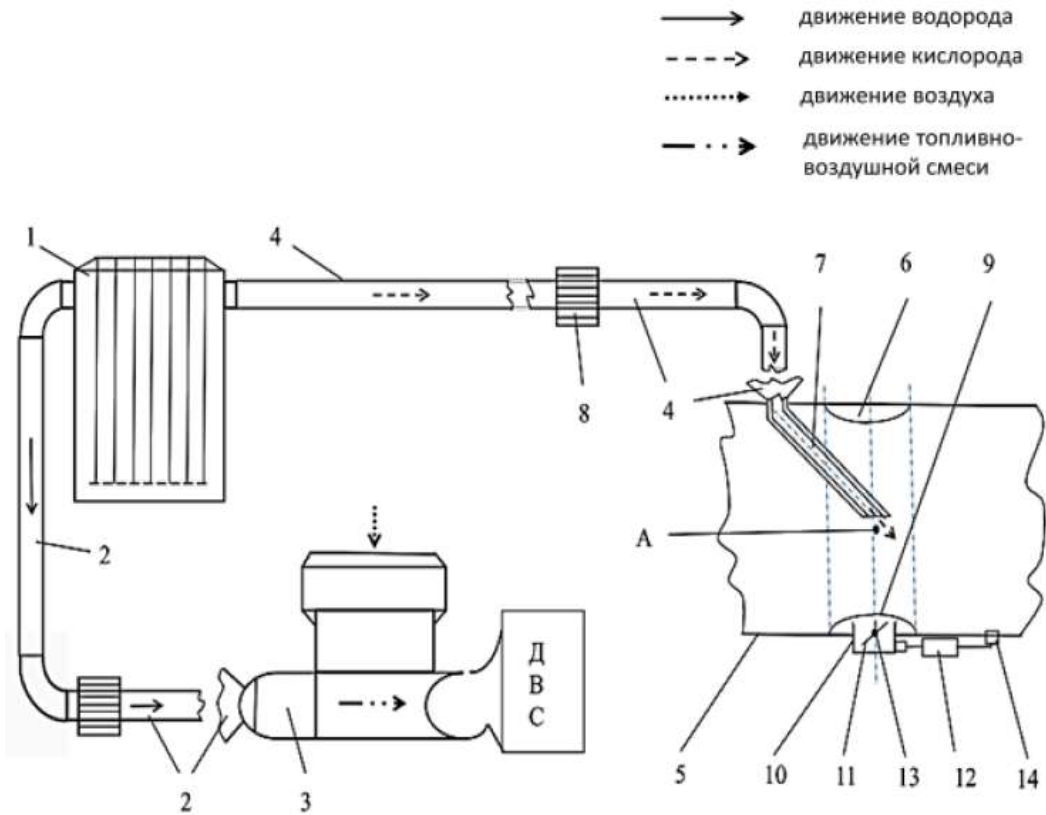
Все это в совокупности формирует систему дожигания несгоревших токсичных выхлопных газов тепловых двигателей любой конструкции, и, как следствие, более эффективную нейтрализацию уходящих отработанных выхлопных газов, устойчивую к изменению условий работы двигателя. Особенно это важно для газодизельных ДВС, у которых за счет изменения запальной дозы при различных режимах работы происходят изменения в работе выпускной системы двигателя.

На рисунке приведена принципиальная схема системы очистки выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания. Система содержит электролизер 1 для раздельного получения водорода и кислорода, в котором по магистрали 2 водород подается во впускной трубопровод 3, а по магистрали 4 – кислород в выпускной трубопровод 5. Выпускной трубопровод 5 оснащен блоком терморегуляции состава уходящих отработанных газов, включает установленную в нем кольцевую сопловую вставку 6 в полость А которой введена питательная трубка 7, связанная с кислородной магистралью 4 электролизера 1, при этом между электролизером 1 и питательной трубкой 7 установлен влагоотделитель 8.

Кольцевая сопловая вставка 6 имеет сообщающееся с атмосферой окно 9 с приемным патрубком 10 атмосферного воздуха, которое перекрывается поворотным клапаном 11 дополнительной воздушной дозы, снабженным приводом. Привод выполнен в виде шагового двигателя 12, вал которого соединен с осью 13 поворотного клапана 11 посредством винтового механизма (на рисунке не показан).

Шаговый двигатель оснащен управляющим драйвером (контроллером) (на рисунке не показан), который соединен с датчиком 14 содержания свободного кислорода в уходящих отработанных газах и установлен в выпускном трубопроводе за кольцевой сопловой вставкой 6 по ходу их (газов) движения. В качестве датчика содержания свободного кислорода в уходящих отработанных газах использован  $\lambda$ -зонд (Лямбда-зонд).





Принципиальная схема системы очистки выхлопных газов ДВС

Работа системы очистки выхлопных газов на примере газодизельного ДВС осуществляется следующим образом.

При работе газодизельного ДВС в электролизере 1 генерируемые водород и кислород выделяются отдельно и из водородной и кислородной камер поступают соответственно в магистрали 2 и 4. Водород поступает во впускной патрубок газодизельного ДВС вместе с атмосферным воздухом.

При сгорании в ДВС топливно-воздушной смеси отработанные газы поступают в выпускной трубопровод 5 и, проходя через полость А суженного сечения сопло-

вой вставки 6, создают в этой зоне разрежение. Благодаря этому происходит подсос из питательной трубки 7 кислорода, который, проходя влагоотделитель 8, осушается и поступает в выпускной трубопровод 5. Аналогично в выпускной трубопровод 5 поступает через патрубок 10 и окно 9 атмосферный воздух, который смешивается с кислородом и отработанными газами, при этом поступивший кислород обеспечивает дожигание несгоревших токсичных выхлопных газов, а атмосферный воздух снижает температуру их сгорания и предотвращает появление термической коррозии и возможный прожиг выхлопной трубы.

Отработанные газы, проходя зону действия датчика 14, установленного в выпускном трубопроводе за кольцевой сопловой вставкой 6 по ходу их (газов) движения, воздействуют на  $\lambda$ -зонд, который фиксирует содержание в них свободного кислорода и посредством сигнала через управляющий драйвер (контроллер) выдает сигнал шаговому двигателю 12, позиционирующему ось 13 поворотного клапана 11 с требуемым количеством шагов, изменяя величину воздушной дозы в заданных пределах. Задача  $\lambda$ -зонда – непрерывно измерять содержание в выхлопных газах свободного кислорода на минимальном уровне и посредством выходного сигнала регулировать систему, которая благодаря этому обеспечивает эффективную терморегуляцию состава уходящих отработанных газов.

В лаборатории ДВС кафедры технических систем и электрооборудования в АПК изготовлен макетный образец такого нейтрализатора, который был внедрен в выпускной трубопровод установленного на испытательном стенде КИ-5543 лабораторного двигателя СМД-18Н, переоборудованного на работу в газодизельном режиме и оснащенного электролизером, который подавал выработанный им кис-

лород через сопло в выхлопную трубу, где несгоревшие фракции отработанных газов смешивались с поступившими кислородом и дополнительным атмосферным воздухом, дожигались и выбрасывались далее в атмосферу.

Содержание вредных веществ в отработанных газах определяли при работе прогретого дизеля на установившихся режимах газоанализатором модели MQ550-5 на содержание CO, CH, CO<sub>2</sub> и NO<sub>x</sub> в соответствии с ГОСТ 17.20.2.05 – 97 [7].

Результаты сравнительных исследований приведены в таблице. Данные результаты наглядно показывают экологическую эффективность использования усовершенствованной системы очистки выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания как при работе на дизельном топливе, так и на природном газе в режиме газодизеля, что соответствует нормам ГОСТ 17.2.2.05 – 97 [7].

Таким образом, создание системы очистки выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания тепловых двигателей любой конструкции за счет присадки вырабатываемого в электролизере кислорода позволяет обеспечить эффективную нейтрализацию уходящих отработанных выхлопных газов и снизить температуру их сгорания.

Сравнительная оценка экологических показателей

Показатели	в дизельном режиме		в газодизельном режиме		ГОСТ 17.20.2.05 – 97
	а)	б)	а)	б)	
Дымность отработанных газов, %	40	26	10	6,1	52
Оксидов азота (NO <sub>x</sub> ), г/(кВт·ч)	21,0	14,1	9,15	5,9	18,0
Оксида углерода (II) (CO), г/(кВт·ч)	10,9	7,3	7,95	4,2	14,0
Углеводородов (CH), г/(кВт·ч)	4	2,4	3,65	1,9	4,5
Усредненная температура отработанных газов, °С	240	210	220	190	–

а) вариант без системы дожигания; б) вариант с системой дожигания

## Цитированная литература

1. Системы снижения токсичности отработавших газов легковых автомобилей. – Текст : электронный // Современные технологии производства. – URL: <https://extxe.com/13897/sistemy-snizhenija-toksichnosti-otrabotavshih-gazov-legkovyh-avtomobilej/> (дата обращения: 28.04.2024).

2. **Димогло, А. В.** Обоснование и выбор конструктивных параметров баллонов газодизельных тракторов / А. В. Димогло, В. Г. Козлов, Ф. Ю. Бурменко. – Текст : электронный // Прикладные вопросы физики (к 120-летию со дня рождения академиков И. В. Курчатова и А. П. Александрова) : материалы национальной научно-практической конференции. – Воронеж, 2022. – С. 223–230. – URL: [https://www.elibrary.ru/ip\\_restricted.asp?rpage=https%3A%2F%2Fwww.elibrary.ru%2Eeru%2Fitem%2Easp%3Ffedn%3Dwtqidh](https://www.elibrary.ru/ip_restricted.asp?rpage=https%3A%2F%2Fwww.elibrary.ru%2Eeru%2Fitem%2Easp%3Ffedn%3Dwtqidh) (дата обращения: 28.04.2024).

3. **Вагнер, В. А.** Улучшение экономических и экологических характеристик дизелей методом насыщения жидкого топлива водородом : специальность 05.04.02 «Тепловые двигатели» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Вагнер Витор Анатольевич. – Барнаул, 1984. – URL: <https://www.dissercat.com/content/uluchshenie-ekonomicheskikh-i-ekologicheskikh-kharakteristik-dizelei-metodom-nasyshcheniya-z>

(дата обращения: 28.04.2024 г) – Текст : электронный.

4. Патент № 2167317 С2, Россия. Способ совершенствования процесса сгорания топлива в двигателе внутреннего сгорания, и система для его осуществления опубликовано. Оpubл. 20.05.2001. Бюл. № 14. – URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2167317C2\\_20010520](https://yandex.ru/patents/doc/RU2167317C2_20010520) (дата обращения: 28.04.2024 г) – Текст : электронный.

5. **Сафиуллин, Р. Н.** Интеллектуальные бортовые системы на автомобильном транспорте / Р. Н. Сафиуллин, М. А. Керимов. – Текст : электронный // Directmedia, 2017. – С. 123–125. – URL: [https://www.elibrary.ru/ip\\_restricted.asp?rpage=https%3A%2F%2Fwww.elibrary.ru%2Eeru%2Fitem%2Easp%3Ffedn%3Dymkoyw](https://www.elibrary.ru/ip_restricted.asp?rpage=https%3A%2F%2Fwww.elibrary.ru%2Eeru%2Fitem%2Easp%3Ffedn%3Dymkoyw) (дата обращения: 28.04.2024).

6. Патент № 2090249 С1, Россия. Устройство для очистки выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания. Оpubл. 20.09.1997. Бюл. № 35. – URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2090249C1\\_19970920](https://yandex.ru/patents/doc/RU2090249C1_19970920) (дата обращения: 28.04.2024). – Текст : электронный.

7. ГОСТ 17.2.2.05-97. Нормы и методы определения выбросов вредных веществ с отработавшими газами дизелей, тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин. – Москва: Стандартинформ, 1997. – 15 с. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294847/4294847481.pdf> (дата обращения: 28.04.2024). – Текст : электронный.

УДК 621.431.36

## УЛУЧШЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ МЕТОДОМ НАСЫЩЕНИЯ ЖИДКОГО ТОПЛИВА ВОДОРОДОМ

А. В. Димогло, Ф. Ю. Бурменко, В. Г. Звонкий

*В основу предлагаемой разработки положена задача создания устройства оригинальной конструкции для улучшения смесеобразования в двигателе внутреннего сгорания, которое обеспечивает подачу дополнительного воздуха и водорода от электролизера в топливовоздушную смесь таким образом, чтобы обеспечить повышение эффективности работы ДВС. Все это в совокупности позволяет улучшить качество приготовления топливно-воздушной смеси, обеспечить максимальную полноту сгорания смеси и, следовательно, повысить КПД двигателя, снизить содержание CO в выхлопных газах и увеличить долговечность деталей системы газораспределения.*

**Ключевые слова:** электролизер, топливовоздушная смесь (ТВС), смесительная камера, дополнительный воздух и водород, эжектор, регулятор расхода вспомогательной ТВС, влагоотделитель, КПД двигателя, содержание CO в выхлопных газах.

## IMPROVEMENT OF TECHNICAL AND ENVIRONMENTAL OF CHARACTERISTICS INTERNAL COMBUSTION ENGINES BY SATURATION LIQUID FUEL METHOD WITH HYDROGEN

A. V. Dimoglo, F. Y. Burmenko, V. G. Zvonky

*The proposed development is based on the task of creating a device of original design to improve mixing in an internal combustion engine, which provides additional air and hydrogen supplied from the electrolyzer to the fuel-air mixture in such a way as to increase the efficiency of the internal combustion engine. It possible to improve the quality of the preparation of the fuel-air mixture, ensure maximum completeness of the combustion of the mixture, and, consequently, increase engine efficiency, reduce the CO content in exhaust gases and increase the durability of gas distribution system parts.*

**Keywords:** electrolyzer, fuel-air mixture (FAM), mixing chamber, additional air and hydrogen, ejector, flow regulator of auxiliary FAM, dehumidifier, engine efficiency, CO content in exhaust gases

Повышенные экологические требования к двигателям внутреннего сгорания (ДВС) транспортно-технологических машин и стационарного оборудования обусловили необходимость рационализировать и усовершенствовать системы приготовления топливовоздушной смеси для последующего ее сгорания в цилиндрах

Для цитирования: Димогло А. В. Улучшение технико-экологических характеристик двигателей внутреннего сгорания методом насыщения жидкого топлива водородом / А. В. Димогло, Ф. Ю. Бурменко, В. Г. Звонкий. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 68–74. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.

двигателей. Этому также способствует истощение месторождений жидкого топлива, что повышает стоимость добычи нефти, снижает объемы ее переработки и как следствие – приводит к росту цен на моторное топливо.

В последнее время появилась тенденция перевода ДВС на недорогое и экологически чистое газовое топливо. Однако его использование осложняется необходимостью размещать газ метан в сжатом (сжатом под высоким давлением) виде в материалоемких и больших по массе емкостях (баллонах), что ограничивает его использование (только на мобильной крупногабаритной и стационарной технике). На легковых и малотоннажных транспортных средствах, как правило, используется нефтяной сжиженный газ пропан-бутан и его аналоги. В перспективе в качестве моторного топлива предполагается использовать водород как самый экологичный вид топлива с минимальным содержанием вредных веществ в отработанных газах и обладающих большей (практически в 3 раза), чем жидкое топливо, энергоемкостью [1, 2].

Перевод ДВС на водородное топливо требует решения многих задач, начиная от создания безопасных технологий производства и транспортировки водородного топлива, заправки им автомобилей и заканчивая внесением изменений в конструкцию транспортно-технологического средства, прежде всего его двигателя. Пока есть лишь промежуточное решение – использование водорода в качестве присадки к штатному моторному топливу без внесения конструктивных изменений в саму машину

и добавление дополнительных устройств для подачи водорода в топливовоздушную смесь (ТВС) с последующим ее сгоранием в цилиндрах двигателя [3, 4].

Анализ патентно-технической литературы показал, что имеются различные устройства для улучшения смесеобразования в ДВС с использованием водорода. Так, например, известна система питания для двигателя внутреннего сгорания [5], в которой используется водород, полученный в результате электролиза воды и ее последующего поступления в карбюратор, где смешивается с воздухом, и обогащенная водородом ТВС направляется в камеру сгорания.

Однако формирование горючей смеси в этом устройстве осуществляется в смесителе, выполненном в виде барботажной камеры, куда от электролизера поступает водородно-кислородная смесь, в которой имеющиеся насыщенные влагой пары электролита смешиваются с основным топливом и потом подаются в карбюратор. Наличие паров влаги в топливе в присутствии кислорода отрицательно сказывается на горении топливовоздушной смеси и на коррозионной стойкости элементов системы питания ДВС.

В работе [6] описаны способ совершенствования процесса сгорания топлива в ДВС и система для его осуществления, в которой водород и кислород получают в электролизере отдельно, водород подается в систему приготовления ТВС, а кислород – в выпускной канал для улучшения окисления продуктов неполного сгорания и дополнительного снижения токсичности отработанных газов.

Несовершенство данной системы заключается в недостаточной однородности питающей двигатель топливно-воздушной смеси, состоящей из воздуха, водорода, вырабатываемого электролизером, и распыленного топлива, так как водород и дополнительный воздух подаются во впускной патрубок раздельно. Кроме того, поступающий от электролизера водород насыщен влажными парами электролита и оказывает негативное влияние на горение ТВС.

В процессах смесеобразования в двигателях внутреннего сгорания, когда частицы топлива смешиваются с воздухом, необходимым для сгорания, и происходит дробление этих частиц и их перемешивание с воздушным потоком, важно обеспечить как максимальную степень дробления частиц топлива, так и равномерность их перемешивания, т. е. достичь однородности смеси в объеме по содержанию воздуха и топливных частиц. От этих факторов зависит полнота сгорания смеси, следовательно, КПД двигателя, содержание СО в выхлопных газах и долговечность деталей системы газораспределения.

На кафедре технических систем и электрооборудования в АПК аграрно-технического факультета ПГУ им. Т. Г. Шевченко разработано устройство оригинальной конструкции для обеспечения смесеобразования в двигателе внутреннего сгорания, которое осуществляет подачу дополнительного воздуха и водорода, поступающего от электролизера, в топливно-воздушную смесь таким образом, чтобы обеспечить повышение эффективности работы ДВС.

Для этой цели в систему ТВС введена смесительная камера, корпус которой состоит из соосно сочлененных цилиндрического и конического элементов. Цилиндрический корпус и коническая часть образуют в совокупности эжектор, у которого малое основание сопряжено с входным окном впускного патрубка ДВС, а в торце большого основания соосно смонтировано сопло подачи водорода, к которому подведена водородная магистраль от электролизера. В водородной магистрали между электролизером и соплом установлен влагоотделитель для удаления паров электролита из подаваемого в ТВС водорода.

Регулятор расхода вспомогательной ТВС выполнен в виде коаксиально установленной на поверхности цилиндрического сегмента юстировочной обечайки с возможностью ее поворота, при этом на обечайке и поверхности цилиндрического элемента есть соосные отверстия для прохода атмосферного воздуха. Сопло подачи водорода установлено с возможностью перемещения вдоль оси эжектора и имеет сменные фильтры, диаметр проходного сечения которых выполняется в зависимости от производительности электролизера по водороду. Юстировочная обечайка оснащена фильтром атмосферного воздуха, имеющего влагоотделительный слой который может быть выполнен из гидрофильного материала, например, из природного или искусственного волокна.

Технический результат достигается следующим образом. Выполнение регулятора состава ТВС в виде эжектора позволяет создать перед впускным

патрубком ДВС смесительную камеру с дополнительным всасывающим эффектом для принудительного отсоса водорода из электролизера и за счет этого установить в водородной магистрали влагоотделитель, а также юстировочную обечайку с воздушным фильтром для очистки дополнительного воздуха и тоже снабдить его влагоотделителем.

Установка сопла подачи водорода с возможностью перемещения вдоль оси эжектора и его оснащения сменными фильтрами с различным диаметром проходного сечения позволяет изменять величину подачи водорода в зависимости от производительности электролизера и тем самым регулировать состав ТВС. Таким образом в эжекционной смесительной камере происходит увеличение скоростного напора потока водорода и дополнительного атмосферного воздуха под действием эффекта эжекции, газы истекают из входных отверстий в зону смешивания при большем давлении, следовательно, с более высокой скоростью. Это способствует проникновению газовых струй в поток топливоздушную смеси на оптимальную глубину, обеспечивающую однородность смешивания основной топливоздушной смеси и дополнительно подводимых газов (водорода и атмосферного воздуха). Кроме того, создание за счет эжекции большего давления позволяет установить в водородной магистрали влагоотделитель не препятствуя подаче водорода из электролизера.

Все это в совокупности способствует улучшению качества приготовления топливоздушной смеси, обеспечива-

ет максимальную полноту ее сгорания, а следовательно, повышает КПД двигателя, снижает содержание СО в выхлопных газах и увеличивает долговечность деталей системы газораспределения.

Принципиально-технологическая схема устройства для насыщения жидкого топлива водородом представлена на рис. 1, а схема работы регулятора расхода дополнительного атмосферного воздуха – на рис. 2. Устройство состоит из электролизера 1 для получения водорода, системы подачи в впускной патрубок 2 ДВС 3 вспомогательной ТВС, смесительной камеры 4, корпус которой состоит из соосно сочлененных цилиндрического 5 и конического 6 элементов, образующих в совокупности цилиндрическо-конический корпус эжектора, при этом малое основание 7 эжектора сопряжено с входным окном 8 впускного патрубка 2 ДВС 3. В торце 9 большего основания соосно смонтировано сопло 10 подачи водорода со сменными фильтрами 11, к которому подведена водородная магистраль 12 от электролизера 1, в которой между электролизером и соплом установлен влагоотделитель 13.

На поверхности цилиндрического сегмента 5 коаксиально установлена юстировочная обечайка 14, на обечайке и поверхности цилиндрического сегмента выполнены соосные отверстия 15 для прохода атмосферного воздуха. Юстировочная обечайка 14 оснащена фильтром 16 атмосферного воздуха с влагоотделительным слоем 17. В устройстве также имеется магистраль 18 для подачи в выпускной канал 19 выделяемый кислород от электролизера 1.

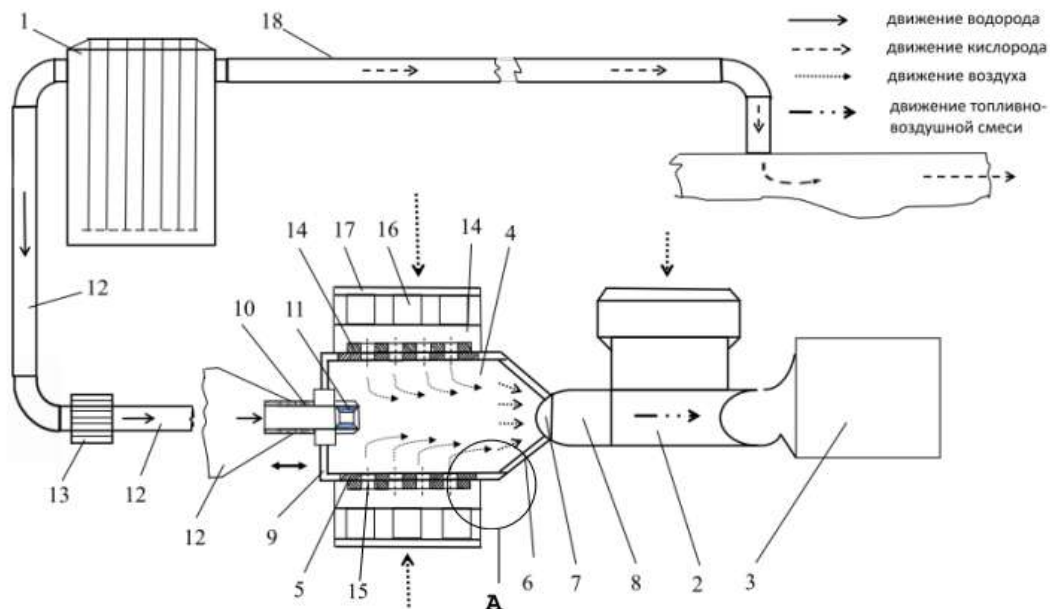


Рис. 1. Принципиально-технологическая схема устройства для насыщения жидкого топлива водородом

Работа устройства осуществляется следующим образом. При работе ДВС в электролизере 1 генерируемые водород и кислород выделяются отдельно и из водородной и кислородной камер поступают соответственно в магистрали 12 и 18. Водород, проходя через влагоотделитель 13 и фильеру 11 сопла 10, поступает в смесительную камеру 4 эжектора, в которую через фильтр 16 с влагоотделительным слоем 17 и отверстия 15 поступает атмосферный воздух.

В смесительной камере 4 за счет того, что корпус эжектора сообщается с входным окном 8 впускного патрубка 2 ДВС 3, в нем создается разрежение, что обеспечивает принудительный забор (подсос) дополнительного атмосферного воздуха через перфорацию 15 корпуса эжектора и водорода от электролизера 1 через филь-

ру 11 сопла 10, преодолевая внутреннее аэродинамическое сопротивление влагоотделителей 13 и 17, а также воздушного фильтра 16.

Поступившие за счет эжекции в смесительную камеру 4 струи водорода и атмосферного воздуха активно смешиваются между собой и перемещаются во входной патрубке 8 ДВС 3, диффундируя в основной воздух и создавая однородную ТВС, которая поступает в цилиндры ДВС.

Перемещением сопла 10 вдоль оси эжектора и сменой фильер 11 с различным диаметром проходного сечения изменяется величина подачи водорода в зависимости от производительности электролизера, а поворотом юстировочной обечайки 14 соосные отверстия 15 смещают относительно друг друга (см. рис. 2), изменяя количество поступающего в смеситель



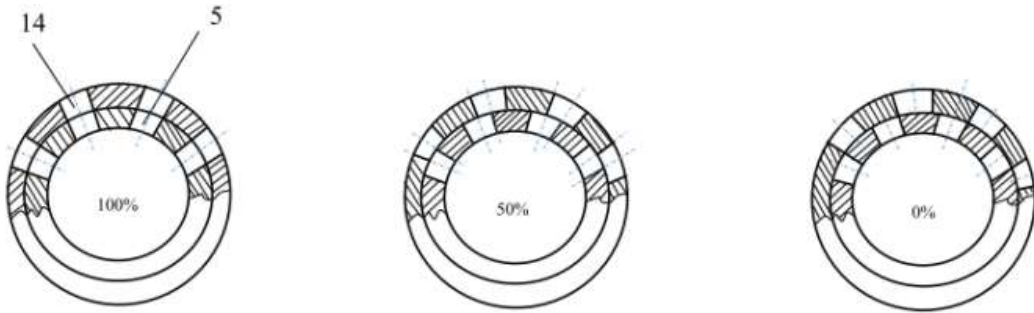


Рис. 2. Схема работы регулятора расхода дополнительного атмосферного воздуха

дополнительного атмосферного воздуха (так регулируется состав ТВС).

На базе лаборатории ДВС кафедры технических систем и электрооборудования в АПК был проведен ряд тестов по проверке работоспособности макетного образца конструкции устройства для улучшения смесеобразования ТВС с добавкой водорода. Для этого на лабораторном двигателе «Москвич-412» был установлен водородный генератор (электролизер), который подавал водород через сопло в смесительную камеру, а затем перемешанный с дополнительным атмосферным воздухом – во впускной патрубке и далее в рабочие цилиндры ДВС.

Предварительные испытания макетного образца показали его работоспособность, что подтвердили сравнительные графики (рис. 3) относительного расхода водорода к основной массе базового топлива при различной нагрузке ДВС.

Таким образом в предложенном устройстве для подачи и регулирования состава топливоздушнoй смеси в двигателе внутреннего сгорания (ДВС) обеспечивается активное смесеобразование компонентов, входящих в ТВС, когда дополнительные дозы топлива (водорода) и атмосферного воздуха смешиваются с воздухом, необхо-

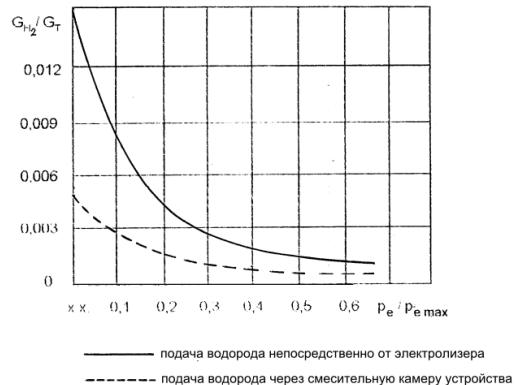


Рис. 3. Зависимость относительного расхода водорода к основной массе базового топлива  $G_{H_2}/G_T$  при различной нагрузке ДВС

димым для сгорания. При этом происходит максимальное дробление этих частиц и их перемешивание с основным воздушным потоком для однородности смеси по содержанию воздуха и топливных частиц.

На данное техническое решение авторами был получен патент на изобретение № 561 «Устройство для подачи и регулирования состава топливно-воздушной смеси в двигатель внутреннего сгорания».

### Цитированная литература

1. **Абрамчук, Ф. И.** Влияние добавки водорода к природному газу на свойства смесового топлива / Ф. И. Абрамчук, А. Н. Кабанов,

- Г. В. Майстренко). – Текст : электронный // Автомобильный транспорт. – 2009. – № 24. – С. 45–49. – URL: <https://studylib.ru/doc/2023142/vliyanie-dobavki-vodoroda-k-prirodnomu-gazu-na> (дата обращения : 11.04.2024).
2. **Брызгалов, А. А.** Добавка водорода в метановоздушную смесь газового двигателя / А. А. Брызгалов, А. П. Шайкин. – Текст : электронный // Международный научный симпозиум «Авотракторостроение – 2009». – Москва : МГТУ, 2009. – С. 25–33. – URL: [https://www.elibrary.ru/ip\\_restricted.asp?rpage=https %3A %2F %2Fwww %2Eelibrary %2](https://www.elibrary.ru/ip_restricted.asp?rpage=https%3A%2F%2Fwww%2Eelibrary%2) (дата обращения : 11.04.2024).
3. **Вагнер, В. А.** Улучшение экономических и экологических характеристик дизелей методом насыщения жидкого топлива водородом : специальность 05.04.02 «Тепловые двигатели»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Барнаул, 1984. – URL: <https://www.dissercat.com/content/uluchshenie-ekonomicheskikh-i-ekologicheskikh-kharakteristik-dizelei-metodom-nasyshcheniya-z> (дата обращения : 11.04.2024). – Текст : электронный.
4. **Донченко, В. К.** Экологическая безопасность атмосферы города и автотранспорт / В. К. Донченко. – URL: <https://energy-congress.ru/bitrix/templates/congress-energy/docs/doklady2021.pdf> (дата обращения : 11.04.2024). – Текст : электронный.
5. Система питания для двигателя внутреннего сгорания : патент SU 1 636 574 A1, опубликовано: 23.03.1991, бюл. № 11. – URL: [https://yandex.ru/patents/doc/SU1636574A1\\_19910323](https://yandex.ru/patents/doc/SU1636574A1_19910323) (дата обращения: 11.04.2024). – Текст : электронный.
6. Способ совершенствования процесса сгорания топлива в двигателе внутреннего сгорания и система для его осуществления: патент RU 2 167 317 C2, опубликовано: 20.05.2001, бюл. № 14. – URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2167317C2\\_20010520](https://yandex.ru/patents/doc/RU2167317C2_20010520) (дата обращения : 11.04.2024). – Текст : электронный.
-

УДК 621.311

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКОВ МОЩНОСТИ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ГОЛОЛЕДНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ В СЕТИ 110 кВ РЕСПУБЛИКАНСКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

М. А. Стоян, Д. А. Зайцев

Целью исследования является изучение возможностей использования фазопоротных трансформаторов (ФРТ) для борьбы с гололедом на проводах воздушных линий (ВЛ). Поставленная цель достигнута в ходе проведения расчётных экспериментов, моделирующих установку ФРТ на различных участках сети в режимах профпрогрева и плавки гололеда. Полученные результаты доказали техническую эффективность предложенного метода борьбы с гололедом в сети 110 кВ ПМР.

**Ключевые слова:** плавка гололеда, ФРТ, профпрогрев, гололедно-ветровая нагрузка.

## INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF FORCED REDISTRIBUTION OF POWER FLOWS TO PREVENT ICY DAMAGES IN THE 110 kV NETWORK OF THE REPUBLICAN ENERGY SYSTEM

М. А. Stoyan, D. А. Zaitsev

The purpose of investigation is to study the possibilities of using phase-reversal transformers (PRT) to combat ice on overhead line wires. This goal was achieved during computational experiments simulating the installation of PRT on various sections of the network in the modes of professional heating and melting of ice. The results obtained proved the technical effectiveness of the proposed method of combating ice in the 110 kV PMR network.

**Keywords:** ice melting, PRT, professional heating, icy-wind load.

При эксплуатации линий электропередач в некоторых северных и горных районах зимой возникают проблемы с обледенением линий и других сооружений. Высокая влажность, ветра и резкие перепады температуры воздуха способствуют образованию наледи на проводах и воздушных линиях. При этом вес ледяного

кабеля увеличивается в несколько раз, а толщина ледяного покрова иногда достигает 100 мм. Наличие льда вызывает дополнительные механические нагрузки на все участки воздушных линий.

При значительных отложениях льда возможны обрывы проводов, повреждение кабелей, арматуры, изоляторов и даже

---

Для цитирования: Стоян, М. А. Исследование возможности принудительного перераспределения потоков мощности для предотвращения гололедных повреждений в сети 110 кВ республиканской энергосистемы / М. А. Стоян, Д. А. Зайцев. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 75–79. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.

опор воздушных линий. Гололед может образовываться вдоль фазных линий довольно неравномерно, из-за этого свисающие стрелки проводов могут отличаться на несколько метров. Неравномерное обледенение фазных проводов приводит к разным значениям стрелок отклонения, а также неравномерное выделение льда при таянии вызывает «скачок» отдельных проводов, что может повлечь за собой перекрытие воздушной изоляции [1].

В настоящее время обледенение проводов делится на четыре группы:

1) обледенение, образующееся в результате сублимации водяного пара (иней и кристаллическая изморозь);

2) образование льда в результате выпадения осадков и замерзания переохлажденной воды (гранулированный иней и наледь);

3) обледенение в результате выпадения осадков и замерзания мокрого снега;

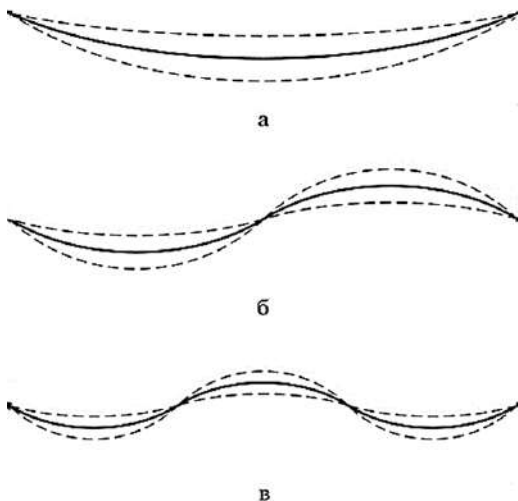


Рис. 1. Виды пляски проводов в пролете:

а – однополуволновая;

б – двухполуволновая;

в – трехполуволновая [3]

4) сложное образование наледи (несколько слоев инея и наледи).

Различные виды вибраций проводов также приводят к аварийным ситуациям в воздушной линии. Наиболее распространенными являются вибрационный танец и танец на проволоке (далее – пляска) [2].

Пляска – наиболее опасная вибрация проводов ВЛ, вызываемая ветром при наличии наледи на проводе. Также существуют случаи вибрации проводов ВЛ без наличия ледяных отложений, например, под воздействием косых ветров, направленных под острым углом к воздушным линиям, при сильных проливных дождях и т. д. В настоящее время одной из наиболее актуальных проблем при эксплуатации воздушных линий является снижение интенсивности «пляски» до безопасного значения и ее устранение. Возможные варианты пляски проводов продемонстрированы на рис. 1.

Сетевые компании и потребители несут огромные убытки, а восстановление поврежденной электропроводки является дорогостоящим и трудоемким процессом. Поэтому ряд компаний и организаций по всему миру активно проводят исследования и разработки методов для борьбы с гололедом на линиях электропередач [4, 5].

### Исходные данные для исследования

Для исследования взята энергосеть 110 кВ ПМР.

Наибольшая вероятность появления гололеда в нашем регионе возможна при температуре воздуха от  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $0^{\circ}\text{C}$  и скорости ветра от 5 до 10 м/с.

Для профпрогрева и плавки гололеда рассмотрен участок сети, представленный на рис. 2.

Для профпрогрева и плавки гололеда необходимо линии, отходящие от шины ХБК 110 кВ, разделить на отдельные контуры. В результате получим:

- 1 контур состоит из линий: ХБК110 – Днестровск1 – Кицк – Зак.Сл 1 – Бен-Ю, (ХБК110 – ГКС2 – Бен-Ю сечением АС 150/19;

- 2 контур состоит из линий: ХБК110 – Днестровск2 – Зак.Сл2 – Парк-Бенд.ц – О.Прот-2 – Бен.3 – БенЗапНов1 – Борис2 – Варница-2, ХБК110 – Малаешты 1 – Береговая – Варн-1 – Варница-2, ХБК110 – Бл.Хут1 – Н.Влад–Варница-2 сечением АС 150/19;

- 3 контур состоит из линий: ХБК110 – О.Б.Хут2 – Григориоп1, ХБК110 – о.malaesty – Черница – О.Вин – Таш – Григориоп1, ХБК110 – Тир1рез – Григориоп2 – Григориоп1 сечением АС 150/19;

- 4 контур состоит из линий: ХБК110 – Тир.2 – ГКС1 – Фрунзе2 – Н-Кот – Пер-

вом2 – Неэ2 – МГРЭС110, ХБК110 – Су-кляя – Слободз-1 – Красн – МГРЭС110, ХБК110 – Тир1 – Фрунзе1 – Перв1 – МГРЭС110 сечением АС 185/24;

- 5 контур состоит из линий: ХБК110 – ХБК330-2 – ОтпХБК330-2 – МГРЭС330, ХБК110 – ХБК330-1 – ОтпХБК330-1 – МГРЭС330 сечением АС 150/19.

### Определение системного эффекта при внедрении ФРТ

#### в зимний минимум нагрузки

Для определения системного эффекта при внедрении фазоворотного трансформатора (ФРТ) в энергосистему ПМР использована модель, созданная в программном комплексе RastrWin3. Задача основана на анализе возвратных токов, получающихся в линиях электропередач 110 кВ.

В процессе работы устанавливаем ФРТ в ЛЭП 110 кВ. При данном напряжении характеристики ФРТ составляют:  $R_{ФРТ} = 0,5 \text{ Ом}$ ;  $X_{ФРТ} = 30 \text{ Ом}$ . ФРТ устанавливается в одну из линий контура на участке ЛЭП, отходящей от шины ХБК 110 кВ. Далее производится расчет

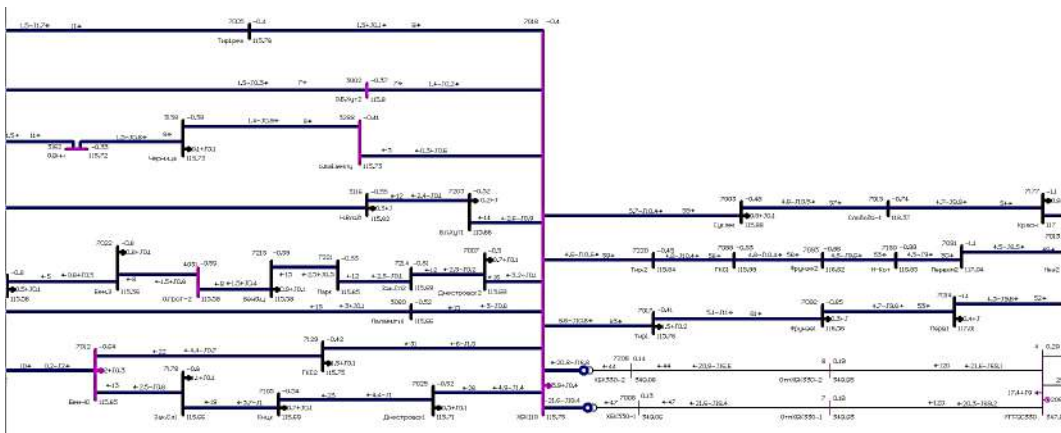


Рис. 2. Участок сети 110 кВ от подстанции ХБК

режимов в диапазоне изменения угла  $\Psi_{ФРТ} = -60^\circ \div +60^\circ$  с шагом  $10^\circ$ .

Производим расчет для 1 контура. Зафиксированные изменения токов приводятся в табл. 1 и табл. 2.

При рассмотрении получившихся результатов получаем, что интервалы профпрогрева и плавки при толщине 10 мм для линии ХБК110 – Днестровск1 – Кицк – Зак.Сл1 – Бен.Ю составляют

$-45^\circ \div -25^\circ$  и  $+25^\circ \div +45^\circ$ , тогда как интервал плавки при толщине 20 мм составляет  $-45^\circ \div -30^\circ$  и  $+30^\circ \div +45^\circ$  (рис. 3).

Из приведенного графика следует, что интервалы профпрогрева и плавки при толщине 10 мм для линии ХБК110 – ГКС2 – Бен.Ю составляют  $-45^\circ \div -25^\circ$  и  $+25^\circ \div +45^\circ$ , тогда как интервал плавки при толщине 20 мм составляет  $-45^\circ \div -30^\circ$  и  $+30^\circ \div +45^\circ$ , как представлено на рис. 4.

Таблица 1

Изменения токов (диапазон  $-60^\circ \div 0^\circ$ )

$\Psi_{ФРТ}$	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0
уч. ХБК110 – Днестровск1	1313	1127	924	702	471	231	10
уч. Днестровск1 – Кицк	1316	1130	927	705	474	235	8
уч. Кицк – Зак.Сл1	1319	1134	930	709	477	238	5
уч. Бен.Ю – Зак.Сл1	1326	1140	936	715	483	244	5
уч. ХБК110 – ГКС2	597	524	441	348	249	144	38
уч. Бен.Ю – ГКС2	590	517	434	340	241	137	30

Таблица 2

Изменения токов (диапазон  $0^\circ \div 60^\circ$ )

$\Psi_{ФРТ}$	0	10	20	30	40	50	60
уч. ХБК110 – Днестровск1	10	253	490	722	943	1146	1331
уч. Днестровск1 – Кицк	8	250	487	719	940	1143	1328
уч. Кицк – Зак.Сл1	5	246	484	715	937	1140	1325
уч. Бен.Ю – Зак.Сл1	5	240	478	710	931	1134	1319
уч. ХБК110 – ГКС2	38	70	176	279	376	463	541
уч. Бен.Ю – ГКС2	30	79	185	287	384	471	549

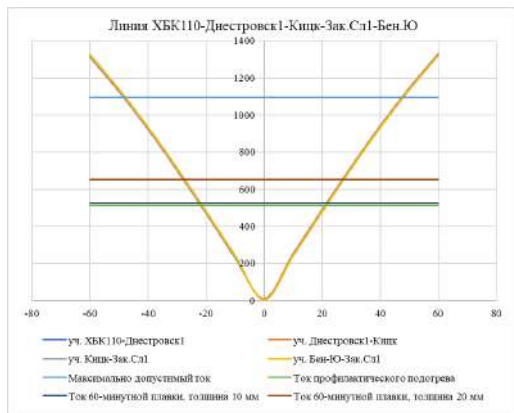


Рис. 3. Линии

ХБК110 – Днестровск1 – Кицк – Зак.Сл1 – Бен.Ю

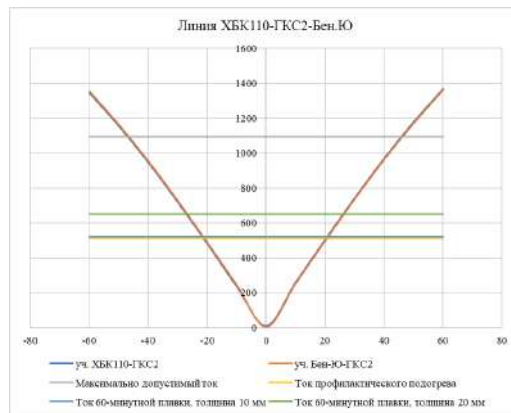


Рис. 4. Линии ХБК110 – ГКС2 – Бен.Ю

Аналогичным образом произведены расчеты для контуров с подстанцией «Рыб. 110 кВ» и «Дуб.».

### Заключение

Для каждого места установки ФРТ указаны возможные схемы плавления ВЛ 110 кВ. С помощью программного обеспечения RastrWin3 были построены модели, которые позволили провести вычислительные эксперименты, иллюстрирующие возможность использования ФРТ для плавления льда и профилактического обогрева. На основании результатов рассчитывается требуемый угловой диапазон ФРТ, который составляет в среднем  $-45^\circ \div -30^\circ$  и  $+30^\circ \div +45^\circ$ . Полученные расчеты показывают, что использование ФРТ позволяет осуществлять плавку льда и профпрогрев на большей части сети ПМР 110 кВ.

### Цитированная литература

1. Автоматическая система удаления льда с проводов линий электропередач / В. А. Соловьев, С. П. Черный, С. И. Сухоруков, В. М. Ко-

зин. – Текст : электронный. – URL : <http://www.sworld.com.ua/simpoz2/72.pdf> (дата обращения: 16.02.2024).

2. **Jie-Bang Yan.** L-Band Radar Sounder for Measuring Ice Basal Conditions and Ice-Shelf Melt Rate / Yan Jie-Bang, Gogineni Prasad, O'Neill Charles. – Текст : электронный // International Geoscience and Remote Sensing Symposium. – 2018. – URL : <https://ieeexplore.ieee.org/document/8518210> (дата обращения: 09.02.2024).

3. **Елизарьев А. Ю.** Обеспечение надежности работы воздушных линий электропередачи в условиях гололедных нагрузок / А. Ю. Елизарьев. – Томск, 2017. – 18 с. – Текст : непосредственный.

4. **Zasytkin, A.** Centralize ice melting controlled system / A. Zasytkin, A. Shchurov. – Текст : электронный // International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). – 2016. – URL : <https://ieeexplore.ieee.org/document/7911017> (дата обращения: 29.01.2024).

5. **Korovkin, N.** Ice-Melting process modeling on transmission lines / N. Korovkin, V. Goncharov, N. Silin. – Текст : электронный // International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). – 2017. – URL : <https://ieeexplore.ieee.org/document/8076411> (дата обращения: 19.02.2024).

УДК 621.22.018.8

## ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД МЕЖФАЗНОЙ ТОКОВОЙ ОТСЕЧКИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛЭП 110 кВ

*М. В. Киорсак, Н. Н. Туртурика*

*Представлены результаты разработки лабораторного стенда для межфазной токовой отсечки для защиты ЛЭП мощностью 110 кВ. Описаны структура, технические данные и условия работы, а также основные элементы конструкции. Лабораторный стенд представляет собой ценный инструмент для обучения и практического применения в области релейной защиты электроэнергетических систем.*

**Ключевые слова:** межфазная токовая отсечка, ЛЭП 110 кВ, релейная защита, технические данные, стенд.

## LABORATORY SETUP FOR INTERPHASE CURRENT INTERRUPTION FOR 110 kV POWER TRANSMISSION LINES PROTECTION

*M. V. Kiorsak., N. N. Turturica*

*Presents the results of the development of a laboratory setup for interphase current interruption for the protection of 110 kV power transmission lines. It describes the structure, technical specifications, operating conditions, and key design aspects. The laboratory setup is a valuable tool for education and practical application in the field of relay protection of power systems.*

**Keywords:** phase current cutoff, 110 kV power transmission line, protection relay, technical specifications, test bench

С развитием энергетики возрастает важность надежной и эффективной защиты электроэнергетических систем [1]. В данной статье представлен обзор макета межфазной токовой отсечки для защиты линии электропередачи (ЛЭП) мощностью 110 кВ. Макет предназначен для практического обучения и ознакомления с принципом действия реле, методами испытаний, а также основными техническими характеристиками и условиями эксплуатации. Подробное описание конструкции, структурной схемы и функ-

ционала стенда предоставляет возможность студентам и специалистам в области энергетики приобрести практические навыки в области релейной защиты и обслуживания электроэнергетических систем [2].

### Описание макета межфазной токовой отсечки для защиты ЛЭП мощностью 110 кВ

Макет межфазной токовой отсечки разработан с целью практического ознакомления с его конструкцией, принципами

---

Для цитирования: **Киорсак, М. В.** Лабораторный стенд межфазной токовой отсечки для защиты ЛЭП 110 кВ / М. В. Киорсак, Н. Н. Туртурика. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 80–85. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.



работы, методами испытания реле, схемами включения трансформаторов тока и реле, а также схемами защиты. Его использование позволяет приобрести навыки по настройке уставок реле и релейных защит [3].

В макет (лабораторный стенд) включен комплект резервной защиты от межфазных замыканий типа «короткое замыкание (КЗ) 9/2» [4]. При исследовании комплекта защиты на стенде можно создавать различные виды повреждений: КЗ между фазами *A* и *B*, КЗ между фазами *B* и *C*, КЗ между фазами *C* и *A*. Это позволяет отследить поведение защиты и измерить время ее реакции от момента начала короткого замыкания до момента срабатывания защиты на выключатель.

Студентам предоставляется возможность самостоятельно подключать вторичные цепи трансформаторов тока к обмоткам токовых реле через амперметры, используя схему «неполная звезда» [5]. Затем, установив значение тока в первичной сети, можно измерить ток во вторичной цепи трансформаторов тока и определить коэффициент трансформации.

Конструкция стенда (рис. 1) предполагает возможность проверки настройки реле РТ-40 в его механической и электрической частях. Для обеспечения удобства, наглядности и безопасности работы с макетом предусмотрена сигнализация наличия напряжения, сигнализация включения и отключения выключателя силовой сети, сигнализация возникновения КЗ и сигнализация срабатывания защиты. Также реализована блокировка автоматического повторного запуска защиты после ее срабатывания.

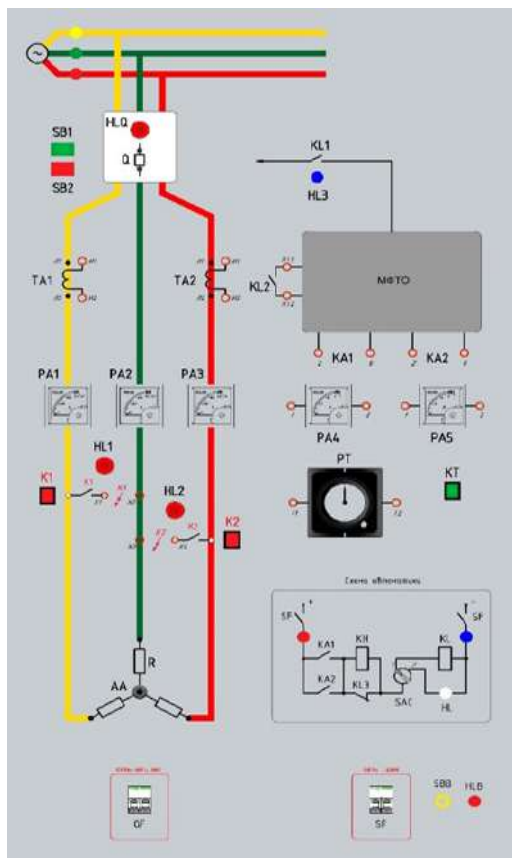


Рис. 1. Макет комплекта защит межфазной токовой отсечки

### Структурная схема макета межфазной токовой отсечки для защиты ЛЭП мощностью 110 кВ

Стенд для исследования комплекта защиты межфазной токовой отсечки (МФТО) состоит из шести основных элементов (рис. 2).

1. *Схема питания* включает в себя вводной автоматический выключатель; кабель; трансформатор 220/36; преобразователь переменного тока в постоянный; автоматический выключатель в цепи 36 В, питающий схему управления и сигнализации;

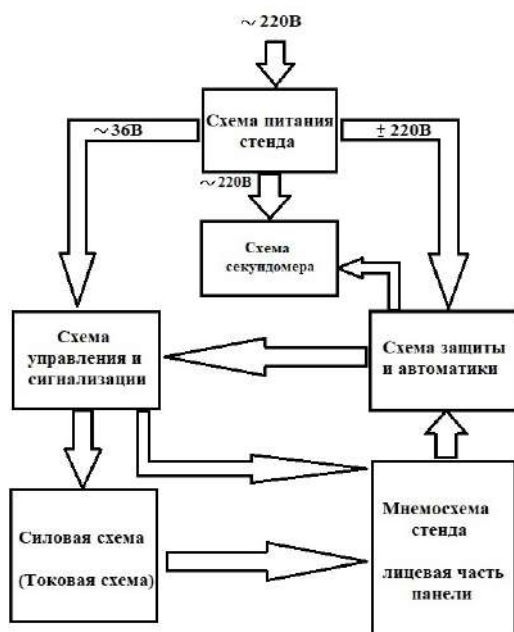


Рис. 2. Структурная схема макета стенда исследования МФТО

автоматический выключатель в цепи 220 В постоянного тока, питающий схему защиты и автоматики; автоматический выключатель в цепи 220 В переменного тока, питающий схему секундомера.

2. *Мнемосхема стенда* на лицевой части панели. Эта часть является блоком ввода/вывода параметров. Здесь задается задача, которую необходимо выполнить, параметры тока, порог срабатывания. Вся эта информация поступает в схему защиты и автоматики.

3. *Схема защиты и автоматики* (рис. 3). Данный блок в зависимости от того, какая задача поставлена от блока мнемосхемы, вырабатывает алгоритм решения и выдает его в блок управления и сигнализации [6].

4. *Схема управления и сигнализации*. Здесь происходит обработка сигналов, по-

ступивших от автоматики, и изменение параметров токовой схемы. Информация об изменениях в системе в виде сигнализации передается на мнемосхему стенда.

5. *Силовая схема или схема тока*. Реагирует на воздействующие сигналы и изменяем свои параметры, приводя их в соответствие с заданными. Информации об изменениях, произошедших в силовой схеме, передается на мнемосхему стенда.

6. *Схема секундомера* (рис. 4). В блоке производится замер времени действия защиты.

### Основные технические данные и условия работы

Питание стенда организовано с распределительного щита лаборатории через автоматический выключатель с дифференциальной защитой на  $I_{ном} = 16$  А, с  $\Delta I = 30$  мА. От распределительного щита к стенду проложен кабель ПВС  $3 \times 4$ .

Рабочее напряжение силовой части стенда  $\approx 36$  В. Максимальный ток нагрузки 5А. Организация сети 36 В выполнена с помощью трансформатора  $T 220/36$ . Для коммутации нагрузки в силовой цепи применяются промежуточные реле типа РЭК 78/4 10А 36В АС ТДМ.

Оперативные цепи защиты выполнены на постоянное напряжение – 220 В. Постоянное напряжение организуется с помощью выпрямительного моста  $VD$ . Для коммутаций в оперативных цепях защиты применяются промежуточные реле типа РП-23, РП-222 и РП-251.

Для исследования применяется комплект защит от межфазных коротких замыканий типа КЗ 9/2. Комплект состоит из

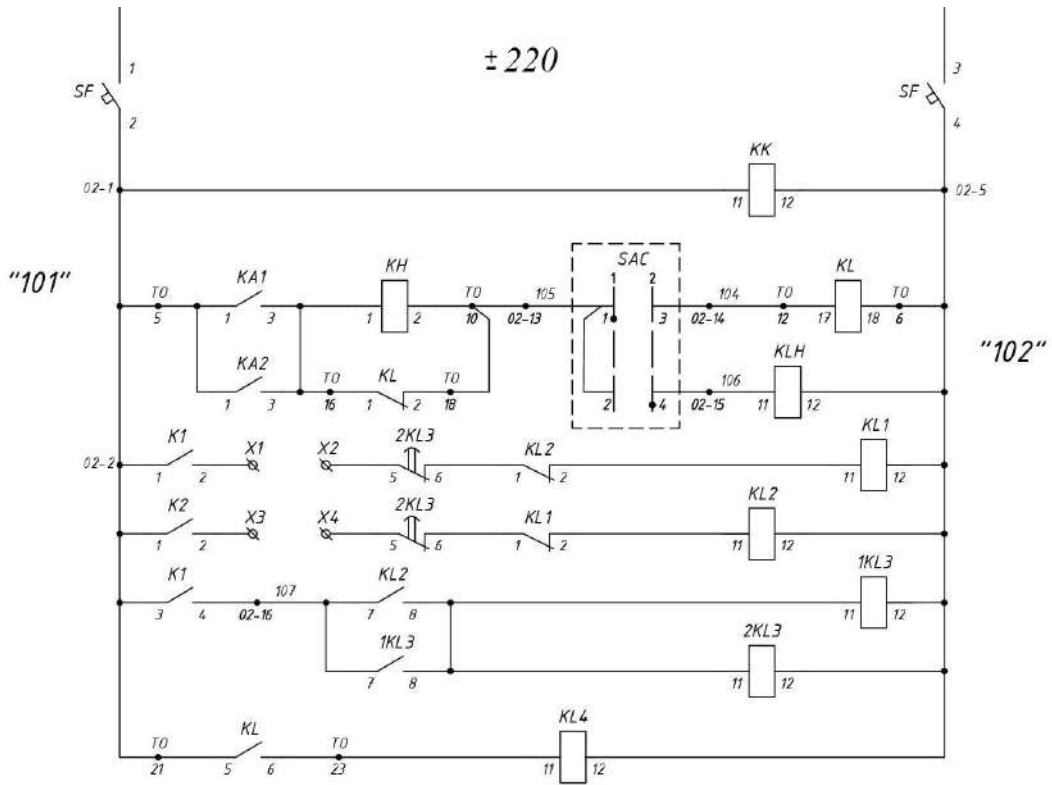


Рис. 3. Принципиально-монтажная схема защиты и автоматики стенда испытания комплекта МФТО

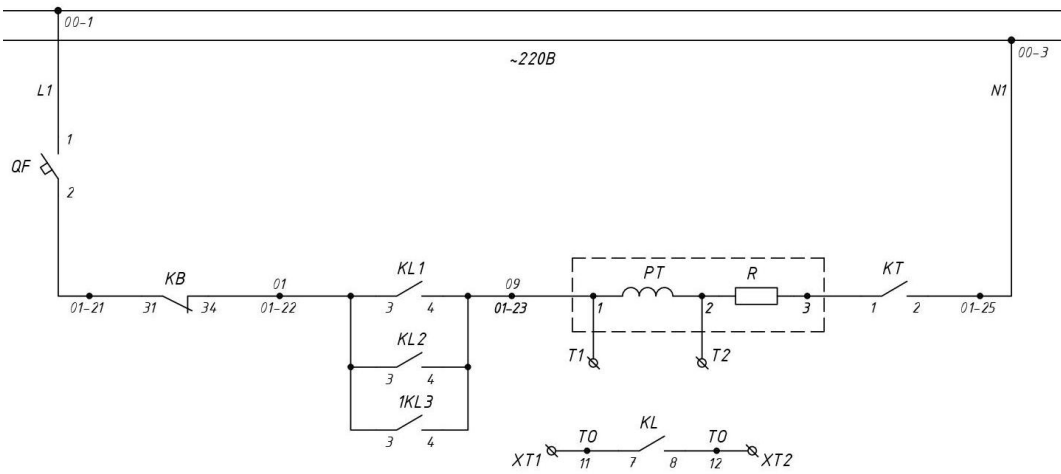


Рис. 4. Принципиально-монтажная схема цепей миллисекундомера

двух токовых реле серии РТ-40/6 с уставкой срабатывания от 1,5А до 6А; выходного промежуточного реле серии РП-250 и блинкера КН типа РУ-21.

Для измерения времени действия защиты используется миллисекундомер на напряжение  $\approx 220$  В.

### **Конструкция макета межфазной токовой отсечки для защиты ЛЭП мощностью 110 кВ**

Макет межфазной токовой отсечки выполнен в виде лабораторной панели, на которой изображена условная схема ЛЭП 110 кВ, подсоединенная к шинам подстанции через выключатель  $Q$  (см. рис. 1). Линия условно питает трехфазную симметричную нагрузку  $R$ . На линии на фазах А и С установлены трансформаторы тока, обозначенные на схеме ТА1 и ТА2, с коэффициентом трансформации 200/1. Для измерения тока в линии в каждую фазу врезан амперметр РА1, РА2 и РА3. Для измерения тока во вторичной цепи трансформаторов тока необходимо в цепь каждого из трансформаторов подключить амперметры РА4 и РА5 соответственно, которые расположены под комплектом защиты. Также во вторичную цепь трансформаторов тока следует подключить катушки токовых реле КА1 и КА2. Токовые цепи нужно собрать по схеме неполной звезды самостоятельно, с помощью проводов, соединяя выводы электрических элементов схемы. Выводы электрических элементов вынесены на лицевую сторону стенда с помощью проходных клемм.

Справа от мнемосхемы ЛЭП 110 кВ расположен исследуемый комплект межфаз-

ной токовой отсечки (МФТО). Из комплекта через проходные клеммы выведены начала КА1-2 (КА2-2) и конец КА1-8 (КА2-8) катушек токовых реле, а также контакт выходного реле КЛ2 на клеммы ХТ1 и ХТ2.

Для исследования МФТО необходимо создать аварийный режим в виде межфазного короткого замыкания. Для создания КЗ АВ следует проводом соединить клеммы Х1и Х2 и включить тумблер К1; для имитации КЗВС – проводом соединить клеммы Х3и Х4 и включить тумблер К2; для имитации КЗСА – проводом соединить клеммы Х1 и Х4 и включить тумблер К1. Ток в ЛЭП можно изменять с помощью регулятора тока АА. В нормальном режиме ток в линии не превышает 230 А, в режиме КЗ – 850 А.

Для измерения времени работы защиты на стенде установлен миллисекундомер РТ, который подключается в работу переключателем КТ. Пуск миллисекундомера происходит автоматически при создании аварийного режима, а остановка – при срабатывании выходного реле защиты  $KL$ . Выходное реле  $KL$  одним своим контактом  $KL1$  действует на отключение выключателя  $Q$ , другим контактом  $KL2$  действует на остановку миллисекундомера.

Для наглядности и безопасности на стенде применяются лампы сигнализации:

1) при включении выключателя  $QF$  подается питание на схему стенда, при этом на стенде загорятся три лампочки, расположенные на шинах подстанции (желтая, зеленая и красная);

2) о включенном положении выключателя 110 кВ  $Q$  укажет красная лампочка  $HLQ$ ;

3) при имитации КЗАВ загорится красная лампа *HL1*, при имитации КЗВС загорится красная лампа *HL2*, при имитации КЗСА загорятся красные лампы *HL1* и *HL2*;

4) при включении выключателя *SF* подается питание на схему защиты линии, при этом на стенде загорятся две лампочки, расположенные на шинках оперативного тока защит (красная, синяя);

5) на срабатывание выходного реле защиты *KL* укажет синяя лампочка *HL3*;

6) на срабатывание защиты укажет красная лампочка *HLB*;

7) белая лампочка *HL* сообщает о замыкании контактов токовых реле при их проверке.

### Выводы

1. Макет межфазной токовой отсечки представляет собой эффективный инструмент для практического обучения и ознакомления с релейной защитой энергетических систем.

2. Структурная схема и основные компоненты макета обеспечивают понятное и наглядное представление о принципах работы реле и методах испытаний.

3. Цели и задачи практического обучения, определенные для макета, направлены на развитие профессиональных навыков в области релейной защиты.

4. Возможность имитации различных видов повреждений и измерения времени срабатывания защиты позволяют студентам и специалистам проводить практические эксперименты и углублять свои знания.

5. Применение макета в образовательных и инженерных целях обеспечивает

высокий уровень подготовки специалистов и повышает надежность работы энергетических систем.

6. Макет межфазной токовой отсечки является важным инструментом для обучения и практического применения в области электроэнергетики, способствуя повышению квалификации специалистов и обеспечению безопасности и надежности работы энергетических систем.

### Цитированная литература

1. **Agheli, B.** Design of an Overcurrent Protection Relay Based on Electronics Technology / B. Agheli, A. Kalami, A. Amini. – Текст : электронный // 2021 28th International Conference on Mixed Design of Integrated Circuits and System. – Lodz, 2021. – P. 211–216. – doi: 10.23919/MIXDES52406.2021.9497582.

2. **Андреев, В. А.** Релейная защита и автоматика систем электроснабжения : учебное пособие / В. А. Андреев. – Москва : Высшая школа, 2006. – 639 с. – Текст : непосредственный.

3. **Беркович, М. А.** Основы техники релейной защиты / М. А. Беркович. В. В. Молчанов, В. Л. Семенов. – 6-е изд., перераб. и доп. – Москва : Энергоатомиздат, 1984. – 376 с. – Текст : непосредственный.

4. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ-6, ПУЭ-7. – Новосибирск, 2015. – 464 с. – Текст : непосредственный.

5. **Сибикин, М. Ю.** Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок : учебное пособие / М. Ю. Сибикин, Ю. Д. Сибикин. – Москва : Директ-Медиа, 2014. – 463 с. – Текст : непосредственный.

6. **Федосеев, М. А.** Релейная защита электроэнергетических систем : учебное пособие / М. А. Федосеев. – Москва : Энергоатомиздат, 1992. – 528 с. – Текст : непосредственный.

УДК 544.018.4

## ФИЗИКОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦИТРАТНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА С ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ КОМПОНЕНТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ Fe-W ПОКРЫТИЙ

Е. А. Яхова, Д. Э. Ладыгина

*Исследована зависимость удельной электропроводности цитратного электролита Fe-W от температуры и pH раствора. Также исследована зависимость удельной электропроводности и буферной емкости цитратного электролита Fe-W (pH = 6,8) от времени его хранения. Показано, что в первые дни после приготовления раствора удельная электропроводность и буферная емкость преимущественно уменьшаются, что свидетельствует об изменении состава раствора. В частности, со временем в цитратном растворе Fe-W образуются комплексы Fe с цитратом. Показано, что цитратный раствор Fe-W представляет собой коллоидный раствор.*

**Ключевые слова:** электроосаждение, Fe-W покрытия, цитратный электролит, электропроводность, комплекс Fe с цитратом.

## PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF CITRATE ELECTROLYTE WITH A HIGH CONCENTRATION OF COMPONENTS USED TO OBTAIN NANOCRYSTALLINE Fe-W COATINGS

E. A. Yakhova, D. E. Ladygina

*The dependence of the specific electrical conductivity of the Fe-W citrate electrolyte on the temperature and pH of the solution was studied. The dependence of the specific electrical conductivity and buffer capacity of the Fe-W citrate electrolyte (pH = 6.8) on its storage time was also studied. It has been shown that over time, the specific electrical conductivity and buffer capacity mainly decrease in the first days after preparing the solution, which indicates a change in the composition of the solution. In particular, over time, Fe-citrate complexes are formed in the Fe-W citrate solution. It was shown that the Fe-W citrate solution is a colloidal solution.*

**Keywords:** electrodeposition, Fe-W coatings, citrate electrolyte, electrical conductivity, Fe complex with citrate.

Тонкие нанокристаллические пленки из сплавов вольфрама с металлами группы железа обладают уникальными свойствами (исключительной твердостью, износостойкостью, высокой коррозионной

стойкостью) и являются альтернативой электролитическому хромированию [1–9].

Важное место среди этих сплавов занимают Fe-W покрытия [10, 13–17], использование которых постоянно расширяется

Для цитирования: Яхова, Е. А. Физикохимические свойства цитратного электролита с высокой концентрацией компонентов, используемого для получения нанокристаллических Fe-W покрытий / Е. А. Яхова, Д. Э. Ладыгина. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 86–92. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.

[1, 2, 11, 13–17]. Для электролитического получения Fe-W сплавов в настоящее время пытаются использовать экологически чистые электролиты, в основном, нейтральные цитратные и глюконатные. В последнее время стали проводить исследования по осаждению Fe-W сплавов из цитратного электролита с высокой концентрацией компонентов в нейтральной среде (при pH = 6,8) [12]. Необходимо отметить, что электролитическое получение сплавов проводят при повышенных (60–80 °C) температурах [2, 5, 6, 11, 12, 14, 15, 18].

В работе [12] показано, что в цитратном электролите, содержащем соль двухвалентного железа, уже при его приготовлении происходит окисление Fe(II) до Fe(III). Окислителем этого процесса является не растворенный кислород, а цитратион. При pH = 6,8 концентрация Fe(III) в цитратном электролите после его приготовления была равна 92 %. Таким образом, в реальном электролите при pH = 6,8 железо в основном находится в окисленной форме, в виде Fe(III).

Для растворов железа (III) характерно протекание процессов гидролиза уже в слабокислых средах. В работе [19] показано, что в растворе соли железа (III) в кислой среде образуются гидроксокомплексы, и при pH > 3,5 начинается образование нерастворимого гидроксида Fe(OH)<sub>3</sub>, доля которого достигает 100 % при pH ≥ 7. Однако известно, что в цитратном электролите Fe-W при pH = 6,8 осадка не наблюдается. Это может свидетельствовать о протекании процессов комплексообразования в растворе, в частности ионов железа (III) и вольфрама с цитратом. Также

возможно в цитратном электролите Fe-W в нейтральной среде при pH = 6,8 происходит образование коллоидных частиц гидроксида Fe(OH)<sub>3</sub>, что важно знать для детального установления механизма процесса электроосаждения сплава Fe-W из цитратного электролита.

В целях практического использования цитратного электролита важно также знать, как физико-химические свойства данного электролита меняются со временем при его хранении, изменении температуры или pH раствора. В частности, очень важно знать, как меняется электропроводность раствора при его хранении и изменении температуры. От этого зависит подаваемое напряжение в электролитическую ванну при электрохимическом осаждении сплава, так как при этом необходимо учитывать падение напряжения на омическое сопротивление раствора.

### Методика эксперимента

Составы исследуемых электролитов (моль/л):

1) Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O – 0,4; FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O – 0,2; C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>·H<sub>2</sub>O – 0,17; Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub> (цитрат натрия) – 0,33;

2) FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O – 0,2; C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>·H<sub>2</sub>O – 0,17; Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub> (цитрат натрия) – 0,33.

Электролит 1 – это полный электролит, включающий как соль сульфата двухвалентного железа, так и вольфрамат натрия. Готовился он предварительным растворением сульфата железа в цитратном буферном растворе. И только потом добавляли уже растворенный отдельно вольфрамат натрия. Полученный таким образом раствор имел pH 6,8–6,9.

Данный электролит выдерживали в течение двух месяцев. При этом периодически измеряли электрическую проводимость раствора и его температуру. Также определяли зависимость удельной электропроводности цитратного электролита Fe-W от температуры и pH. Подщелачивание раствора осуществлялось путем добавления  $NaOH$ . Для подкисления раствора использовали  $H_2SO_4$  и лимонную кислоту. Буферную емкость цитратного электролита Fe-W определяли титрованием его  $10M NaOH$ . Титровали до изменения pH цитратного раствора Fe-W ровно на единицу. Концентрацию железа (III) в полученном цитратном электролите Fe-W определили фотоколориметрически по реакции с сульфосалициловой кислотой [20]. Оптическую плотность раствора измеряли с помощью прибора ФЭК при  $\lambda = 490$  нм.

С целью определения возможности существования коллоидных частиц в цитратном электролите Fe-W при pH = 6,8 измеряли оптические плотности растворов цитратного электролита Fe-W и цитратного электролита Fe различной концентрации, полученных путем разбавления. Измерения проводили с помощью при-

бора ФЭК при оптимальной длине волны  $\lambda = 315$  нм, в кюветах размером 10 мм. Заряд коллоидных частиц определяли методом капиллярного анализа [21].

### Результаты исследования и их обсуждение

Эксперименты показали, что с увеличением температуры удельная электропроводность цитратного электролита Fe-W при pH = 6,8 существенно увеличивается (рис. 1).

На основании экспериментальных данных был найден температурный коэффициент электрической проводимости для цитратного электролита Fe-W:  $\alpha = 0,02$ . Тогда уравнение зависимости удельной электропроводности цитратного раствора Fe-W (pH = 6,8) от температуры можно записать:

$$\chi_{T_2} = \chi_{T_1} \cdot [1 + 0,02(T_2 - T_1)].$$

На рис. 2 представлены экспериментальные данные зависимости удельной электропроводности цитратного электролита Fe-W (pH = 6,8) от времени его хранения. Экспериментальные данные представлены с учетом температурного коэффициента электропроводности.

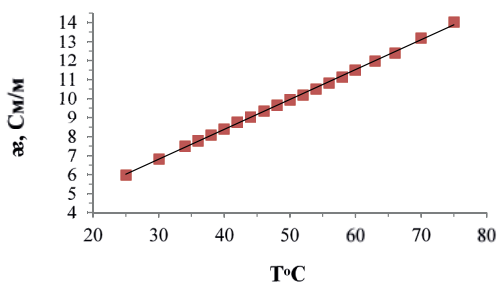


Рис. 1. Зависимость удельной электропроводности цитратного электролита Fe-W от температуры при pH = 6,8

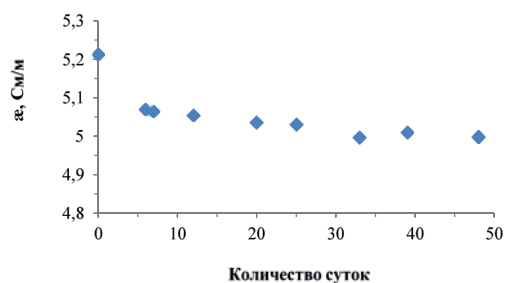


Рис. 2. Зависимость удельной электропроводности цитратного электролита Fe-W при pH = 6,8 от времени его хранения (T = 18 °C)



Было установлено, что при выдержке цитратного раствора Fe-W (pH = 6,8) в течение двух месяцев электропроводность в целом уменьшается незначительно. Более существенное уменьшение удельной электропроводности происходит только в первые дни после приготовления электролита. Затем электропроводность меняется незначительно.

Как показали эксперименты, буферная емкость цитратного электролита Fe-W также уменьшается со временем при хранении раствора (рис. 3). Причем достаточно существенное уменьшение буферной емкости происходит в течение 1 недели. При более длительном хранении буферная емкость меняется очень незначительно.

Причиной уменьшения буферной емкости и удельной электропроводности при хранении цитратного электролита Fe-W, вероятно, связано с образованием (преобразованием) комплексов с большей молекулярной массой, например, комплексов железа и вольфрама с цитрат-ионом. Это подтверждают эксперименты, связанные с подкислением цитратного электролита Fe-W лимонной кислотой (рис. 4).

Необходимо отметить, что подкисление проводили как с помощью серной кислоты, так и с помощью лимонной кислоты. Эксперименты показали, что при подкислении цитратного электролита Fe-W лимонной кислотой удельная электропроводность не увеличивается (как в случае с серной кислотой), а уменьшается. При подкислении цитратного электролита Fe (без W) лимонной кислотой удельная электропроводность также уменьшается (рис. 5). Это свидетельствует об образо-

вании комплексов Fe (и, возможно, W) с цитратом, в результате чего уменьшается количество свободных ионов и, следовательно, электропроводность раствора.

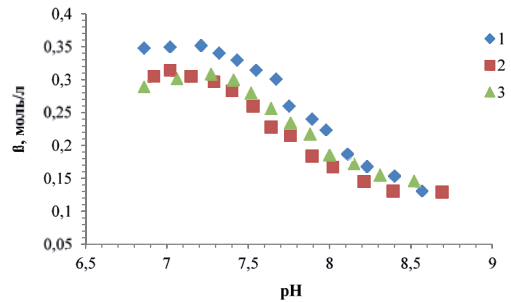


Рис. 3. Зависимость буферной емкости цитратного электролита Fe-W от pH (T = 20 °C) при его хранении 1 день (1), 1 неделю (2), 1 месяц (3)

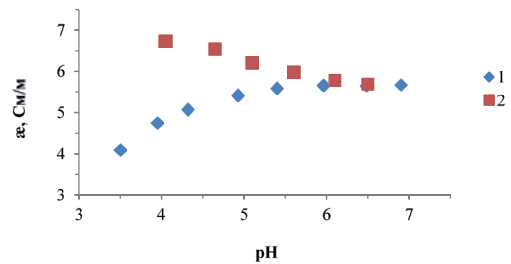


Рис. 4. Изменение удельной электропроводности цитратного электролита Fe-W при подкислении лимонной кислотой (1) и серной кислотой (2) при T = 25 °C)

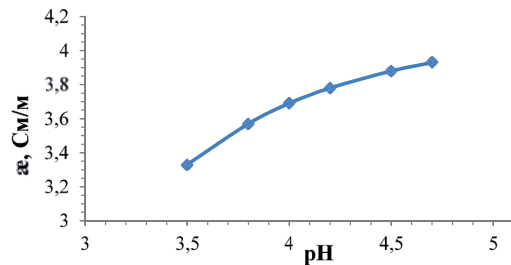


Рис. 5. Изменение удельной электропроводности цитратного электролита Fe при подкислении лимонной кислотой при T = 25 °C

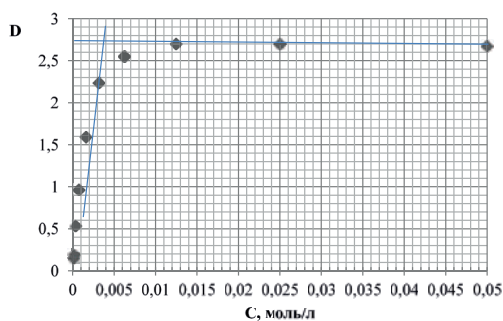


Рис. 6. Зависимость оптической плотности от концентрации цитратного электролита Fe-W (в расчете на ионы железа) при pH = 6,8 и T = 19 °C

Фотоколориметрическим методом [20] было определено количественное содержание Fe(III) в цитратном электролите Fe-W (через неделю после его приготовления). Содержание Fe(III) составило 98 %, что говорит о том, что в цитратном электролите происходит окисление Fe(II) до Fe(III), т. е. железо присутствует преимущественно в виде Fe(III).

Для растворов Fe(III) характерно протекание процессов гидролиза уже в слабокислой среде. При подщелачивании цитратного электролита Fe-W и цитратного электролита Fe до pH, равного 8–9, раствор становится грубодисперсным (в нем видны частицы гидроксида Fe(OH)<sub>3</sub>). Вероятно, что при pH = 6,8 цитратный электролит Fe-W (электролит 1) и цитратный электролит Fe (электролит 2) представляют собой коллоидные растворы. Об этом свидетельствуют эксперименты по определению оптической плотности этих растворов различной концентрации при pH = 6,8 и оптимальной длине волны (рис. 6 и 7).

Из рис. 6 и 7 видно, что на кривой зависимости имеется излом, который говорит об изменении свойств раствора, т. е.

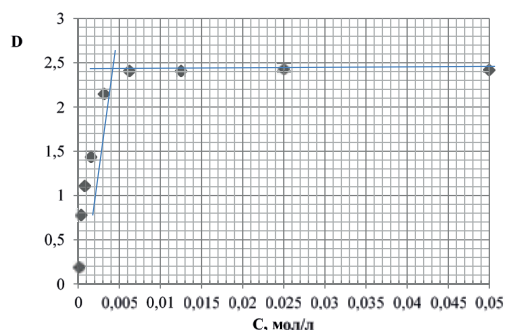


Рис. 7. Зависимость оптической плотности от концентрации цитратного электролита Fe (в расчете на ионы железа) при pH = 6,8 и T = 20 °C

об образовании коллоидного раствора. Вероятно, при pH = 6,8 в цитратном электролите Fe-W и в цитратном электролите Fe присутствуют коллоидные частицы гидроксида Fe(OH)<sub>3</sub>. Капиллярным методом было установлено, что коллоидные частицы имеют отрицательный заряд. Стабилизатором коллоидных частиц являются отрицательно заряженные ионы цитрата.

## Выводы

В ходе проведения исследования были сделаны следующие выводы:

1. Установлено, что электропроводность цитратного раствора Fe и W при pH = 6,8 существенно зависит от температуры. С увеличением температуры удельная электропроводность прямолинейно увеличивается.

2. Установлено, что при длительном хранении электропроводность цитратного раствора Fe и W (pH = 6,8) в целом уменьшается незначительно. Существенное уменьшение удельной электропроводности происходит только в первые дни после приготовления электролита.

3. Установлено, что при длительном хранении буферная емкость раствора

Fe-W (рН = 6,8) существенно уменьшается в течение первой недели. При более длительном хранении буферная емкость меняется незначительно.

4. Определено количественное содержание Fe(III) в цитратном электролите Fe-W (через неделю после его приготовления), которое при рН = 6,8 составляет 98 %. Это говорит о том, что в цитратном электролите Fe находится преимущественно в виде Fe(III).

5. Установлено, что цитратный электролит Fe-W (рН = 6,8) и цитратный электролит Fe (рН = 6,8) представляют собой коллоидный раствор, причем коллоидные частицы имеют отрицательный заряд.

### Цитированная литература

1. **Tsyntsar, N.** Modern trends in Tungsten alloys electrodeposition with Iron group metals / N. Tsyntsar, H. Cesiulis, M. Donten, J. Sort, E. Pellicer, E. J. Podlaha-Murphy // *Surf Eng Appl Elect.* – 2012 – V. 48(6) – P. 491–520.
2. **Eliaz, N.** Induced Codeposition of Alloys of Tungsten, Molybdenum and Rhenium with Transition Metals / N. Eliaz, E. Gileadi // *Modern Aspects of Electrochemistry.* 2008. – V.42. – P. 491–520.
3. Импульсное электроосаждение сплавов кобальт-вольфрам из цитратного электролита, их коррозионные характеристики / В. Кублановский, О. Берсирова, Ю. Японцева [и др.]. – Текст : непосредственный // *Фізико-хімічна мехашка матеріалів.* – 2007. – № 6. – С. 80–90.
4. **Tsyntsar N. I.** Composition, Structure and Corrosion Properties of Co-W Alloys Electrodeposited under Direct Current / N. I. Tsyntsar, S. S. Belevskii, G. F. Volodina, O. L. Bersirova, Yu. S. Yarpontseva, V. S. Kublanovskii, A.I. Dikumar // *Surf. Eng. Appl. Electrochem.* – 2007. – V. 43, № 5. – P. 312–317.
5. **Weston D. P.** Nanos tructured Co-W coatings produced by electrodeposition to replace hard Cr on aerospace components. / D. P. Weston, S. J. Haris, H. Capel, N. Ahmed, P. H. Shipway, J. M. Yellup // *Trans Inst Metal Finish.* – 2010. – V. 88 – P. 47–56.
6. **Tsyntsar N.,** Dikumar A. I., Cesiulis H. et al. Tribological and corrosive characteristics of electrochemical coatings based on cobalt and iron super alloys./ Tsyntsar N., Dikumar A. I., Cesiulis H. et al. // *Powder Metall Met. Ceram.* – 2009 – 48(7) – P. 419–428.
7. **Wang S.** Phase transformations and electrochemical characterizations of electrodeposited amorphous Fe-W coatings / S. Wang, C.eng, Yu. Ling et al. // *Surface and Coatings Technology.* – 2016 – V286. – P. 36–41. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2015.12.011>
8. **Баранов, С. А.** Кинетика электрохимической нанонуклеации при индуцированном соосаждении металлов группы железа с тугоплавкими металлами (W, Mo, Re). / С. А. Баранов, А. И. Дикусар. – Текст : электронный // *Электронная обработка материалов.* – 2021 – 57(5) – С. 1–12. – URL: <https://doi.org/10.52577/eom.2021.57.5.01>
9. **Tsyntsar N.** Tribological behavior of electrodeposited Cobalt-Tungsten coatings: dependence on current parameters. / N. Tsyntsar, S. Belevsky, A. Dikumar, J.-P. Celis. // *Trans Inst Metal Finish.* – 2008 – V.86, P.301–307.
10. **Gamburg Yu. D.** Electrodeposition, Structure, and Properties of Iron–Tungsten Alloys / Yu. D. Gamburg, E. N. Zahkarov, G. E. Goryunov. // *Russ. J. Electrochem.* – 2001. – 37. – P. 670–673.
11. **Cesiulis H.** Electrodeposition of Iron-group alloys in to nanostructured oxide membranes: Synthetic challenges and properties, Curr. / H. Cesiulis, N. Tsyntsar, E. J. Podlahaet al. // *Current Nanoscience* – 2018 –14. – P. 1–16.
12. Электроосаждение нанокристаллических Fe-W покрытий из цитратного электролита / С. С. Белевский, А. В. Готеляк, С. П. Ющенко, А. И. Дикусар. – Текст :

непосредственный // Электронная обработка материалов. – 2018. – V.54(5). – P. 31–42.

13. **Nicolenko A.** Fe (III)-Based Ammonia-Free Bath for Electrodeposition of Fe-W Alloys / A. Nicolenko, N. Tsynysaru, H. Cesiulis // J. Electrochem. Soc. – 2017. – 164 (9). D. 590–596.

14. **Mulone A.** In-depth characterization of as-deposited and annealed Fe-W coatings electrodeposited from glycolate-citrate plating bath / A. Mulone, A. Nicolenko., V. Hoffman, U. Klement // Electrochim. Acta, – 2018 – V. 261. – P. 167–177.

15. **Bobanova Zh. I.** Micromechanical and tribological properties of nanocrystalline coatings of iron-tungsten alloys electrodeposited from citrate-ammonia solutions / Zh. I. Bobanova, A. I. Dikusar, H. Cesiulis et al. // Russ. J. Electrochem. – 2009. – V. 45. – P. 895–901.

16. Анодное растворение поверхностных слоев как метод повышения микротвердости покрытий сплавами металлов группы железа с вольфрамом, получаемых индуцированным соосаждением / С. С. Белевский, А. В. Готеляк, С. Х. Ивашку. – Текст : электронный // Электронная обработка материалов. – 2023. – 59(3), С. 1–9. – URL: <https://doi.org/10.52577/eom.2023.59.3.01>.

17. **Данильчук, В. В.** Применение трековых мембран как сепараторов для разделения

анодного и катодного пространств при индуцированном оосаждении Fe-W покрытий из цитратной ванны / В. В. Данильчук. – Текст : электронный // Электронная обработка материалов, 2021, 57(2), С. 7–14. – URL: <https://doi.org/10.52577/eom.2022.58.6.37>

18. **Силкин, С. А.** Влияние температуры цитратного электролита на свойства Co-W покрытий / С. А. Силкин, С. А. Кусманов, А. С. Перков. – Текст : непосредственный // Электронная обработка материалов, 2023, 59(6), С. 8–17. – URL: <https://doi.org/10.52577/eom.2023.59.6.01>.

19. **Коробейникова, Е. Ю.** Гомолигандные и гетеролигандные комплексоны и дикарбоксилаты железа (III), кобальта (II) и никеля (II) в водных растворах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук / Е. Ю. Коробейникова. – Ижевск, 2015 – 151 с. – Текст : электронный. – URL: <https://www.dissercat.com/content/gomoligandnye-i-geteroligandnye-kompleksonaty-i-dikarboksilaty-zhelezaiii-kobaltaii-i-nikely>.

20. **Шарло, Г.** Методы аналитической химии / Г. Шарло. – Химия. – Москва, 1965. – С. 624–625 – Текст : непосредственный.

21. **Балезин, С. А.** Практикум по физической и коллоидной химии / С. А. Балезин // Москва : Просвещение, 1980. – С. 243 – Текст : непосредственный.

УДК 621.342.5

## КОМПОНОВКА И ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ЗАРЯДНО-ТРЕНИРОВОЧНОГО УСТРОЙСТВА В РЕЖИМЕ ДЕСУЛЬФАТАЦИИ ПЛАСТИН АКБ

А. И. Бучацкий, В. М. Лищенко, А. А. Лаврентьев

*Рассмотрены назначение основных типов аккумуляторных батарей, применяемых на различных транспортно-технологических средствах, способы зарядки и восстановления работоспособности АКБ, причины возникновения сульфатации пластин АКБ в процессе эксплуатации, способы выполнения десульфатации пластин АКБ, предложено простое зарядное устройство с электронным управлением зарядным током, выполненное на основе тиристорного фазоимпульсного регулятора мощности, используемое для десульфатации пластин аккумуляторных батарей.*

**Ключевые слова:** аккумуляторная батарея, сульфатация пластин АКБ, зарядное устройство, зарядный ток, выходное напряжение, десульфатация.

## LAYOUT AND APPLICATION OF TRANSFORMER CHARGING AND TRAINING DEVICE IN BATTERY PLATE DESULFATION MODE

A. I. Buchatsky, V. M. Lishchenko, A. A. Lavrentiev

*The purpose of the main types of accumulator batteries used on various transport and technological means, methods of charging and restoring the operability of the battery, causes of sulfation of the battery plates during operation, methods of desulfation of the battery plates are considered, a simple charging device with electronic control of the charging current, made on the basis of a thyristor phase-switched power regulator, used for desulfation of the battery plates, is proposed.*

**Keywords:** accumulator battery, battery plates sulfation, charger, charging current, output voltage, desulfation.

Автомобильная кислотная батарея (АКБ) – тип электрической аккумуляторной батареи, применяемый на любых типах транспортно-технологических средств, используемых в АПК, автомобильном или мототранспорте. Используется в качестве вспомогательного источника электроэнергии в бортовой сети при неработающем двигателе и для запуска двигателя.

Свинцово-кислотные АКБ обладают уникальным свойством автоматической остановки заряда и резкого роста напряжения, как и резкого падения зарядного тока при полном заряде. Значительным преимуществом является также ее относительная безопасность при разрушении.

До конца 1940-х годов практически на всех автомобилях использовалось электро-

Для цитирования: Бучацкий, А. И. Компоновка и применение трансформаторного зарядно-тренировочного устройства в режиме десульфатации пластин АКБ / А. И. Бучацкий, В. М. Лищенко, А. А. Лаврентьев. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 93–100. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.

оборудование номинальным напряжением 6 В, а в настоящее время аккумуляторы с напряжением 6 В применяются только в легкой мототехнике.

На всех легковых автомобилях, большинстве грузовых автомобилей и автобусов с бензиновыми двигателями, а также в большинстве мотоциклов применяются аккумуляторы с напряжением 12 В.

На большинстве моделей комбайнов, тяжелых тракторов и грузовых автомобилей, на автобусах с дизельными двигателями, троллейбусах, трамваях и на военной технике с дизельными двигателями используются аккумуляторные батареи с напряжением 24 В [1].

Зарядные устройства для автомобильных аккумуляторов разделяются на два вида: трансформаторные и импульсные. Трансформаторные зарядные устройства позволяют производить зарядку АКБ тремя способами:

– зарядка постоянным током. Осуществляется посредством подключения к ресурсу тока постоянной силы. Производя зарядку в таком режиме АКБ можно зарядить полноценно до 100 %, однако присутствуют риски либо чересчур долгого заряда батареи, либо быстрого, но неполноценного в случае неправильно выставленного тока;

– зарядка постоянным напряжением. При этом способе аккумулятор достаточно быстро заряжается на 90–95 %, однако при этом сильно нагревается, так как в начале осуществления заряда применяется ток значительной силы;

– комбинированная зарядка. Последний способ отличается наименьшим ко-

личеством негативных эффектов, возникающих при использовании, в связи с чем многие владельцы зарядных устройств отдают свое предпочтение именно ему. Зарядка производится в два этапа: сначала применяется постоянный ток, но как только напряжение достигает указанного заряда продолжается при стабильном постоянном напряжении [2].

Зарядное устройство должно иметь возможность регулирования напряжения в пределах 12,0–14,4 В.

Необходимое напряжение зависит от уровня заряженности аккумулятора. Чем сильнее разряжен аккумулятор, тем ниже оно будет.

Максимальное значение зарядного тока для свинцово-кислотного аккумулятора устанавливается в зависимости от емкости аккумулятора. Например, при зарядке АКБ постоянным напряжением 14,4 В до достижения емкости 80 % от номинальной значение максимального зарядного тока  $I$  определяется формулой:

$$I = (0,8 \times C) / 10,$$

где  $C$  – емкость аккумулятора в ампер-часах.

Зарядные устройства для автомобильных аккумуляторов с десульфатацией – особым циклом зарядки и разрядки – помогают избавиться от сульфата свинца, который образуется на пластинах аккумулятора в результате погодных условий или глубокой разрядки, избежать снижения электролитной плотности и общей емкости АКБ.

Одной из наиболее критичных проблем, возникающих в процессе эксплуатации АКБ, является такое явление, как сульфатация пластин АКБ, которая воз-

никает при нарушении режимов зарядки АКБ, правил эксплуатации АКБ, а также в АКБ, исчерпавших свой функциональный ресурс.

На рис. 1 показан пример сульфатации пластин аккумулятора.

Сульфатация пластин АКБ – явление, в результате которого на рабочих поверхностях аккумуляторных пластин вследствие химических процессов при разряде АКБ образуется сернокислый свинец  $PbSO_4$ .

В процессе разряда в АКБ химическая реакция протекает в соответствии с уравнением  $Pb + 2H_2SO_4 + PbO_2 \rightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$ , из которого следует, что под воздействием серной кислоты  $H_2SO_4$  свинец  $Pb$ , из которого изготовлена пластина, вступает в реакцию с оксидом свинца  $PbO_2$ , покрывающим соседнюю пластину, разделенную с первой специальным материалом (сепаратором), образуя сульфат свинца и воду.

В режиме заряда под воздействием тока подобная реакция протекает в обратном порядке:



Теоретически процесс разряда – заряда обратим, что позволяет перезаряжать аккумулятор множеством циклов. Но на практике это не совсем так. Обратная реакция происходит не полностью, что приводит к отложению части сульфата на пластине. Этот процесс со временем ускоряется, снижая емкость батареи и приводя АКБ в негодность.

Известно, что  $PbSO_4$  является плохим проводником, в результате чего внутреннее сопротивление окисленной пластины  $R_{\text{пласт}}$  увеличивается, а зарядный ток  $I_{\text{зар}}$

и, следовательно, эффективность заряда – снижаются.

Кроме того, сульфат свинца забивает пластины, уменьшая их рабочую поверхность, уменьшает плотность электролита приблизительно до  $1,05 \dots 1,07 \text{ г/см}^3$  при нормальной плотности электролита в АКБ, например, легкового автомобиля –  $1,27 \text{ г/см}^3$  [3].

Решить проблему можно только с помощью очень сильных разъедающих веществ, потенциально опасных для здоровья.

Десульфатацию пластин АКБ можно выполнить специальным зарядным устройством, однако при этом есть особенности соблюдения зарядно-тренировочного алгоритма зарядки.

В настоящей работе мы предлагаем доработать и применять трансформаторное тиристорное зарядно-тренировочное устройство, выходной ток которого близок к импульсному, для работы в режиме десульфатации пластин АКБ.

Импульсный характер зарядного тока необходим для обеспечения возможности при заряде АКБ воздействовать на процесс короткими импульсами при напряже-



Рис. 1. Пример сульфатации пластин аккумулятора

нии с высокой амплитудой, в результате чего возбужденные ионы у поверхности пластин АКБ должны разрушать осадок сульфата свинца.

Известно, что сульфат свинца образуется и при обычных эксплуатационных циклах заряда/разряда, однако кристаллы, в виде которых он образуется, имеют небольшой объем и растворяются. Но при нарушении режимов заряда, кристаллы сульфата свинца могут иметь большие размеры, занимать значительные площади пластин, в результате чего пораженные ими участки пластин АКБ больше не принимают участия в химической реакции по созданию электродвижущей силы, вследствие чего емкость батареи снижается, аккумулятор приходит в негодность.

Сульфатация пластин может возникать по следующим причинам:

- глубокий разряд АКБ;
- эксплуатация АКБ при низких температурах;
- эксплуатация АКБ при высоких температурах;
- добавление концентрированных электролита или кислоты;
- длительное хранение в недозаряженном или разряженном состоянии [4].

Прежде чем попытаться выполнить десульфатацию, необходимо убедиться, что АКБ еще подлежит восстановлению, поскольку есть аккумуляторы в таком состоянии, что об их восстановлении речи быть не может, например, если пластины батареи разрушены физически, а ее банки замкнуты между собой вследствие осадка активной массы. В этом случае без замены пластин в замкнутых банках батареи

десульфатация невозможна, и АКБ подлежит утилизации.

Так, перед выполнением десульфатации АКБ зарядным устройством или другим методом, необходимо проверить, нет ли у аккумуляторной батареи механических повреждений, как внешних, так и внутренних. В частности, нет ли на поверхности корпуса АКБ трещин, глубоких сколов, не имеют ли банки замыкания между собой. В этих случаях батарею лучше не восстанавливать, поскольку велика вероятность ее аварийной работы.

Для выполнения десульфатации пластин АКБ предлагаем применять зарядное устройство с электронным управлением зарядным током, выполненное на основе тиристорного фазоимпульсного регулятора мощности. Оно позволяет заряжать автомобильные аккумуляторные батареи током от 0 до 10 А, а также может служить регулируемым источником питания для мощного низковольтного паяльника или переносной лампы.

Устройство работоспособно при температуре окружающей среды от  $-35$  до  $+35$  °С.

Для такого зарядного устройства нами применен серийный сетевой понижающий трансформатор необходимой мощности с напряжением вторичной обмотки 18...22 В.

На рис. 2 показана схема тиристорного зарядного устройства.

На представленной схеме показано тиристорное зарядное устройство с регулятором мощности с фазоимпульсным управлением, питаемым от вторичной обмотки понижающего трансформатора Т1 через диодный мост VD1-VD4. Узел управления тиристором VS1 КУ202В выполнен



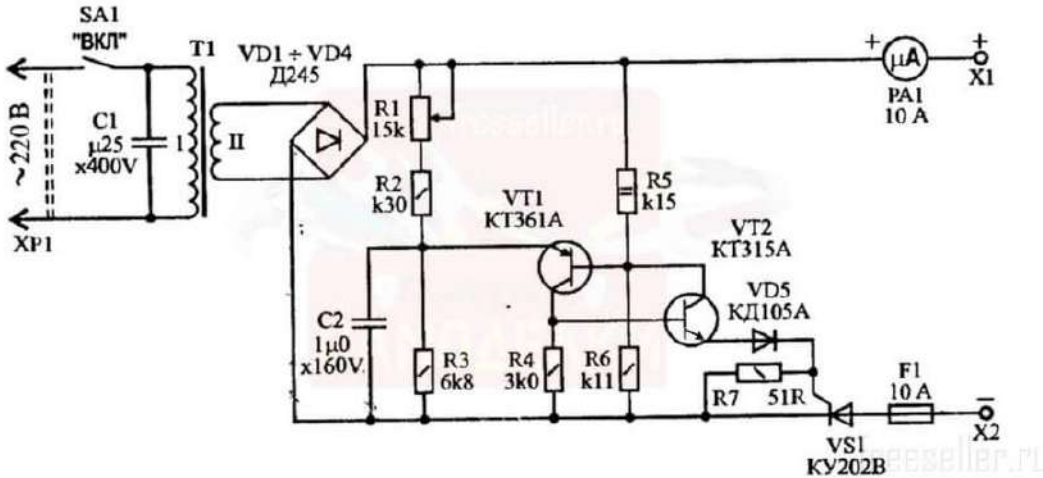


Рис. 2. Схема тиристорного зарядного устройства

на аналоге однопереходного транзистора VT1-VT2. Время, в течение которого конденсатор C2 заряжается, до переключения однопереходного транзистора регулируется переменным резистором R1. При крайнем правом положении его движка зарядный ток будет максимальным.

Из вольт-амперной характеристики тиристора (рис. 3) следует, что для его открытия достаточно кратковременной подачи управляющего тока на управляющий электрод (УЭ), а после прекращения подачи управляющего тока тиристор сохраняет проводимость.

Смысл использования тиристора также состоит в том, что управляющий ток может быть во много раз меньше, чем ток через анод тиристора, что позволяет производить управление мощными нагрузками с помощью маломощных коммутирующих компонентов.

Диод VD5 защищает управляющую цепь тиристора от обратного напряжения, возникающего при включении транзистора VS1.

На рис. 4 показана предлагаемая и реализованная авторами схема тиристорного зарядного устройства.

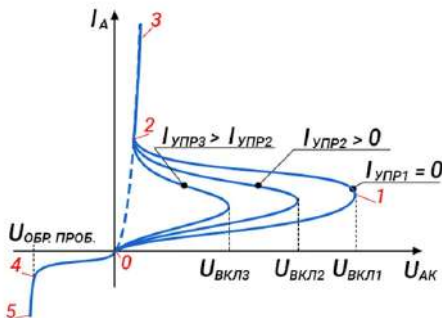


Рис. 3. Вольт-амперная характеристика тиристора

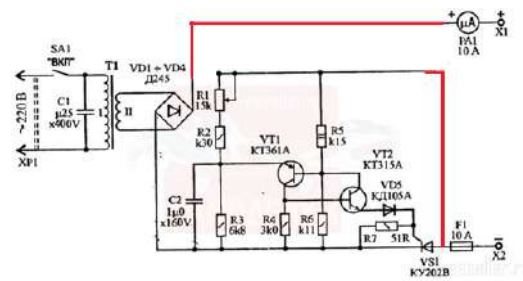


Рис. 4. Предлагаемая схема тиристорного зарядного устройства

Все компоненты устройства, кроме трансформатора T1, диодного моста VD1-VD4, переменного резистора R1, предохранителя FU1, тиристора VS1 и амперметра, смонтированы на компактной печатной плате (рис. 4). Рекомендуем применять резистор R5 мощностью не менее 2 Вт, поскольку при нагрузке происходит

его значительный нагрев. Кроме того, желательно предусмотреть охлаждение всего устройства кулером.

В программе Sprint-Layout нами разработан чертеж монтажной платы предлагаемого зарядного устройства (рис. 5).

В представленном приборе использовались самые доступные радиоэлементы:

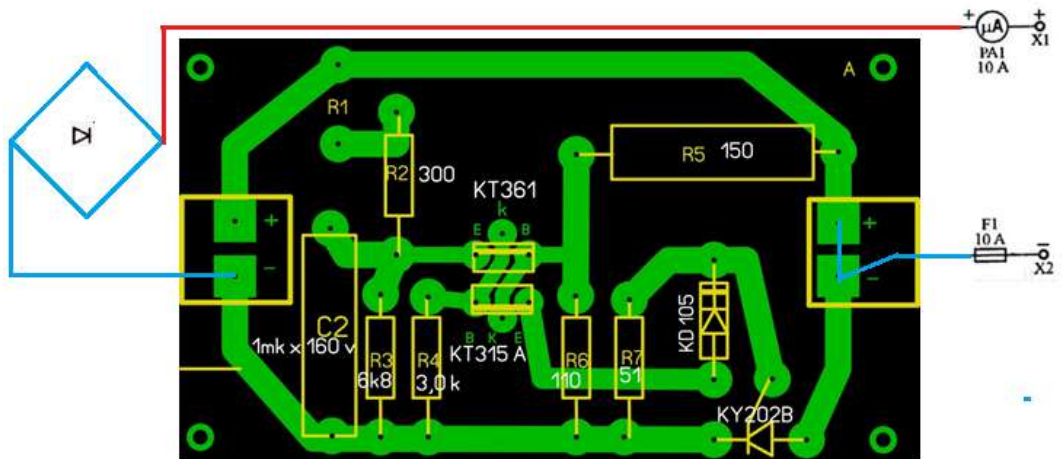


Рис. 5. Монтажная плата предлагаемого зарядного устройства



Рис. 6. Внешний вид и конструкция предлагаемого зарядного устройства

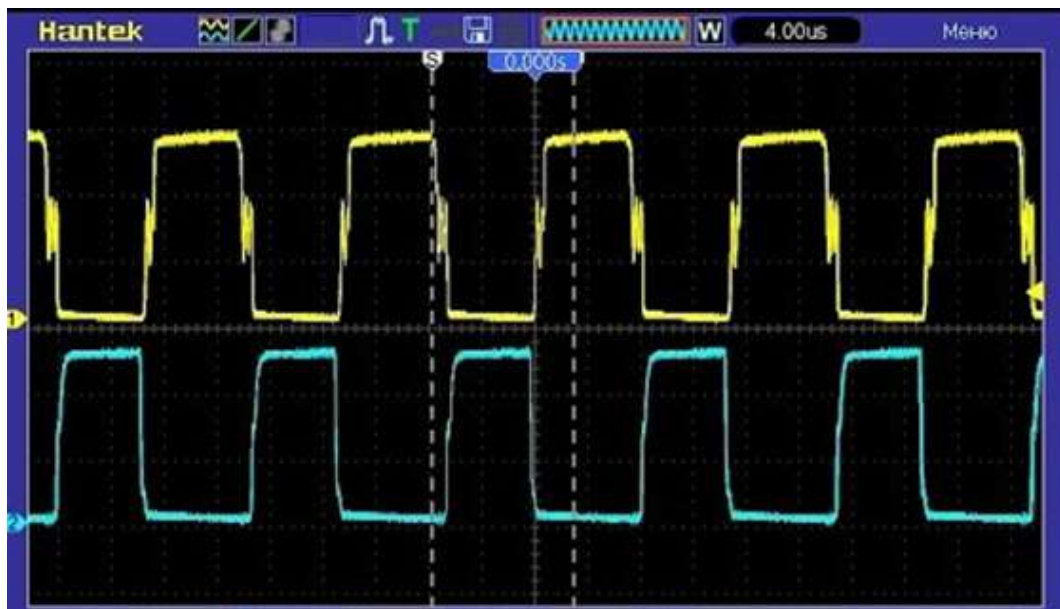


Рис. 7. Осциллограмма выходного напряжения предлагаемого зарядного устройства

- транзистор КТ315 – 1 шт;
- транзистор КТ361 – 1 шт;
- диффузионный кремниевый диод КД105 – 1 шт;
- выпрямительные диоды Д245 – 4 шт;
- тиристор КУ202В – 1 шт;
- конденсатор 25 мкФ х 400В;
- резисторы указанных номиналов.

В соответствии с предлагаемой схемой нами было изготовлено устройство для заряда и выполнения десульфатации пластин АКБ, внешний вид и конструкция которого представлено на рис. 6.

На рис. 7 показана осциллограмма выходного напряжения предлагаемого зарядного устройства.

Зарядный ток по форме близок к импульсному (см. рис. 6), который, как известно, способствует продлению срока службы батареи в силу того, что обладает

десульфатирующими свойствами при выполнении заряда батареи.

Зарядное устройство в дальнейшем можно дополнить различными автоматическими узлами (отключению по окончании зарядки, поддержание нормального напряжения и т. д.).

## Выводы

1. Для профилактики появления сульфатации пластин АКБ следует соблюдать простые правила: периодически подзаряжать аккумулятор с помощью зарядного устройства, регулярно контролировать уровень электролита в аккумуляторе, соблюдать алгоритм зарядания, приобретать аккумулятор с емкостью, немного большей, чем она необходима для конкретного автомобиля, следить за исправностью регулятора напряжения, не эксплуатировать разряженные батареи, перед исполь-

зованием АКБ после длительного хранения обязательно зарядить его с помощью внешнего зарядного устройства.

2. Необходимо помнить, что каждый аккумулятор имеет свой срок эксплуатации, который может колебаться от 1...2 до 7...9 лет в зависимости от их типа, производителя, условий эксплуатации и т. д. И в конце этого срока появление сульфатации – достаточно распространенное явление, и если от нее не удалось избавиться, значит, батарею пора утилизировать, то есть, сдать в специально предназначенные для этого пункты.

3. Процесс выполнения десульфатации несложный, и с ним может справиться даже начинающий автолюбитель. Для этого необязательно использовать автоматические зарядные устройства, специально предназначенные для этого. Такие приборы имеет смысл приобретать для специальных автосервисов, где восстановлением аккумуляторов мастера занимаются на постоянной основе. Это обусловлено их высокой ценой.

4. Необходимо помнить, что не все аккумуляторы подлежат восстановлению. Это зависит от их состояния, а также срока и условий эксплуатации. Полезно выполнять нехитрые рекомендации, помогающие не только предотвратить появление сульфатации, но и в целом продлить срок службы аккумуляторной батареи.

### Цитированная литература

1. **Бобровник, А. И.** Автомобили и тракторы: учебное пособие / А. И. Бобровник, Т. А. Варфоломеева. – Минск : БНТУ, 2020. – 408 с. – Текст : непосредственный.

2. **Богатырев, А. В.** Тракторы и автомобили / А. В. Богатырев, В. Р. Лехтер. – Москва : Инфра-М, 2020. – 425 с. – Текст : непосредственный.

3. **Котиков, В. М.** Тракторы и автомобили : учебник. / В. М. Котиков, А. В. Ерхов // Текст : непосредственный // Москва : Академия, 2014. – 415 с. – Текст : непосредственный.

4. Что такое сульфатация пластин аккумулятора: причины и последствия. – URL: <https://akbenergo.ru/stati/akb-sulsifikaciya/> (дата обращения: 22.03.2024). – Текст : электронный.

УДК 620.953

## ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ ПРИДНЕСТРОВСКОЙ МОЛДАВСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Т. В. Казаник, Д. А. Зайцев

*Целью работы является анализ возможности внедрения технологий производства биогаза на основе куриного помета в условиях Приднестровской Молдавской Республики для уменьшения затрат на отопление и собственные нужды птицефабрик путем установки биогазовых установок совместно с газопоршневыми когенерационными установками на птицефабриках в Дубоссарском и Григориопольском районах.*

**Ключевые слова:** биогаз, производство биогаза, альтернативная энергетика, куриный помет, анаэробное сбраживание, биогазовые установки, газопоршневые когенерационные установки.

## THE POSSIBILITIES OF APPLICATION OF BIOGAS TECHNOLOGIES IN THE CONDITIONS OF THE PRIDNESTROVIAN MOLDAVIAN REPUBLIC

T. V. Kazanik, D. A. Zaitsev

*The aim of the work is to analyze the possibility of introducing biogas production technologies based on chicken manure in the conditions of the Pridnestrovian Moldavian Republic to reduce heating costs and own needs of poultry farms by installing biogas units together with gas piston cogeneration plants at poultry farms in Dubossary and Grigoriopol districts.*

**Keywords:** biogas, biogas production, alternative energy, chicken manure, anaerobic digestion, biogas units, gas piston cogeneration units.

Использование ископаемого топлива и влияние парниковых газов на окружающую среду инициировали исследования в производстве альтернативных видов топлива из биоресурсов. Количество выбросов парниковых газов в атмосферу растет, при этом основным компонентом является углекислый газ. Кроме того, мировой спрос на энергию стремительно

растет. Примерно 88 % энергии в настоящее время производится из ископаемого топлива.

Чтобы снизить расходы природного топлива, многие страны в последнее время активно развивают альтернативную энергетику. Применение конкретного вида альтернативного топлива зависит от различных климатических и технологических

---

Для цитирования: Казаник, Т. В. Возможности применения биогазовых технологий в условиях Приднестровской Молдавской Республики / Т. В. Казаник, Д. А. Зайцев. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 101–106. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.

факторов. В данной статье рассмотрено применение отходов птицеводства в качестве биотоплива.

Птицеводство является одним из основных источников выбросов парниковых газов в атмосферу. Метан и закись азота образуются в результате разложения биомассы на птицеводческих фермах при ее хранении или переработке в системах, способствующих возникновению анаэробных условий.

В этом контексте биогаз, получаемый в результате разложения отходов, может играть важную роль в энергетическом будущем Приднестровской Молдавской Республики.

Во многих странах мира энергетика на биотопливе становится эффективной самокупаемой отраслью, конкурентоспособной по отношению к энергетике на ископаемом топливе. В настоящее время в Дании, например, на долю биотоплива приходится около 7 % всей вырабатываемой энергии в стране, в Австрии она составляет 12 %, в Швеции – 21 %, в Финляндии – 23 %. В целом в странах Европейского союза в среднем около 14 % общей энергии получено из биотоплива, а средний общемировой показатель равен 15 %. И эти цифры с каждым годом растут.

В Республике Молдова использование альтернативных ресурсов весьма актуально. Это связано с энергетическим кризисом и абсолютной зависимостью от импорта энергетических ресурсов.

В общей сложности потенциал биомассы Республики Молдова оценивается в 14,6 млрд кВт/ч, что равно примерно 85 %

первичной энергии, которая потребляется в стране в различных формах.

Биогазовые установки (БГУ) больших мощностей имеют два основных исполнения, базирующихся на типе техпроцесса анаэробного брожения: одностадийном и двухстадийном. В базовую комплектацию биогазовой установки входят:

1. Бетонированная площадка с куполом и помещениями под куполом.
2. Подготовительная емкость, частично выступающая за пределы купола для загрузки исходного сырья.
3. Реактор гидролиза, один или несколько (для двухстадийного техпроцесса).
4. Ферментер, один или несколько.
5. Газовая система с газгольдерами низкого давления, фильтрами, факелом.
6. Приемник для шлама и сепаратор.
7. Лагуна для фильтрата.
8. Система автоматике с диспетчерской.
9. Электрошитовая и силовая разводка.
10. Система горячего водоснабжения с универсальным котлом и бойлером.
11. Линия сушки и паковки твердых биоудобрений.

Функциональное назначение биогазовых установок больших мощностей:

1. Производство твердых биоудобрений.
2. Производство жидких биоудобрений – фильтрата (в случае высокой влажности исходного сырья).
3. Производство биогаза (65–75 % метана).
4. Производство электрической и тепловой энергии из биогаза (в случае комплектации когенерационной установкой).

5. Замена очистных сооружений для предприятий агропромышленного комплекса [1].

В связи с тем, что биогазовые реакторы в основном выполняются на заказ, т. е. для определенного вида и количества биоотходов, а также в зависимости от того, где расположено производство, то стандартных биогазовых реакторов существует немного. В основном все биогазовые установки рассчитаны от 10 до 400 тонн загружаемого сырья в сутки.

### Исходные данные для исследования

В качестве исходных данных для исследования взята приведенная в табл. 1 информация о четырех птицефабриках,

расположенных в Дубоссарском и Григориопольском районах ПМР.

Используя сведения из табл. 1, мы определили объем производимых биоотходов в год, количество биогаза и примерное количество электроэнергии, которую можно из него произвести. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Для указанных птицефабрик необходимы БГУ примерно на 12–15 тонн.

Так как птицефабрики используют тепловую и электрическую энергии, принято решение использовать когенерационные установки (ГКУ) POWERLINK на базе ДВС (табл. 3).

КПД такой когенерационной установки составляет 70 % (электрический – 35 %, тепловой – 35 %).

Таблица 1

Название птицефабрики	Местоположение	Поголовье кур*, шт.	Ежемесячное потребление электроэнергии**, кВт	Среднее постоянное количество голов птицы за год
ООО «Пиазис»	Дубоссарский район	59 700	44 000	705 634
ООО «Темп-Групп»	Дубоссарский район	77 211	41 160	912 609
ООО «Куш»	Дубоссарский район	75 000	30 000	886 475
ООО «Птичья ферма»	Григориопольский район	61 000	26 600	721 000

Таблица 2

Название птицефабрики	Объем производимых биоотходов в год (т./год)	Объем производимых биоотходов в год (приведенных к тыс. м <sup>3</sup> биогаза)	Перевод 1 куб. м <sup>3</sup> биогаза в э/э кВт в год	Кол-во э/э кВт*ч
ООО «Пиазис»	4 234	423,381	4 009 414,810	457,696
ООО «Темп-Групп»	5 476	547,565	5 185 442,661	591,946
ООО «Куш»	5 319	531,885	5 036 953,279	574,995
ООО «Птичья ферма»	4 326	432,600	4 096 722,000	467,662

Таблица 3

Название птицефабрики	Мощность ГКУ, кВт	Тип ГКУ
ООО «Пиазис»	458	ГКУ POWERLINK CG520-NG
ООО «Темп-Групп»	592	ГКУ POWERLINK TCG600-NG
ООО «Куш»	575	ГКУ POWERLINK TCG600-NG
ООО «Птичья ферма»	468	ГКУ POWERLINK CG520-NG

\* поголовье на 30 сентября 2022 года

\*\* потребление электроэнергии за сентябрь 2022 года

### Анализ экономического эффекта применения биогазовых технологий на птицеводческих предприятиях ПМР

Основными статьями затрат при использовании подобных установок являются:

- топливо – биогаз;
- масло (требует замены каждые 1 500 часов, кроме того, потеря масла происходит вследствие угара – 0,2 г на 1 кВт\*ч);
- амортизация (срок службы оборудования – 10 лет, по ГКУ срок амортизации может быть сокращен до 2,5 лет – до первого планового ремонта);
- сервисные и эксплуатационные расходы, материалы для технического осмотра в размере 57 600 рублей ПМР в год (по информации производителя ГКУ);
- расходы на заработную плату.

Результаты расчета экономической эффективности работы биогазовой установки совместно с ГКУ представлены в табл. 4.

Тариф для оплаты электроэнергии для всех птицефабрик принят 3,32 рубля ПМР за Квт \* ч, а для холодного водоснабжения и водоотведения – 14,12 рублей ПМР за м<sup>3</sup> согласно Постановлению Правительства Приднестровской Молдавской Республики от 31 мая 2023 года № 183 «Об установлении на 2024 год предельных уровней тарифов на услуги газоснабжения, на услуги в сфере электроэнергетики, на услуги по снабжению тепловой энергией (отопление, подогрев воды, горячее водоснабжение), на услуги водоснабжения и водоотведения (канализация)» [2].

Результаты расчета себестоимости производства газа представлены в табл. 5.

Стоимость природного газа для промышленных и прочих потребителей в Приднестровской Молдавской Республике составляет примерно 2 800–3 500 рублей ПМР [2]. Также необходимо учитывать затраты на подключение объекта к централизованной системе газоснабжения.

Таблица 4

Наименование статьи расходов, руб. ПМР	Расходы в год, руб. ПМР для ООО «Пиазис»	Расходы в год, руб. ПМР для ООО «Темп-Групп»	Расходы в год, руб. ПМР для ООО «Куш»	Расходы в год, руб. ПМР для ООО «Птичья ферма»
Электроэнергия	1 753 541	1 640 358	1 195 596	1 060 095
Холодное водоснабжение и водоотведение	60 693	78 496	76 248	62 015
Заработная плата производственного персонала (3 бригады)	764 640	764 640	764 640	764 640
Затраты на обслуживание	57 600	57 600	57 600	57 600
Амортизация	1 139 774	1 213 040	1 213 040	1 139 774
<b>ИТОГО</b>	<b>3 776 248</b>	<b>3 754 134</b>	<b>3 307 124</b>	<b>3 084 124</b>

Таблица 5

Птицеферма	Стоимость газа за тыс. м <sup>3</sup> , руб. ПМР
ООО «Пиазис»	4 495,53
ООО «Темп-Групп»	4 469,21
ООО «Куш»	3 937,05
ООО «Птичья ферма»	3 671,58



### Расчет стоимости электроэнергии, произведенной на ГКУ

Газопоршневая когенерационная установка PowerLink CG520-NG общей выходной электрической мощностью 520 кВт и тепловой мощностью 647 кВт и ГКУ PowerLink TCG600-NG общей выходной электрической мощностью 600 кВт и тепловой мощностью 654 кВт предназначены для электроснабжения потребителей трехфазным переменным электрическим током напряжением 400 В, частотой 50 Гц и тепловой энергией. У обеих установок коэффициент мощности равен 0,8. Предполагается установка на каждой птицефабрике по одной газопоршневой когенерационной установке и одним биогазовым резервуаром [3, 4].

На основании анализа затрат определена себестоимость производства электрической

энергии для объектов исследования (табл. 6).

При средней стоимости покупки электроэнергии в ПМР, равной 3,32 руб. ПМР за 1 кВт\*ч, экономия при выработке 1 кВт\*ч электроэнергии с использованием биогазовой технологии составит в среднем около 1,77 руб. ПМР.

Результаты комплексного анализа экономической эффективности внедрения проектов по использованию биогазовых технологий в ПМР представлены в табл. 7.

Следует отметить, что при проведении исследований не учтены расходы на первоначальные проектные и конструкторские работы по комплексу переработки отходов, а также расходы на лицензирование деятельности по переработке отходов, Государственную экологическую экспер-

Таблица 6

Наименование птицефермы	Себестоимость производства электроэнергии, руб. ПМР/кВт*ч	Затраты на выработку электроэнергии, руб. ПМР/год	Фактическое использование мощности ГКУ, кВт	Среднегодовое время работы ГКУ, ч/год
ООО «Пиазис»	1,75	5 101 757	416	7 000
ООО «Темп-Групп»	1,53	5 152 908	480	7 000
ООО «Куш»	1,40	4 705 899	480	7 000
ООО «Птичья ферма»	1,51	4 409 633	416	7 000

Таблица 7

№ п/п	Наименование	ООО «Пиазис»	ООО «Темп-Групп»	ООО «Куш»	ООО «Птичья ферма»
<b>1.</b>	Стоимость оборудования, всего, руб. ПМР	<b>11 397 735</b>	<b>12 130 400</b>	<b>12 130 400</b>	<b>11 397 735</b>
	в том числе				
1.1.	Биогазовая установка с системой фильтрации газов, руб. ПМР	6 090 400	6 090 400	6 090 400	6 090 400
1.2.	Газопоршневые когенерационные установки, руб. ПМР [5, 6]	5 307 335	6 040 000	6 040 000	5 307 335
<b>2.</b>	Экономия на электроэнергии, руб. ПМР/год	<b>4 569 286</b>	<b>6 005 988</b>	<b>6 452 998</b>	<b>5 261 411</b>
<b>3.</b>	Прибыль от реализации твердых биоудобрений (при цене 1000 руб. ПМР/т), руб. ПМР/год [7]	<b>3 780 000</b>	<b>3 780 000</b>	<b>3 780 000</b>	<b>3 780 000</b>
<b>4.</b>	Экономия на тепловой энергии, руб. ПМР/год	<b>1 982 398</b>	<b>2 003 791</b>	<b>2 003 791</b>	<b>1 982 398</b>
<b>5.</b>	Рентабельность инвестиций, %	<b>90,65 %</b>	<b>97,19 %</b>	<b>100,88 %</b>	<b>96,72 %</b>
<b>6.</b>	Срок окупаемости, лет	<b>1,10</b>	<b>1,03</b>	<b>0,99</b>	<b>1,03</b>

тизу, сертификацию и прочую разрешительную документацию.

Также при анализе экономической эффективности не учтена экономия птицеводческого комплекса от отсутствия транспортных расходов на доставку птичьего помета к местам хранения или утилизации и возможная экономия от минимизации экологической платы за НВОС (негативное воздействие на окружающую среду).

На основании результатов исследования мы пришли к следующим выводам:

1) срок окупаемости проекта по всем птицефермам составил примерно 1 год;

2) рентабельность инвестиций от предполагаемой реализации проекта по всем птицефермам составила приблизительно 100 %;

3) общая экономия по всем птицефабрикам составит более 30 млн рублей;

4) птицефермы полностью покроят свои собственные нужды, а в некоторых случаях смогут получать прибыль от реализации свободных мощностей, продавая их государству.

### Цитированная литература

1. Технология производства больших биогазовых установок. Комплектность больших биогазовых установок. Функциональное назначение больших биогазовых установок. – URL: <http://www.biogas.vn.ua/42.html> (дата обращения : 26.03.2024). – Текст : электронный.

2. Постановление Правительства Приднестровской Молдавской Республики от

31 мая 2023 года № 183 «Об установлении на 2024 год предельных уровней тарифов на услуги газоснабжения, на услуги в сфере электроэнергетики, на услуги по снабжению тепловой энергией (отопление, подогрев воды, горячее водоснабжение), на услуги водоснабжения и водоотведения (канализация)». – URL: [https://government.gospmr.org/ob-ustanovlenii-na-2024-god-predelnyh-urovnej-tarifov-na-uslugi-gazosnabzheniya-na-uslugi-v-sfere-elektroenergetiki-na-uslugi-po-snabzheniyu-teplovej-energijej-otoplenie-podogrev-vody-goryachee-2/?ysclid=lqaxt5ho2q442563375](https://government.gospmr.org/ob-ustanovlenii-na-2024-god-predelnyh-urovnej-tarifov-na-uslugi-gazosnabzheniya-na-uslugi-v-sfere-elektroenergetiki-na-uslugi-po-snabzheniyu-teplovej-energijej-otoplenie-podogrev-vody-goryachee-vodosnabzhenie) (дата обращения: 26.03.2024). – Текст : электронный.

3. Технические характеристики ГКУ 520 кВт. – URL: <https://powerlinkworld.ru/gazovye-generatory/kogeneratsionnye-ustanovki/520-kvt/powerlink-cg520-ng/> (дата обращения 26.03.2024). – Текст : электронный.

4. Технические характеристики ГКУ 600 кВт. – URL: <https://powerlinkworld.ru/gazovye-generatory/kogeneratsionnye-ustanovki/600-kvt/powerlink-tcg600-ng/> (дата обращения 26.03.2024). – Текст : электронный.

5. Стоимость газопоршневой когенерационной установки ГКУ 520 кВт. – URL: <https://harat.ru/blagoveschensk/products/1683653-kogeneracionnaya-ustanovka-tec-powerlink-cg520s-ng/> (дата обращения: 26.03.2024). – Текст : электронный.

6. Стоимость газопоршневой когенерационной установки ГКУ 600 кВт. – URL: <https://harat.ru/blagoveschensk/products/1683731-kogeneracionnaya-ustanovka-tec-powerlink-tcg600s-ng/> (дата обращения: 26.03.2024). – Текст : электронный.

7. Стоимость биоудобрений в Республике Молдова. – URL: <https://agriline.md/-/bioudobreniya--c4079> (дата обращения: 26.03.2024). – Текст : электронный.

УДК 620.9

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В УСЛОВИЯХ ПРИДНЕСТРОВСКОЙ МОЛДАВСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

*Е. А. Царюк, В. П. Юсюз, А. С. Царюк*

*Республика, как и многие другие страны, сталкивается с вызовами энергетической эффективности и устойчивого развития. В статье рассмотрены несколько конкретных технологий энергосбережения и энергоэффективности, которые могут быть применены или уже внедрены на предприятиях промышленности в ПМР для улучшения энергетической эффективности.*

**Ключевые слова:** *энергосбережение, энергетическая эффективность, энергосберегающие технологии, оптимизация процессов, модернизация освещения.*

## METHODS OF ENERGY SAVING AND INCREASING ENERGY FOR EFFICIENCY OF INDUSTRIAL ENTERPRISES IN THE CONDITIONS OF THE PRIDNESTROVIAN MOLDAVIAN REPUBLIC

*E. A. Tsaruk , V. P. Yusyuz, A. S. Tsaruk*

*The Republic, like many other countries, faces challenges to energy efficiency and sustainable development. The article discusses several specific methods of energy saving and energy efficiency that can be applied or have already been introduced at industrial enterprises in the republic to improve energy efficiency.*

**Keywords:** *energy saving, energy efficiency, energy saving technologies, process optimization, lighting modernization.*

Высокие технологии играют важнейшую роль в экономическом развитии ПМР, обеспечивая не только удовлетворение потребностей промышленности, но и способствуя инновационному росту и конкурентоспособности.

В регионе сложилась многоотраслевая экономика, ведущее место в которой

занимают электроэнергетика, черная металлургия, машиностроение и металлообработка, электротехническая, химическая, легкая промышленность, пищевая промышленность, лесная и деревообрабатывающая, полиграфическая, промышленность строительных материалов (см. рисунок).

Для цитирования: **Царюк, Е. А.** Использование энергосберегающих технологий для повышения энергоэффективности предприятий промышленности в условиях Приднестровской Молдавской Республики / Е. А. Царюк, В. П. Юсюз, А. С. Царюк. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 107–112. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.

Однако промышленные предприятия ПМР сталкиваются с вызовом энергосбережения и повышения энергоэффективности, особенно в условиях, когда энергетические затраты составляют значительную часть операционных расходов.

Мы рассмотрим несколько конкретных технологий, которые могут быть применены или уже внедрены на предприятиях промышленности в ПМР для улучшения энергетической эффективности.

## 1. Оптимизация систем отопления и вентиляции

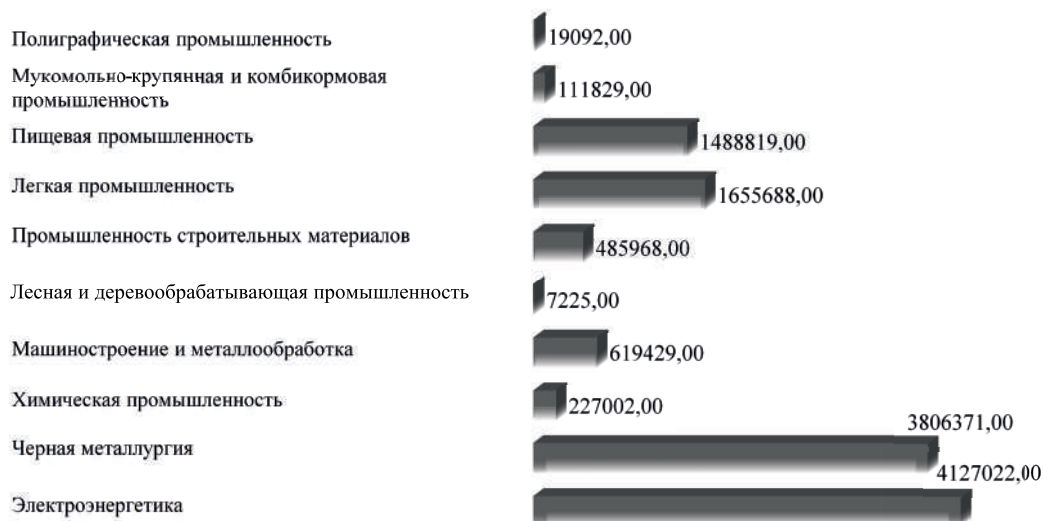
Промышленные предприятия часто имеют большие помещения, которые требуют эффективной системы отопления и вентиляции. Ученые А. С. Краснов и К. К. Ким [2] признают важность оптимизации систем отопления и вентиляции как одного из ключевых факторов энергос-

бережения на промышленных предприятиях. Исследования показывают, что эффективное управление теплом и воздухом не только снижает энергопотребление, но также способствует улучшению условий труда и комфорта на производстве.

Применение современных технологий, таких как высокоэффективные котлы, тепловые насосы и системы управления энергопотреблением, позволяет предприятиям достичь значительных экономических и экологических выгод.

В условиях промышленных предприятий можно выделить некоторые меры по оптимизации систем отопления и вентиляции:

- **Изоляция и утепление.** Проведение тщательной изоляции и утепления зданий и систем отопления. Это помогает сократить потери тепла и улучшить теплоизоляционные характеристики помещений, что ведет к снижению энергопотребления и экономии ресурсов.



Объем промышленной продукции в сопоставимых ценах, тыс. руб.  
Структура общего объема продукции по отраслям промышленности в 2023 году [1]

- **Установка энергоэффективного оборудования.** Замена устаревшего оборудования на современные энергоэффективные модели, такие как конденсационные котлы, тепловые насосы, инфракрасные обогреватели и энергоэффективные вентиляторы. Это позволяет снизить энергопотребление и операционные расходы.

- **Внедрение систем управления.** Установка систем автоматизации и управления, которые регулируют работу отопительных систем и вентиляции в зависимости от текущих потребностей и условий в помещениях. Это позволяет оптимизировать работу систем и снизить потребление энергии.

- **Использование возобновляемых источников энергии,** таких как солнечная энергия и геотермальная энергия, для обогрева и вентиляции помещений. Это помогает снизить зависимость от традиционных источников энергии и сократить выбросы парниковых газов.

В качестве примеров эффективности энергетических обследований рассмотрим промышленное предприятие МУП «ТДРСУ» по производству строительных материалов, которое реализовало проект по замене устаревших котлов на современные, более эффективные модели и внедрению тепловых насосов для эффективного использования тепла из окружающей среды. В результате было достигнуто сокращение потребления газа на отопление на 25 %.

Завод по производству электродвигателей НП ЗАО «Электромаш» внедрил солнечные коллекторы для обогрева воды,

что позволило снизить зависимость от газа и электроэнергии.

Производственное предприятие в области мебельной промышленности ООО «Хайтек» провело комплексную программу по улучшению изоляции своих зданий и систем отопления. Благодаря этому удалось значительно сократить потери тепла и снизить энергопотребление на отопление на 30 %.

В итоге внедрение эффективных технологий энергосбережения и повышения энергоэффективности на предприятиях промышленности в ПМР не только помогает сократить операционные расходы, но и способствует созданию более устойчивой и экологически чистой промышленной базы.

## 2. Модернизация освещения

Научные исследования, проведенные Д. Н. Руди и М. В. Поповой [3], подтверждают эффективность модернизации освещения на промышленных предприятиях. Согласно их исследованиям, LED-лампы или светодиодные светильники не только снижают энергопотребление, но и обеспечивают более равномерное и качественное освещение рабочих зон, что способствует повышению производительности труда и снижению риска производственных несчастных случаев.

Вот несколько примеров практической реализации этого подхода и научное мнение об его эффективности.

Промышленное предприятие в сфере автомобильного производства провело процесс замены устаревших галогенных ламп на современные LED-лампы в своих производственных цехах. Это позволило

снизить потребление электроэнергии на освещение на 50 % и увеличить срок службы осветительных приборов.

Использование систем управления освещением с датчиками движения также является эффективной технологией оптимизации энергопотребления. Они позволяют адаптировать освещение к активности в помещении, минимизируя потребление электроэнергии в периоды, когда рабочие зоны не используются, что также снижает операционные расходы предприятия.

К примеру, промышленное предприятие в области электроники внедрило систему управления освещением, основанную на датчиках движения. Это позволяет автоматически регулировать яркость освещения в зависимости от активности в помещении, что сокращает энергопотребление на освещение до 15 %.

Таким образом, модернизация освещения на промышленных предприятиях не только способствует экономии энерго-ресурсов и снижению расходов, но также повышает уровень безопасности, комфорта и производительности труда, что делает этот подход важным элементом устойчивого развития предприятий.

### 3. Оптимизация процессов и оборудования

Переход на более эффективные производственные процессы, использование энергосберегающих материалов и оборудования, а также внедрение систем мониторинга и управления энергопотреблением могут повысить энергоэффективность предприятий.

Научные исследования, проведенные И. А. Наугольной, К. П. Мартыновым и др. [4], подтверждают значительные преимущества оптимизации процессов и оборудования на промышленных предприятиях. Согласно их исследованиям, внедрение современных технологий и систем управления позволяет не только повысить производительность и качество продукции, но и снизить затраты на производство и ресурсопотребление.

Меры по оптимизации процессов и оборудования на промышленных предприятиях включают в себя ряд действий и стратегий, направленных на повышение эффективности производства, сокращение затрат и улучшение качества продукции:

- **Анализ и оптимизация производственных процессов.** Проведение детального анализа производственных процессов с целью выявления узких мест, потерь времени и ресурсов. На основе результатов анализа разрабатываются меры по оптимизации процессов, включая упрощение технологических цепочек, внедрение автоматизированных систем контроля и управления, а также оптимизацию планирования производства.

- **Модернизация оборудования.** Замена устаревшего оборудования на современные, более эффективные модели. Это может включать в себя внедрение новых технологий, увеличение автоматизации процессов, а также повышение надежности и безопасности оборудования.

- **Внедрение систем управления производством.** Разработка и внедрение систем управления производственными

процессами, которые позволяют эффективно контролировать и управлять всеми аспектами производства, включая планирование, отслеживание выполнения заказов, управление запасами и качеством продукции.

Промышленное предприятие по производству мебели ООО «Хайтек» внедрило новые технологии обработки древесины, что позволило снизить расход электроэнергии на 20 % за счет оптимизации производственных циклов.

Предприятия в области металлообработки (ЗАО «Бендерский машиностроительный завод» и НП ЗАО «Электромаш») в условиях модернизации, заменив устаревшее станочное оборудование на современное высокотехнологичное, сократили время цикла обработки, повысили точность производства и снизили расходы на энергию и обслуживание.

Внедрение систем управления производственными процессами для промышленных предприятий пищевой и легкой промышленности, основанных на принципах «умного производства» позволит оптимизировать использование ресурсов, минимизировать потери и сократить временные затраты на производство, что приведет к повышению общей эффективности предприятия.

Таким образом, оптимизация процессов и оборудования на промышленных предприятиях является ключевым элементом повышения эффективности и конкурентоспособности предприятия, а также улучшения условий труда работников, что делает этот подход важным направлением для развития промышленности в современном мире.

#### **4. Повышение осведомленности сотрудников**

Обучение персонала технологиям энергосбережения и повышения энергоэффективности может сыграть ключевую роль в снижении энергопотребления на предприятии. Сотрудники, осведомленные о правильном использовании оборудования и рациональном энергопотреблении, могут активно принимать участие в процессе сокращения расходов.

Научные исследования М. М. Телемтаева, Н. Н. Нурахова [5] показывают, что повышение осведомленности сотрудников о вопросах энергосбережения и энергоэффективности не только способствует сокращению потребления энергии и снижению операционных расходов на предприятии, но и приводит к следующим положительным результатам: увеличению мотивации сотрудников к активному участию в процессе сокращения потребления энергии; сознательному использованию ресурсов и оборудования, что ведет к более эффективной эксплуатации техники и устройств; формированию культуры ответственного потребления энергии и устойчивого развития на предприятии; улучшению имиджа компании в глазах общественности и инвесторов благодаря ее энергоэффективной и экологически ответственной деятельности.

**Обучающие программы и семинары.** Промышленные предприятия проводят обучающие программы и семинары для сотрудников, посвященные вопросам энергосбережения и энергоэффективности. В ходе этих мероприятий работники получают информацию о методах и техно-

логиях, которые помогают сократить потребление энергии на производстве.

**Внедрение систем мотивации.** Предприятия внедряют системы мотивации для сотрудников, стимулирующие энергосберегающие и энергоэффективные практики. Например, устраивают конкурсы и премии за идеи по улучшению энергетической эффективности и сокращению расходов на энергию.

**Регулярная информационная кампания.** Проведение регулярных информационных кампаний с использованием информационных буклетов, баннеров и электронных рассылок о важности энергосбережения и энергоэффективности на предприятии.

Таким образом, важно повышать осведомленность сотрудников об энергосбережении и энергоэффективности на промышленных предприятиях и его положительном влиянии на деятельность предприятия в целом.

В заключение следует подчеркнуть, что внедрение энергосберегающих практик и технологий на промышленных предприятиях ПМР приведет к экономическому росту и улучшению конкурентоспособности страны за счет сокращения операционных расходов и привлечения новых инвестиций. Это также будет способствовать снижению негативного воздействия на окружающую среду и сохранению природных ресурсов, что является важным фактором для обеспечения здоровья и благополучия будущих поколений.

## Цитированная литература

1. Экспресс-информация. Основные показатели работы промышленности республики за 2023 г. Министерство экономического развития Приднестровской Молдавской Республики. Государственная служба статистики. – URL: <https://mer.gospmr.org/otchet-deyatel/otchet-odeyatelnosti-za-2023-god>. – Текст : электронный.
2. **Краснов, А. С.** Оценка энергоэффективности систем теплоснабжения промышленных предприятий / А. С. Краснов, К. К. Ким. – Текст : непосредственный // Известия Транссиба. – 2021. – № 3 (47). – С. 139–150.
3. **Руди, Д. Ю.** Модернизация системы электроосвещения предприятия / Д. Ю. Руди, М. В. Попова. – Текст : непосредственный // Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии : сборник докладов 5-й международной научно-практической конференции в рамках форума «Expo Build Russia» (Екатеринбург, 14 апреля 2016 г.). – Екатеринбург: Издательство УМЦ УПИ, 2016. – С. 171–174.
4. **Наугольнова, И. А.** Оптимизация производственных процессов как ключевой инструмент повышения экономической эффективности промышленного предприятия / И. А. Наугольнова, К. П. Мартынов, Л. Д. Мартынова. – Текст : непосредственный // Креативная экономика. – 2023. – Т. 17, № 10. – С. 3689–3702.
5. **Телемтаев, М. М.** Формирование целостного комплекса компетенций работников сферы обеспечения энергоэффективности и энергосбережения / М. М. Телемтаев, Н. Н. Нурахов, В. В. Фролов. – Текст : непосредственный // Известия МГТУ «МАМИ». – 2023. – № 3(21), т. 5.



УДК 621.31

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЖИЛОГО ОБЩЕЖИТИЯ

А. О. Циклер, И. В. Голуб

*Представлены исследования возможности снижения потери энергии жилого общежития на предприятии. Здание проверяемого объекта было построено в 1984 году и до сих пор не подвергалось капитальному ремонту. Было реализовано несколько мер по снижению потери энергии, таких как замена окон, старой деревянной рамы на новую раму из ПВХ, утепление одной наружной стены из четырех, утепление кровли. Выявлены основные проблемы, которые ведут к повышению потребления энергии, и предложены различные меры, способствующие снижению энергозатрат. Дан анализ характерных проблем по каждому объекту, а также предложены способы их решения. Определены необходимые инвестиции для внедрения предлагаемых мер по снижению потери энергии. Оценен экономический эффект и срок окупаемости каждого мероприятия.*

**Ключевые слова:** энергосбережение, энергоаудит, снижение, потребление энергии, пропаганда, энергосбережения.

## INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF REDUCING ENERGY LOSS FOR A RESIDENTIAL DORMITORY

A. O. Tsikler, I. V. Golub

*The paper presents a research paper on the analysis of the possibility of reducing the energy loss of a residential dormitory in an enterprise. The building of the inspected facility was built in 1984 and has not yet undergone major repairs. Several measures have been implemented in the building to reduce energy loss, such as replacing windows, parts of the old wooden frame with a new PVC frame. Insulation of one outer wall out of four, insulation of the roof. For residential dormitories, the main problems that lead to increased energy consumption have been identified and various measures have been proposed to reduce energy consumption. The analysis of the characteristic problems for each object, as well as possible ways to solve them, is given. The necessary investments have been identified to implement the proposed measures to reduce energy loss. The economic effect of the facility and the payback period of each event are estimated.*

**Keywords:** energy saving, energy audit, reduction, energy consumption, promotion of energy conservation.

Энергетический аудит направлен на определение мер по снижению потерь энергии здания жилого пятиэтажного дома, расположенного в городе Тирасполь.

Здание было построено в 1984 году, капитальный ремонт никогда не проводился. Для снижения потерь энергии были приняты некоторые меры, например, замена

---

Для цитирования: Циклер, А. О. Исследование возможности снижения потери энергии для жилого общежития / А. О. Циклер, И. В. Голуб. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 113–119. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.

старой деревянной рамы на новую раму из ПВХ, утепление одной из наружных стен и кровли.

Цель энергетического обследования – оценить эффективность использования топливно-энергетических ресурсов и разработать меры, направленные на снижение потери энергии для жилого общежития [2, с. 7].

### Описание здания

Здание представляет собой жилой пятиэтажный дом. В целях снижения потерь энергии были реализованы следующие меры:

- замена части столярных изделий со старым деревянным каркасом на новые изделия из ПВХ в период 2010–2022 гг.

- замена значительной части люминесцентных источников света на светодиодные в период 2019–2021 гг.

Здание состоит из одного блока, который имеет пять этажей. Под блоком располагается неотапливаемое подвальное помещение.

В блоке размещаются жилые квартиры. Стены здания покрыты штукатуркой, которая в некоторых местах повреждена и осыпалась. Крыша шатровая (состоит из деревянной рамы, накрытая шифером, оштукатуренной с внутренней стороны).

В настоящее время блок здания работает 7 дней в неделю по 24-часовому графику. В здании проживают приблизительно 115 человек.

Для определения и реализации мер по снижению энергозатрат были проведены следующие действия:

- измерение размеров здания;

- анализ здания тепловизионной камерой;

- изучение внешнего вида здания;

- визуальный анализ конструкции стен, потолка и пола;

- анализ системы отопления;

- анализ данных о потреблении за последние 3 года;

- проведение интервью с жильцами дома [3, с. 74].

Для осуществления деятельности и поддержания необходимого микроклимата в здании потребляются следующие виды энергоресурсов:

- электрическая энергия – центральное электроснабжение, учет потребления ведется прибором учета ТРИО, класс точности 1;

- тепловая энергия – центральное теплоснабжение, учет потребления осуществляется составным теплосчетчиком (вычислитель СПТ 943, расходомеры ПРЭМ, комплект термометров сопротивления КТПТР-05) [4, с. 32–44];

- газовый учет потребления ведется газовыми счетчиками.

Информация об объемах потребляемых газа и электричества за последние три года приведена в таблицах (табл. 1, 2).

Исходные данные показывают, что в летние месяцы потребление электрической энергии минимальное, осенью и весной потребление нарастает и достигает пика в зимние месяцы. Это объясняется следующими причинами:

- в летние месяцы использование искусственного освещения минимально, с уменьшением продолжительности светового дня расчет число часов использования искусственного освещения;

Таблица 1

Объемы потребляемого газа за 2020–2022 гг.

Природный газ (33,5 МДж / Nm³)		2020 год			2021 год			2022 год			В среднем за последние 3 года (исходная величина)		
№	Период	Потребление	Расходы	Тариф [руб./Nm³]	Потребление	Расходы	Тариф [руб./Nm³]	Потребление	Расходы	Тариф [руб./Nm³]	Потребление	Расходы	Тариф [руб./кВтч]
		[Nm³]	[lei]		[Nm³]	[lei]		[Nm³]	[lei]		[Nm³]	[lei]	
1	Январь	10791	8740,71	0,81	10010	8108,10	0,81	10693	8661,33	0,81	98681	8503	0,81
2	Февраль	10750	8740,71	0,81	10001	8100,81	0,81	10775	8727,75	0,81	98781	8523	0,81
3	Март	10938	8859,78	0,81	9700	7857,00	0,81	10685	8654,85	0,81	98145	8457	0,81
4	Апрель	10661	8635,41	0,81	9650	7816,50	0,81	10913	8839,53	0,81	97835	8430	0,81
5	Май	888	719,28	0,81	2076	1681,56	0,81	1403	1136,43	0,81	13683	1179	0,81
6	Июнь	904	732,24	0,81	1100	891,00	0,81	905	733,05	0,81	9115	785	0,81
7	Июль	823	666,63	0,81	950	769,50	0,81	810	656,10	0,81	8093	697	0,81
8	Август	586	474,66	0,81	774	626,94	0,81	766	620,46	0,81	6661	574	0,81
9	Сентябрь	603	488,43	0,81	969	784,89	0,81	910	737,10	0,81	7777	670	0,81
10	Октябрь	904	732,24	0,81	3809	3085,29	0,81	4033	3266,73	0,81	27404	2361	0,81
11	Ноябрь	10603	8588,43	0,81	10020	8116,20	0,81	10449	8463,69	0,81	97359	8389	0,81
12	Декабрь	10612	8595,72	0,81	9802	7939,62	0,81	10449	8463,69	0,81	96704	8333	0,81
ВСЕГО		69063	55974,24		68861	55777,41		72791	58960,71		660240	56904	

Таблица 2

Объемы потребляемого электричества за 2020–2022 гг.

Электричество		2020 год			2021 год			2022 год			В среднем за последние 3 года (исходная величина)		
№	Период	Потребление	Расходы	Тариф [руб./Nm³]	Потребление	Расходы	Тариф [руб./Nm³]	Потребление	Расходы	Тариф [руб./Nm³]	Потребление	Расходы	Тариф [руб./кВтч]
		[Nm³]	[lei]		[Nm³]	[lei]		[Nm³]	[lei]		[Nm³]	[lei]	
1	Январь	5840	3153,60	0,54	5840	3153,60	0,54	3240	1749,60	0,54	4973	2686	0,540
2	Февраль	4960	2678,40	0,54	4560	2462,40	0,54	2880	1555,20	0,54	4133	2232	0,540
3	Март	4280	2311,20	0,54	4600	2484,00	0,54	2840	1533,60	0,54	3907	2110	0,540
4	Апрель	2800	1512,00	0,54	4520	2440,80	0,54	2600	1404,00	0,54	3307	1786	0,540
5	Май	3840	2073,60	0,54	4080	2203,20	0,54	2520	1360,80	0,54	3480	1879	0,540
6	Июнь	4760	2570,40	0,54	4160	2246,40	0,54	2720	1468,80	0,54	3880	2095	0,540
7	Июль	4840	2613,60	0,54	5200	2808,00	0,54	2720	1468,80	0,54	4253	2297	0,540
8	Август	3520	1900,80	0,54	4440	2397,60	0,54	2840	1533,60	0,54	3600	1944	0,540
9	Сентябрь	2960	1598,40	0,54	4720	2548,80	0,54	2240	1209,60	0,54	3307	1786	0,540
10	Октябрь	5160	2786,40	0,54	2960	1598,40	0,54	2200	1188,00	0,54	3440	1858	0,540
11	Ноябрь	5000	2700,00	0,54	2440	1317,60	0,54	2240	1209,60	0,54	3227	1742	0,540
12	Декабрь	4760	2570,40	0,54	3040	1641,60	0,54	2160	1166,40	0,54	3320	1793	0,540
ВСЕГО		52720	28468,80		50560	27302,40		31200	16848,00		44827	24206	

– в холодные дни использование масляных радиаторов увеличивает потребление электроэнергии.

Стены здания построены из котельца толщиной 40 см. С внешней стороны стены здания оштукатурены, толщина внешней штукатурки составляет 3 см, внутренней – 3 см.

На основании расчетов было определено, что значение коэффициента теплопередачи для существующих неутепленных стен, контактирующих с внешней средой, составляет 1,3 Вт/(м²·К) [5, с. 31]. Общая площадь стен, соприкасающихся с наружным пространством, составляет 1414 м², с землей – 0 м², цо-

коля – 55 м², площадь утепленных стен – 534 м².

На основании расчетов установлено, что через стены теряется 121559 МВт\*ч/год энергии, или 41 % всех потерь.

Кровля плоская (состоит из деревянного каркаса, обшитого вагонкой и заполненного глиной, изнутри оштукатуренного) и не имеет утепления (теплоизоляции). Кроме того, крыша здания имеет наружную шатровую конструкцию, покрытую шифером. Для крыши использовалось значение 0,115 (м²·К)/Вт для внутреннего сопротивления и 0,040 (м²·К)/Вт для внешнего. Так, коэффициент теплопередачи для кровли без утепления равен 1,04 Вт/(м²·К) [5, с. 35].

Площадь крыши 560,9 м<sup>2</sup>. Потери энергии через крышу составляют 50320 МВт·ч/год, или 17 % потерь через ограждающие конструкции.

Пол бывает 3 видов:

1) кафельная плитка на бетоне в контакте с подвалом (железобетон 22 см и керамзит 5 см, раствор, цемент/песок 5 см, плитка 1 см);

2) линолеум на бетоне в контакте с подвалом (железобетон 22 см и керамзит 5 см, раствор, цемент/песок 5 см, линолеум 0,5 см);

3) ламинат по бетону, контактирующему с землей (железобетон 22 см и керамзит 5 см, раствор, цемент/песок 5 см, дерево-сосна 0,8 см).

Значение  $U$  для поверхности:

1) плитка на бетоне в контакте с подвалом 0,52 Вт/(м<sup>2</sup>К);

2) линолеум на бетоне в контакте с землей 0,50 Вт/(м<sup>2</sup>К);

3) ламинат на бетоне в контакте с землей 0,59 Вт/(м<sup>2</sup>К).

Общие потери энергии через пол составляют 37733 МВт·ч/год, или 5 % всех потерь через ограждающие конструкции.

В здании 24 окна ПВХ с трехкамерным стеклопакетом 4–20–4 мм общей площадью 44,52 м<sup>2</sup>, 136 деревянных окон со стеклопакетом (4–80–4 мм) площадью 221,0 м<sup>2</sup>.

Коэффициент теплопередачи для окон из ПВХ был принят равным 2 Вт/(м<sup>2</sup>К). Коэффициент теплопередачи для деревянных окон – 4 Вт/(м<sup>2</sup>·К) [5, с. 42].

Потери тепла через окна и двери составляют 86105 МВт·ч/год, или 28 % потерь через ограждающие конструкции.

Поступление энергии от солнечной радиации составляет 20,7 МВт·ч/год, или 4 % потерь через ограждающие конструкции.

## Помещения и оборудование

Отопление здания осуществляется с помощью котельной, расположенной в отдельном здании. В котельной имеется два котла мощностью 163 кВт каждый, работающие на газе. В настоящее время все помещения отапливаются. КПД котла считался равным 95 %.

В систему отопления входит один тип радиаторов: чугунные радиаторы. Вся разводка системы отопления происходит внутри здания.

Освещение в здании осуществляется на базе 7 типов источников света:

1) светильники с люминесцентными лампами 2 · 40 Вт;

2) светильники с лампами накаливания 100 Вт;

3) светильники со светодиодными лампами 1 · 15 Вт;

4) светильники накаливания мощностью 50 Вт;

5) светильники со светодиодными трубками 2 · 8 Вт;

6) светильники со светодиодными трубками 2 · 14,5 Вт;

7) светильники со светодиодными лампами 1 · 10 Вт.

На основании измерений и анализа для данного здания были определены несколько мер по снижению потерь энергии.

Наружные стены здания выполнены из котельца на цементно-песчаном растворе.

На внутреннюю сторону стен нанесен слой штукатурки. Необходимо выполнить утепление стен. Теплоизоляционный слой представляет собой гидрофобизированные минераловатные плиты, на поверхность которых нанесен слой декоративной штукатурки. Ожидаемое снижение теплопотерь через стены – 36,8 %.

Для утепления стен предложено использовать слой минеральной ваты толщиной 100 мм и плотностью 135 кг/м<sup>3</sup>, на общей площади 1581 м<sup>2</sup>. Применение этой меры снизит коэффициент теплопередачи стен с 1,26 Вт/(м<sup>2</sup>К) до 0,32 Вт/(м<sup>2</sup>К). Удельная стоимость оценивается в 1500 руб/м<sup>2</sup>.

Срок действия предлагаемого мероприятия составляет не менее 20 лет. Применение теплоизоляционных материалов осуществляется в соответствии с действующими стандартами и нормами.

Для утепления кровли также предлагается использовать минеральную вату толщиной 100 мм и плотностью 135 кг/м<sup>3</sup>. Применение этой меры снизит коэффициент теплопередачи кровли с 1,04 Вт/(м<sup>2</sup>К) до 0,20 Вт/(м<sup>2</sup>К).

Срок действия предлагаемого мероприятия составляет не менее 20 лет. Применение теплоизоляционных материалов осуществляется в соответствии с действующими стандартами и нормами. Средняя стоимость 1 м<sup>2</sup> утепленной кровли, включая защитные меры, оценивается в 1400 руб. Площадь утепленной кровли составляет 560,9 м<sup>2</sup>.

Замена столярных изделий предполагает замену старых окон с деревянными рамами на новые пятикамерные окна из

ПВХ с коэффициентом  $U = 1,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ . Инвестиции изделий оцениваются в 3000 руб/м<sup>2</sup>.

Срок действия предлагаемого мероприятия составляет не менее 20 лет. Площадь столярных изделий, т. е. окон, которые необходимо заменить, составляет 406 м<sup>2</sup>.

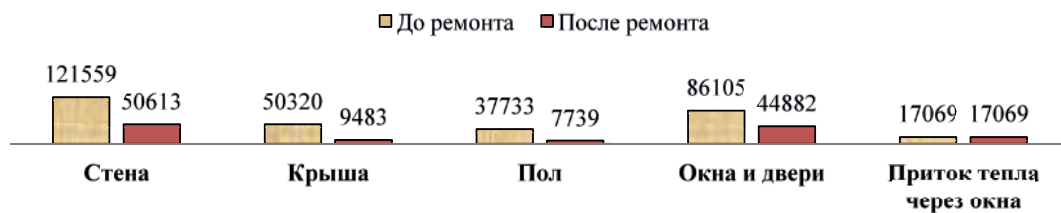
Экономия электроэнергии за счет снижения мощности ламп, достигается заменой люминесцентных ламп на светодиодные.

Светодиодные светильники позволяют достичь существенной экономии электроэнергии по сравнению с традиционными источниками света. Они длительное время не нуждаются в обслуживании (срок гарантийной эксплуатации – 5 лет, срок службы – 10 лет), что экономит эксплуатационные расходы и особенно важно в труднодоступных для замены ламп местах. Кроме того, эти светильники обладают рядом существенных преимуществ по сравнению с традиционно используемыми изделиями:

- не требуется стартеров, балластов и другой пускорегулирующей аппаратуры;
- не требует специальной утилизации (в отличие от люминесцентных ламп);
- потребление электроэнергии в 2 раза ниже;
- мгновенное зажигание, работа при температурах от –20 до +60. Применяются для освещения жилых и промышленных помещений, магазинов и офисов.

Составляющие тепловых потерь ограждающих конструкций до реконструкции и после нее показаны на рисунке.

## Теплопотери



Теплопотери до ремонта и после

Таблица 3

Расчет сроков окупаемости предложенных мероприятий

№	Описание меры	Инвестиции [руб]	Теоретическая экономия на стандартных условиях		Теоретический срок окупаемости	
			[kWh/an]	[руб]	простой	обновленный
1	Теплоизоляция крыши	785 222	47 975	4 134	190	219
2	Утепление стен	2 276 891	83 959	7 235	315	364
3	Замена светодиодной системы освещения	14 610	17 447	9 421	2	1
4	Утепление пола	752 471	43 977	3 790	199	229
5	замена окон	664 440	50 249	4 330	153	229

Финансовый анализ выявил:

- текущая цена на тепловую энергию – 0,81 руб/м<sup>3</sup>.
- средняя цена на электроэнергию – 0,54 руб/кВтч.

В расчетах принята средняя цена за последние 3 года.

Все предложенные меры были приняты для анализа.

Сроки окупаемости остальных мероприятий представлены в таблице ниже. Необходимо отметить, что самым быстрым восстановлением является мера по замене освещения.

Авторам исследования удалось провести:

- 1) анализ существующих нормативных методов оценки теплоустойчивости ограждающих конструкций;
- 2) теплотехнический расчет ограждающих конструкций здания;
- 3) мероприятия по усовершенствованию конструкции здания с помощью изоляционного покрытия;
- 4) анализ экономического эффекта объекта и срока окупаемости каждого мероприятия.

Как по тепловой части, так и по электрической, предлагается реализовать комплекс мероприятий:

- утепление стен;
- утепление кровли;

- утепление пола первого этажа;
- замена устаревших столярных изделий (окон);
- изменение системы освещения.

Меры по снижению потерь энергии, предложенные для аудита анализируемого жилого здания, эффективны, и, как следствие, ведут к уменьшению потребления первичной энергии.

В результате проведенных мероприятий можно наблюдать изменение тепловых потерь ограждающих конструкций данного объекта:

а) стены до ремонта 121559 кВт ч/г; после – 50613кВт ч/г;

б) крыша до ремонта 50320 кВт ч/г; после – 9483 кВт ч/г;

в) пол до ремонта 37733 кВт ч/г; после – 7739 кВт ч/г;

г) окна и двери до ремонта 86105 кВт ч/г; после – 44882 кВт ч/г;

д) освещение до ремонта 23351 кВт ч/г; после – 5904 кВт ч/г.

Таким образом, можно сделать вывод, что в исследуемом жилом общежитии большая часть ограждающих конструкций находится в поврежденном состоянии. Зданию необходим ремонт, поэтому предлагаемые мероприятия рекомендуются к реализации, несмотря на большой срок окупаемости, за исключением освещения.

Предложенные меры снизят энергопотребление, соответственно, уменьшат счета за первичные энергоресурсы.

### Цитированная литература

1. **Брикч, И.** Пути перехода к устойчивой энергетике: публикация ООН / И. Брикч. – Нью Йорк : ООН, 2020. – С. 13. – Текст : непосредственный.

2. **Сморodin, С. Н.** Основы энергоаудита объектов. Энергетический паспорт предприятия : учебное пособие / С. Н. Смородин, В. Н. Белоусов, В. Ю. Лакомкин. – Санкт-Петербург, 2014. – С. 7. – Текст : непосредственный.

3. **Тыршу, М. С.** Энергоаудит как инструмент энергосбережения / М. С. Тыршу, Д. А. Зайцев, И. В. Голуб – Текст : непосредственный // Журнал Проблемы региональной энергетики. Серия: Энергетические системы. – 2013. – № 3(23). – С. 74.

4. **Пилипенко, Н. В.** Энергетическое обследование зданий и сооружений. Энергоаудит : учебное пособие / Н. В. Пилипенко. – Санкт-Петербург, 2016. – С. 32–44. – Текст : непосредственный.

5. **Климович, С. В.** Теплотехнический расчет наружных ограждений и тепловой баланс здания / С. В. Климович, И. В. Янцевич. – Текст : электронный // Электронный учебный материал. – БНТУ. – Минск, 2019. – С. 31–42. – URL: [https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/58699/Teplotehnicheski\\_raschet.pdf](https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/58699/Teplotehnicheski_raschet.pdf) (дата обращения: 05.11.2022).

УДК 004.05:004.4

## ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В РАЗРАБОТКЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И УПРОЩЕНИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ

Ю. В. Балашова

*Рассматривается применение функционального программирования в разработке распределенных систем с акцентом на повышении надежности и упрощении тестирования. Определяются основные принципы функционального программирования, преимущества и практические примеры в сфере информационных технологий.*

**Ключевые слова:** функциональное программирование, распределенные системы, надежность, тестирование, проектирование, неизменяемость данных, параллелизм, преимущества, применение, практические примеры.

## APPLICATION OF FUNCTIONAL PROGRAMMING IN DEVELOPING DISTRIBUTED SYSTEMS TO INCREASE RELIABILITY AND SIMPLIFY TESTING

Y. V. Balashova

*This article discusses the use of functional programming in the development of distributed systems, with an emphasis on increasing reliability and simplifying testing. The basic principles of functional programming, its advantages and practical examples in the field of information technology are defined.*

**Keywords:** functional programming, distributed systems, reliability, testing, design, data immutability, parallelism, advantages, application, practical examples.

Распределенные системы играют ключевую роль в современном мире информационных технологий, обеспечивая возможность обработки и передачи данных на масштабах, превышающих возможности отдельных вычислительных устройств. Однако разработка и поддержка таких систем требует решения сложных проблем, связанных с их надежностью и тестированием. В данной статье рассма-

тривается применение функционального программирования как подхода, способствующего решению этих проблем.

### Основные принципы функционального программирования

Функциональное программирование основано на ряде принципов, отличающих его от императивного программирования, таких как неизменяемость

Для цитирования: Балашова, Ю. В. Применение функционального программирования в разработке распределенных систем для повышения надежности и упрощения тестирования / Ю. В. Балашова. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 120–125. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.



данных, использование функциональных структур данных, отсутствие побочных эффектов и возможность композиции функций [1]:

1. **Неизменяемость данных:** в функциональном программировании данные являются неизменяемыми, т. е. они не могут быть изменены после создания. Это приводит к более предсказуемому поведению программы и упрощает отладку.

2. **Функциональные структуры данных:** функциональное программирование использует специальные структуры данных, которые позволяют работать с ними без изменения исходных значений (списки, кортежи и древовидные структуры данных).

3. **Отсутствие побочных эффектов:** в функциональном программировании функции не имеют побочных эффектов, т. е. они не влияют на состояние программы за пределами своего контекста. Это улучшает чистоту функций и делает код более понятным.

4. **Чистота функций:** одним из ключевых понятий функционального программирования являются чистые функции. Чистая функция – это функция, которая удовлетворяет двум основным требованиям:

– **детерминированность:** результат чистой функции зависит только от ее входных аргументов. Это означает, что для одних и тех же входных данных функция всегда будет возвращать одинаковый результат;

– **отсутствие побочных эффектов:** чистые функции не изменяют состояние программы или ее окружение. Они не зависят

от внешних данных и не изменяют их, а возвращают новое значение, не изменяя исходное. Благодаря этим свойствам, чистые функции делают программы более предсказуемыми и упрощают их тестирование и отладку.

5. **Композиция функций:** композиция функций позволяет объединять несколько функций в более сложные конструкции, что упрощает написание кода и делает его более читаемым. Это позволяет создавать мощные и выразительные функциональные программы.

Эти принципы позволяют создавать программы, которые более просты в понимании и предсказуемы в своем поведении.

**Применение функционального программирования в разработке распределенных систем** имеет ряд значимых преимуществ [2].

Первое преимущество в том, что при проектировании распределенных систем функциональное программирование обеспечивает удобство создания модульных компонентов. Эти компоненты легко масштабируются и поддерживаются благодаря использованию функциональных принципов, таких как неизменяемость данных и композиция функций. Например, при разработке распределенной системы управления данными применение неизменяемых структур данных позволяет создать эффективные механизмы согласования состояний между различными узлами системы.

Второе важное преимущество функционального программирования в распределенных системах заключается

в обработке ошибок и обеспечении отказоустойчивости. В функциональных языках программирования используются специальные механизмы, такие как монады и типы данных, которые позволяют элегантно и безопасно обрабатывать ошибки. Например, в языке *Scala* с его функциональными возможностями можно создавать высокоотказоустойчивые распределенные системы, используя типы данных, такие как *Try*, *Either* и *Option*, для обработки и передачи ошибок между узлами.

Наконец, функциональное программирование способствует повышению масштабируемости и параллелизма в распределенных системах. Благодаря использованию чистых функций и неизменяемых данных, код легко масштабируется и может быть параллельно выполнен на множестве узлов системы. Например, при разработке веб-приложений с использованием функционального языка программирования *Clojure* можно легко распараллелить выполнение кода, что увеличит производительность и эффективность системы при обработке больших объемов запросов.

Применение функционального программирования в разработке распределенных систем приводит к целому ряду положительных результатов. Во-первых, это уменьшение вероятности ошибок и повышение надежности. Функциональное программирование обеспечивает предсказуемое поведение программы благодаря неизменяемости данных и отсутствию побочных эффектов, что существенно снижает риск возникновения ошибок и делает систему более надежной.

Кроме того, функциональное программирование значительно упрощает тестирование и отладку распределенных систем. Чистые функции и отсутствие состояния делают тестирование модульным и предсказуемым. Это позволяет быстрее выявлять и исправлять ошибки, что сокращает время, затраченное на разработку и обслуживание системы.

Наконец, применение функционального программирования способствует повышению производительности и масштабируемости распределенных систем. Благодаря чистоте функций и неизменяемости данных код становится более эффективным и легко масштабируемым. Это особенно актуально в условиях роста нагрузки на систему, когда требуется быстрое и безопасное масштабирование для обеспечения высокой производительности. Таким образом, применение функционального программирования в разработке распределенных систем открывает новые возможности для создания надежных, эффективных и масштабируемых программных решений.

Применение функционального программирования в разработке распределенных систем демонстрирует свою эффективность через несколько успешных примеров. Один из таких примеров – использование языка программирования *Erlang* для создания распределенных систем в *Telecommunications Industry*. *Erlang* известен своей способностью создавать масштабируемые, надежные и отказоустойчивые системы благодаря своей встроенной поддержке параллелизма и обработке сообщений. Например, рассмо-

трим простой пример сервера, написанного на *Erlang* (рис. 1).

В этом примере мы создаем сервер, который принимает сообщения от клиентов, обрабатывает их и отправляет ответ. *Erlang* обеспечивает безопасность и отказоустойчивость через изоляцию процессов и механизмы восстановления после ошибок [3, с. 13].

Другим успешным примером применения функционального программирования в распределенных системах является использование языка *Haskell* для создания распределенных вычислений. *Haskell* обладает мощными функциональными возможностями, что делает его идеальным инструментом для создания параллельных и распределенных приложений. Рассмотрим пример распределенного вычисления с использованием библиотеки *Cloud Haskell* (рис. 2).

Этот пример демонстрирует простую распределенную систему, в которой мастер-процесс отправляет задания рабочим процессам, а те, в свою очередь, отправляют ответы обратно. *Haskell* обеспечивает безопасность и надежность благодаря своим функциональным принципам и строгой типизации.

Применение функционального программирования в разработке распределенных систем приводит к созданию эффективных, надежных и масштабируемых приложений. Примеры успешного применения подтверждают значимость функционального программирования в сфере разработки распределенных систем.

Ниже приведены еще два примера успешного применения функционального программирования в разработке распределенных систем.

1. *Apache Spark* на *Scala*: *Apache Spark* – одна из самых популярных распределенных вычислительных систем, часто используется для обработки больших объемов данных [4, с. 153]. Она построена на языке *Scala*, который предоставляет функциональные возможности вместе с богатой библиотекой машинного обучения и анализа данных. Рассмотрим простой пример программы, которая использует *Apache Spark* для агрегации данных (рис. 3).

Этот код считывает файл *input.txt*, разбивает его на слова, подсчитывает количество вхождений каждого слова и сохраняет результат в папку *output*. *Scala*

```
-module(server).
-export([start/0, loop/0]).

start() -> spawn(server, loop, []).

loop() -> receive {From, Message} ->
  io:format("Received message: ~p~n", [Message]),
  Reply = process_message(Message), From ! Reply, loop()
end.

process_message(Message) -> % Some processing logic here
Message ++ « Processed».
```

Рис. 1. Простой пример сервера, написанного на языке *Erlang*

```

import Control.Distributed.Process
import Control.Distributed.Process.Node
import Control.Monad (forM_)

master :: [NodeId] -> Process ()
master slaves = do
  -- Отправляем задания каждому рабочему процессу
  forM_ slaves $ \node -> do
    pid <- spawn node $ worker
    send pid "Hello, worker!"

worker :: Process ()
worker = do
  -- Получаем сообщение от мастера
  msg <- expect :: Process String
  liftIO $ putStrLn $ "Received message: " ++ msg

main :: IO ()
main = do
  -- Получаем список доступных узлов
  Right t <- createTransport «localhost» «0» defaultTCPPParameters
  node <- newLocalNode t initRemoteTable
  slaves <- findSlaves node
  runProcess node $ master slaves

```

Рис. 2. Пример распределенного вычисления с использованием библиотеки *Cloud Haskell*

```

import org.apache.spark.SparkContext
import org.apache.spark.SparkConf

object WordCount {
  def main(args: Array[String]) {
    val conf = new SparkConf().setAppName("Word Count").setMaster("local[*]")
    val sc = new SparkContext(conf)
    val textFile = sc.textFile("input.txt")
    val wordCounts = textFile.flatMap(line => line.split(" "))
      .map(word => (word, 1))
      .reduceByKey(_ + _)
    wordCounts.saveAsTextFile("output")
  }
}

```

Рис. 3. Пример программы, которая использует Apache Spark для агрегации данных

обеспечивает удобный синтаксис и высокую производительность благодаря функциональным возможностям и распределенным вычислениям.

2. *WhatsApp* на *Erlang*: *WhatsApp* – одно из самых популярных приложений для об-

мена сообщениями, разработано на языке программирования *Erlang*. Этот язык обладает мощными возможностями распределенного программирования, что позволило *WhatsApp* создать надежную и масштабируемую платформу для обработки миллиардов

сообщений в реальном времени. Применение *Erlang* в *WhatsApp* также обеспечивает высокую доступность, надежность и производительность системы, что делает его одним из лидеров в данной области.

Все перечисленные примеры подтверждают эффективность применения функционального программирования в разработке распределенных систем, в результате которого обеспечивается высокая производительность, надежность и масштабируемость приложений.

По итогам проведенного анализа можно сделать вывод о том, что функциональное программирование имеет преимущества перед императивным.

Одним из ключевых преимуществ функционального программирования перед императивным является неизменяемость данных. В функциональном подходе данные считаются неизменяемыми, то есть после их создания они не могут быть изменены, а любая операция над данными создает новую структуру данных, не затрагивая исходные. Это обеспечивает безопасность и предсказуемость работы программы, поскольку исключает случаи неожиданных изменений состояния данных, которые могут возникнуть в императивном стиле программирования.

Еще одним преимуществом функционального программирования является отсутствие побочных эффектов. Функции в

функциональном программировании являются чистыми, то есть они не имеют побочных эффектов и возвращают значение только на основе своих аргументов. Это делает программы более предсказуемыми и легкими в понимании, поскольку отсутствует необходимость отслеживать изменения состояния программы, вызванные побочными эффектами.

Таким образом, функциональное программирование имеет преимущество перед императивным программированием благодаря своей способности обеспечивать безопасность данных и предсказуемость работы программы за счет неизменяемости данных и отсутствия побочных эффектов.

### Цитированная литература

1. Функциональное программирование. – URL: <https://metanit.com/common/langs/1.2.php> (дата обращения: 10.04.2024). – Текст : электронный
2. Применение принципов функционального программирования при проектировании. – URL: <https://habr.com/ru/articles/482938/> (дата обращения: 11.04.2024) – Текст : электронный.
3. **Armstrong J.** Programming Erlang: Software for a Concurrent World. – LLC, 2013. – С. 13–16.
4. **Paul Chiusano, Rúnar Bjarnason.** Functional Programming in Scala. – USA, 2014. – С. 153–156.

# ЭКОНОМИКА. УПРАВЛЕНИЕ

УДК 338.2

## ОПРЕДЕЛЯЮЩАЯ РОЛЬ ГОСУДАРСТВА В РЕГУЛИРОВАНИИ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ

*И. В. Васильев*

*Рассматриваются основные причины государственного вмешательства в рыночную экономику; объекты, цели, функции и приоритеты государственного регулирования экономики; дается понятие сущности государственной экономической политики; оценивается результативность и степень вмешательства государства в экономику страны. Кратко оцениваются будущие возможные инструменты для регулирования рыночной экономики.*

**Ключевые слова:** государственное регулирование экономики, функции государства, ограничение монополии, объект и субъект регулирования.

## THE DETERMINING ROLE OF THE STATE IN THE REGULATION OF THE MARKET ECONOMY

*I. V. Vasiliev*

*It examines the main reasons for government intervention in the market economy; objects, goals, functions and priorities of state regulation of the economy; the concept and essence of state economic policy is given; the effectiveness and degree of government intervention in the country's economy is assessed. Future possible instruments in regulating a market economy are briefly assessed.*

**Keywords:** state regulation of the economy, functions of the state, restriction of monopoly, object and subject of regulation.

Последние события в мировой экономической системе заставляют многих теоретиков в очередной раз пересматривать взгляды на роль государства в экономической системе заставляют многих теоретиков в очередной раз пересматривать взгляды на роль государства в экономической системе общества. Общая картина достаточно разнообразная, но многие сходятся как минимум на одном – в период кризиса экономическая функция

Для цитирования: **Васильев, И. В.** Определяющая роль государства в регулировании рыночной экономики / И. В. Васильев. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 126–135. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.

государства должна возрастать. При этом одни рассматривают эту тенденцию как временную и вынужденную, другие – как закономерный долгосрочный исторически обусловленный тренд [1].

Таким образом, проблема государственного вмешательства в экономику является основной для любого государства. Рыночная экономика не в состоянии поддерживать стабильный уровень развития. Цикличность в виде взлетов и падений экономической активности нарушает ритм и порядок в обществе, что требует принятия дополнительных мер для решения возникающих проблем (безработица, снижение государственных доходов и др.), а также поддержания стратегических направлений развития государства, правопорядка, социальной защищенности населения и др.

Необходимо отметить и порождение рыночной экономикой концентрации производства, а также появление монополии. Это экономическое явление, которое угрожает стабильности рынка, – может возникнуть дефицит товаров, произойти рост цен и снижение качества продукции. Также рыночный механизм не в состоянии полностью удовлетворять коллективные потребности людей, поэтому кто-то должен позаботиться о производстве достаточного количества общественных товаров и услуг. В экономической жизни рынок также не обеспечивает социально справедливое распределение дохода, не гарантирует право на труд. Рыночного инструментария абсолютно недостаточно для осуществления стратегических планов, намеченных государством.

В настоящее время рыночный механизм, основанный на взаимодействии спроса и предложения, не способен решить и многие другие вопросы, например, вопрос о социальной незащищенности граждан страны, о защите окружающей среды, о правопорядке и т. д. Поэтому должен существовать такой институт, который сможет решить эти вопросы. В современном мире таким институтом является государство.

На протяжении длительного времени, наряду с определением природы государства, формулировались и основные задачи государства, решались вопросы по установлению определенных границ между государством и обществом. Именно в этом, а также в вопросах, чем должно заниматься государство в настоящее время и чем придется заниматься в будущем, какая экономическая роль государства сможет в перспективе быть жизнеспособной и заключается *актуальность* настоящего исследования.

Целью данной статьи является рассмотрение проблемы необходимости государственного регулирования экономики (определение целей), анализ основных форм и методов, при помощи которых государство способно регулировать экономические процессы, происходящие внутри страны, уточнение функций государства, а также оценка результативности государственного регулирования экономики, его влияние на уровень благосостояния и качество жизни населения страны.

Выделяются четыре *главные цели* государственного регулирования экономики, за достижение которых государство несет ответственность:

- экономический рост;
- полная занятость населения;
- стабильность цен на товары и услуги;
- внешнеэкономическое равновесие.

В обязанностях государства должны сосредоточиваться и усилия по повышению роли рынка (это очень важно в силу его единообразного подхода ко всем субъектам экономических отношений) и, одновременно, по смягчению его «провалов», по более полной реализации неуклонно возрастающей взаимосвязи экономических и социальных отношений, в связи с чем можно перечислить следующие наиболее важные *экономические функции* государства [2]:

1. Поддержка стабильности рыночной системы хозяйствования, в том числе путем совершенствования законодательной базы и создания благоприятной экономической среды (установление соответствующего уровня налогообложения и государственных расходов, регулирование денежной массы, внешней торговли, обменного курса валюты).

2. Защита конкуренции. Учитывая, что функционирование предпринимательства, законы спроса и предложения зависят от конкуренции, государство поддерживает конкуренцию, создает правовую основу, информирует бизнес и население об условиях поведения на рынке, оказывает помощь в решении экономических споров.

3. Участие в справедливом распределении внутренних ресурсов в целях повышения эффективности производства и улучшения благосостояния населения.

4. Участие в перераспределении доходов в обществе для соблюдения принципа социальной справедливости: прогрессивное налогообложение, помощь малоимущим гражданам, многодетным семьям, инвалидам.

Перечень функций государства этим отнюдь не исчерпывается. Государство, начиная решать проблемы, непосильные рынку, должно обеспечить свободу предпринимательству (что особенно сложно удается сделать), законность и порядок в хозяйственной жизни, стимулировать деловую активность предпринимательского сообщества и использование имеющихся научно-технических достижений в обществе. За государством сохраняется организация денежного обращения и обеспечение устойчивости национальной валюты, организация социального обеспечения населения, проведение масштабных структурных преобразований в промышленности, развитие фундаментальной науки, поддержание приемлемого уровня обороноспособности, производство общественных благ, контроль за внешнеэкономической деятельностью, включая организацию таможенной службы и многое другое. Это так называемые классические функции государства, составляющие как бы нижнюю границу его вмешательства в рыночную экономику [3].

К исключительной прерогативе государства относятся высшие национальные интересы, экономическая безопасность, гарантом и защитником которых оно является. Государство обязано соблюдать баланс общественных интересов, социальной стабильности и защищать наци-



ональные интересы путем организации контроля за национальными ресурсами при проведении внутренней и внешней политики. Здесь важное место занимает управление предприятиями и организациями, находящимися в государственной собственности. При этом их перечень должен быть ограничен объектами, имеющими общегосударственное значение (в разных странах перечень организаций и предприятий может быть разным, все зависит от структуры экономики, ее размера, природных ресурсов, институциональных особенностей и др.).

Очень важно, чтобы государство, взвалив на себя груз ответственности за поддержание и регулирование экономических процессов в обществе, смогло охватить все объекты, требующие государственного регулирования: отрасли экономики, различные сферы деятельности, территории, а также неординарные ситуации, явления и условия социально-экономической жизни страны, где появились или могут появиться сложности, проблемы, не разрешаемые самостоятельно или разрешаемые в отдаленном будущем, в то время как снятие этих проблем настоятельно необходимо для нормальной деятельности экономики и сохранения социальной стабильности в обществе.

К основным объектам государственного регулирования экономики относятся [4]:

- экономический цикл;
- отраслевая и региональная структура экономики;
- условия формирования денежных фондов;

- занятость населения;
- денежное обращение национальной валюты;
- платежный баланс страны;
- ценовая политика;
- развитие науки и новых технологий (НИОКР);
- условия конкуренции;
- социально-трудовые отношения, в том числе социальное страхование;
- подготовка и повышение квалификации трудоспособного населения;
- сохранение окружающей среды;
- внешнеэкономические связи.

Перечисленные объекты могут выступать в различных формах: хозяйственный цикл, накопление ресурсов (в масштабах страны); отдельные проблемы на уровне отраслей экономики и территориальных комплексов; взаимосвязи между субъектами хозяйствования (условия конкурентной борьбы, производственные связи, отношения между объединениями профсоюзов и работодателей) и др.

В качестве субъектов государственного регулирования экономики выступают законодательные, исполнительные и судебные органы государственной власти.

Надгосударственные политические и международные организации, такие как Международный валютный фонд, Всемирный банк, Всемирная торговая организация (ВТО) и т. д., также являются субъектами регулирования, но в настоящее время, в связи с развернутой санкционной борьбой США и Запада против России, Ирана, Китая и другими факторами, во многом их деятельность стала менее активной. ВТО в настоящее время больше похожа

на прогнозно-аналитический центр, чем на центр по регулированию правил торговли между своими членами.

Одновременно важными наднациональными субъектами государственного регулирования выступают группы стран с общими целями регулирования национальных экономик и применяющие общие механизмы регулирования. Например, в рамках такой интеграционной системы можно назвать набирающее силу межгосударственное объединение БРИКС. В качестве наднационального субъекта регулирования европейской экономики, по-прежнему, выступает Европейский союз.

Государству также очень важно определить направления управления рыночной экономикой с целью установления понятной и исчерпывающей системы государственного управления ею. Это, как правило:

- денежное регулирование в том числе эмиссия денег;
- разработка правовой базы рыночных отношений, включая защиту частной собственности и прав потребителей;
- поддержание конкуренции и мер, направленных на снижение (недопущение) монополизации экономики;
- развитие сектора общественных благ (образование, фундаментальная наука, правоохранительная деятельность, сфера услуг, реализация задач, связанных с обороной страны);
- охрана окружающей среды (минимизация последствий деятельности промышленных предприятий);
- поддержка социально уязвимых категорий населения.

Важной функцией государства является выработка и реализация национальных приоритетов, в том числе в социально-экономической сфере:

- обеспечение экономического роста и достижения устойчивого развития национальной экономики;
- обеспечение роста общественной производительности труда путем реализации инвестиционной и инновационной политики и ускорения научно-технического прогресса;
- всемерное содействие развитию образования и росту профессиональной квалификации рабочей силы;
- совершенствование социальной функции государства, в том числе в области пенсионного и медицинского страхования;
- модернизация экологических регуляторов [5].

Необходимо отметить, что экономическая наука выработала конкретные рекомендации в сфере государственного регулирования рыночной экономики, главными инструментами которого являются налоги, ставка процента за кредит, денежное предложение, государственные инвестиции и субсидии, субвенции, дотации, государственные заказы и закупки, целевые программы, прямое управление государственным сектором экономики, хозяйственное законодательство и др. Результативность государственного управления заключается в сопоставлении достигнутых результатов с затратами. Если экономика демонстрирует рост ВВП, увеличение доходов населения, увеличение экспортной выручки, стабильный курс национальной валюты,

низкую инфляцию, то уровень государственного управления можно признать положительным и способствующим повышению благосостояния народа. Конечно, в процессе работы могут появляться и определенные диспропорции, отрицательно сказывающиеся на социальной защищенности граждан, например, безработица на рынке труда и др.

Косвенно оценить участие государства в процессе регулирования рыночной экономики можно с помощью таких показателей, как соотношение доходов государственного бюджета и ВВП и, соответственно, налоговых поступлений в бюджет и ВВП: чем выше эти показатели, тем выше уровень участия государства в регулировании рыночной экономики страны.

Также об эффективной деятельности государства в управлении экономикой свидетельствуют результаты использования и распределения финансовых ресурсов страны. Бюджетные средства распределяют государственные чиновники, которые не всегда принимают необходимые решения точно и в срок, в отличие от частных владельцев, рискующих своими деньгами, что снижает эффективность экономической деятельности и является причиной сокращения инвестиций в дальнейшее экономическое развитие. Следовательно, ограничиваются возможности экономического роста.

Очень часто причиной низкой эффективности деятельности государственных предприятий является нарушение основных принципов функционирования рыночной экономики со стороны госу-

дарственных органов управления (прямое вмешательство в управление предприятиями) или использование политики протекционизма (налоговые льготы, бюджетные компенсации), что не способствует конкурентной борьбе, а в большей степени развивает у государственных предприятий иждивенческие настроения.

При этом не нужно считать, что снижение степени вмешательства государства в экономику, однозначно, улучшит ситуацию на рынке. Без помощи государства не обойтись, и речь должна идти не о командовании частным предпринимательством, а об освобождении рынка от монополизма, о расширении рынков сбыта, о снижении ведомственного контроля и других факторов, которые препятствуют функционированию рыночного механизма.

Кстати, важность конкурентной борьбы понимали и пытались поддерживать и в советской, плановой или распределительной экономике, пусть даже немного в иной форме. Еще в 1929 году было принято Постановление ЦК ВКП (б) о социалистическом соревновании фабрик и заводов.

Отдельно необходимо рассматривать и тему качества анализа экономических процессов в обществе. Существующие инструменты оценки исполнения стратегических и целевых программ, индикативных и текущих планов достаточно полно дают представление о происходящих в них процессах, об их количественных аспектах. Но очень важным механизмом повышения качества мониторинга исполнения программ и планов является образование и компетентность государственных

служащих. От диапазона аналитических методов, используемых чиновниками, во многом будет зависеть окончательный результат и оценка эффективности используемых денежных и материальных ресурсов. Также, кроме официальной статистики, необходимо использовать маркетинговые исследования, всевозможные опросы участников рынка, конечных потребителей товаров и услуг и т. п.

Очень важно предусматривать сопоставимость экономических и социальных результатов выполненных работ с аналогичными результатами близлежащих стран или предыдущими успешными периодами у себя в стране. При этом государство должно быть всегда нацелено на практическое разрешение возможных проблем, компенсацию потерь, снятие барьеров и ограничений деловой активности.

В основе модели государственного управления экономикой должна лежать формула, состоящая из трех главных факторов: «стабильное развитие – управляемость процессами – рост благосостояния и качества жизни населения».

Давно подсчитано, что для дестабилизации какой-либо социально-экономической системы страны требуется вложить в десятки раз меньше, чем в создание системы государственного управления и социального обеспечения населения. Например, главной причиной недовольства граждан очень часто является социальное неравенство. Налоговая политика государства и модель государственных расходов должна способствовать перераспределению денежных средств от более обеспеченных к менее обеспеченным. Также

всегда необходимо следить за ростом заработной платы (индексацией доходов) и недопущением большой разницы в заработной плате руководителей и рядовых сотрудников. Нужно оказывать помощь многодетным семьям и молодым специалистам, должны быть государственные гарантии сохранения банковских вкладов (для стимулирования роста инвестиционной деятельности в экономике) и многое другое, что воспринимается как само собой разумеющееся. А политика защиты малоимущих должна проводиться до того момента, пока в стране не будет населения, живущего за чертой бедности. Этот показатель должен быть в качестве основных при оценке деятельности правительства страны и региональных руководителей.

Фактор управляемости можно считать важнейшим инструментом развития общества и необходимым условием повышения эффективности производства. Государство должно определять направления и приоритеты в управлении экономикой исходя из главной цели – повышения уровня и качества жизни народа. Это необходимо осуществлять через прогнозирование и планирование социально-экономического развития государства. Можно вернуться к пятилетнему планированию, как в советское время, можно принимать и более долгосрочные планы и прогнозы, суть – в их содержании и контроле исполнения.

Это достаточно большая и очень тщательная работа министерств, ведомств, но к ней необходимо привлекать и вузы, и независимых экспертов. Важно помнить, что удачные инвестиции окупаются быстро и с

большой долей прибыли, что в принципе является нормой для рыночной экономики.

Планирование и прогнозирование экономических и социальных проектов в обществе – это ничто иное, как анализ и оценка уже сделанного, а также средство обратной связи для органов власти, чтобы своевременно корректировать плановые показатели или даже изменять отдельные направления развития. В этом и состоит роль и суть работы государства.

Эффективнее, с учетом всех факторов государственного развития, на данном этапе общественных отношений, не сможет выполнить эту работу никто, кроме государства. У предпринимательского сообщества, опять же в силу природы бизнеса, свои интересы, свои задачи. И это накладывает особую ответственность на чиновников, на привлекаемых специалистов-экспертов. Приходится многое брать под контроль: спрос и предложение, регулирование цен и рынков сбыта. Нужно улавливать запросы населения, оценивать возможности промышленного производства, регулировать внешние и внутренние экономические связи. Также надо учитывать и имеющийся опыт, который показывает, что без государственного регулирования экономических процессов рынки быстро теряют балансировку, становятся монопольными и экономика идет на спад, общее производство снижается, население беднеет, мигрирует и т. д.

Благосостояние и качество жизни населения являются следствием стабильности развития и управляемости в обществе. Поэтому уровень бытового и медицинского обслуживания, транспортной дос-

тупности, обеспеченность учреждениями общественного питания, объектами социально-культурного назначения должны достигаться по определенным, понятным для всего населения стандартам, утвержденным правительством страны.

В рамках «электронного правительства» должна совершенствоваться система взаимодействия населения с государственными структурами. Именно по качеству оказания публичных услуг граждане оценивают эффективность деятельности органов государственного управления и местного самоуправления. Но бывают случаи, когда граждане, обращаясь в органы государственного управления, встречаются с различными нарушениями, в том числе и с нарушениями норм профессиональной этики.

Очень важно, чтобы и население, а именно трудоспособное население, стало полноценным участником рыночных отношений, стремилось повышать свой профессиональный уровень, работоспособность и мотивацию к труду. Это задача, которую тоже должно решать государство, «невидимая рука» рынка этого делать не будет.

Еще один важный фактор, который доказывает однозначность присутствия в экономике государства, это тот, что благодаря его бюрократической машине, а именно свойственных ему механизмов неспешности и длительного обдумывания, можно быть гарантированным от резких изменений в экономической политике и поспешного использования в ней самых внешне привлекательных теоретических концепций. Таким примером может служить процесс разгосударствления и приватизации

государственной собственности. В ходе крупномасштабной приватизации были допущены серьезные ошибки, затронуты интересы почти всех слоев населения. Но достаточно быстро были сделаны выводы, что-то удалось исправить сразу, а что-то уже не допускалось впредь.

Также надо учитывать, что обособленность государственного регулирования экономикой необходимо доказывать постоянно, в связи с тем, что результативность экономической политики государства станет гораздо выше и весомее с достижением оптимального баланса между интересами государства и рынка.

Можно сделать вывод, что вмешательство государства в регулирование рыночной экономики должно быть нацелено на общее макроэкономическое равновесие в обществе, на сбалансированность всех основных видов рынков в обществе: финансового, товарного и факторов производства. Для этого необходимо налаживать взаимодействие внутри каждого вида рынка для достижения баланса интересов сторон рынка, что очень важно, так как, кроме социально-экономических проблем, разрешается, автоматически, и проблема укрепления единства государства, его стабильности и уверенности в дальнейшем развитии.

Если заглянуть в будущее, то, вероятно, появятся и новые инструменты регулирования. Расходы государства, возможно, будут расти. Часть того, чем в настоящее время занимается государство, будет только регулироваться им – образование, здравоохранение, социальное обеспечение. Но регулирование будет направлено именно

на то, чтобы помогать гражданам, а не обеспечивать возможности извлечения ренты теми, кто будет оказывать эти услуги. Развитие частных альтернатив не означает, что государство сможет полностью отстраниться и довериться рынку. Скорее, оно подразумевает иную роль государства и использование новых политических инструментов. Правительства должны будут предоставлять гражданам больше качественной информации в доступной форме (в электронной форме в форме государственных услуг) для того, чтобы те могли делать правильный выбор. В прошлом на эту регуляторную и информационную роль государства обращалось мало внимания. В сегодняшнем новом мире государство должно предоставлять финансовые средства тем, кто действительно беден (кто по объективным причинам не способен работать), чтобы они могли приобретать на рынке ряд основных, жизненно необходимых услуг, которые до этого они получали от государства бесплатно или по льготным ценам.

Таким образом, государство вместо предоставления дорогих универсальных услуг, доступных всем гражданам как богатым, так и бедным, начнет предоставлять адресную денежную помощь (возможно, из специализированных фондов). Естественно, что эти вопросы будут решаться во взаимосвязи с другими объектами государственного регулирования, в частности, с занятостью населения, налоговой политикой, чтобы сделать процесс перераспределения средств максимально справедливым, а самое главное открытым, понятным и прогнозируемым.

Только время может показать, возможна ли такая новая роль государства, и окажется ли она более эффективной, чем современная роль. От того, сможет ли государство ее играть, зависит само выживание рыночных экономик [1].

### Цитированная литература

1. **Вито Танци.** Правительство и рынки : меняющаяся экономическая роль государства / Вито Танци. – Текст : электронный // Экономическая политика. – 2017. – № 1. – С. 134–165. – URL: [https://ecpolicy.ru/oldart/stories/2017\\_1/tancy.pdf](https://ecpolicy.ru/oldart/stories/2017_1/tancy.pdf).

2. **Куличков, Е. Н.** Государственное регулирование рыночной экономики / Е. Н. Куличков, С. С. Чеботарев, В. Г. Шевченко. – Текст :

электронный // Экономические стратегии. – 2005. – № 7. – С. 64–67. – URL: <https://e.mail.ru/inbox/?authid=13iqyb8z.m4e&back=1%2C1&dwhsplit=s10273>.

3. **Мамедов, О. Ю.** Современная экономика. Лекционный курс: учебное пособие для студентов вузов / О. Ю. Мамедов. – Ростов на Дону: Феникс, 2009. – С. 327–334. – Текст : непосредственный.

4. **Баликоев, В. З.** Краткий курс экономической теории : учебник для студентов вузов / В. З. Баликоев. – Москва: Менеджер, 2012. – С. 297–300. – Текст : непосредственный.

5. **Платонова, Е.** Экономические системы и их трансформация / Е. Платонова. – Текст : электронный // Мировая экономика и международные отношения. – 2009. – № 7. – С. 30–40. – URL: <https://doi.org/10.20542/0131-2227-1998-7-30-40>.

УДК [330.5: 336.6] (478)

## ВЛИЯНИЕ ИНОСТРАННЫХ ИНВЕСТИЦИЙ НА УКРЕПЛЕНИЕ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ГОСУДАРСТВА

*А. И. Есир*

*Рассматривается влияние иностранных инвестиций на финансовую устойчивость государства. Исследуются показатели, характеризующие финансовую устойчивость. Анализируется инвестиционная составляющая Приднестровья.*

**Ключевые слова:** *инвестиции, финансовая устойчивость, инвестиционная привлекательность, бюджетная система, инвестиционная политика, миграция капитала.*

## THE IMPACT OF FOREIGN INVESTMENTS ON STRENGTHENING THE FINANCIAL STABILITY OF THE STATE

*A. I. Esir*

*The author examines the impact of foreign investments on the financial stability of the state. Examines indicators that characterize financial stability. It analyzes the investment component of Pridnestrovie.*

**Keywords:** *investment, financial stability, investment attractiveness, budget system, investment policy, capital migration.*

В сегодняшних реалиях ни одно государство мира не может стабильно и эффективно существовать без грамотно продуманной системы управления финансами, одной из главных составляющих которой является финансовая устойчивость.

Роль и значение государства в развитии национальной экономики и всего мирового хозяйства зависит не от вмешательства в рыночный механизм, а от участия в обеспечении как внутренних, так и внешних условий эффективного функционирования экономики. Финансово устойчивым государство может быть лишь тогда, когда оно формирует и обес-

печивает условия эффективности самой экономики.

Проблемы обеспечения устойчивого развития, безусловно, находятся в приоритете для каждого государства, в том числе и Приднестровья. Для обеспечения финансовой устойчивости многие государства мира проводят огромную работу, мобилизуя как внутренние, так и внешние ресурсы. Для получения результатов от данной работы необходимо в первую очередь определиться с правильным пониманием определения «финансовая устойчивость». Законодательные акты многих стран содержат различные понятия – «финансовая

Для цитирования: **Есир, А. И.** Влияние иностранных инвестиций на укрепление финансовой устойчивости государства / А. И. Есир. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 136–141. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.



устойчивость», «устойчивость бюджетной системы», «устойчивость финансовой системы», «устойчивость экономического развития», которые не имеют законодательно закреплённой дефиниции [1].

Применительно к общественным финансам термин «финансовая устойчивость» практически не используется в юридической науке. Вместе с тем в финансовой науке имеется большое количество исследований, посвящённых проблеме изучения финансовой устойчивости. Исторически сложилось, что данную экономическую категорию применяют для исследования финансовой устойчивости корпоративных клиентов. Но, несмотря на историчность исследования данного вопроса, до сих пор нет единого мнения о сущности содержания и механизмов обеспечения финансовой устойчивости.

Обзор законодательства разных стран позволяет сделать вывод о том, что понятие «финансовая устойчивость» (financial stability) представляет собой совокупность мероприятий, при которых обеспечивается способность государства противостоять воздействию негативных внутренних и внешних факторов (рисков). При этом, раскрывая данное понятие, эти государства обосновывают ряд показателей, при достижении которых финансовая система считается устойчивой, или же устанавливают полномочия органов государственной власти по обеспечению финансовой стабильности [2].

На состояние финансовой устойчивости Приднестровья влияние оказывают факторы, определяющие его экономическое развитие. В условиях дефицита бюджетных средств рост экономической ак-

тивности может положительно повлиять на повышение экономического потенциала. Основой этого роста должна стать активная инвестиционная политика органов государственной власти Приднестровья, в том числе по привлечению иностранного капитала в экономику. Государство должно сделать все возможное, чтоб активизировать внутренний инвестиционный потенциал. Кроме этого необходимо обратить внимание на привлечение стратегического иностранного инвестора, который приходит всерьёз и надолго. Для таких инвесторов государство должно разработать различные мероприятия как по защите и поддержке на законодательном уровне, так и в вопросе обеспечения качественными человеческими ресурсами.

Сбалансированность и устойчивость бюджетной системы на стратегической основе являются важнейшими предпосылками обеспечения макроэкономической стабильности, что способствует формированию условий для экономического роста Приднестровья. Инвестиционная политика органов государственной власти Приднестровья, направленная на повышение конкурентоспособности, инвестиционной привлекательности, является важнейшим фактором обеспечения устойчивости финансово-бюджетной системы. Финансовая устойчивость Приднестровья и уровень инвестиционной привлекательности государства – взаимосвязанные и взаимодополняющие показатели: с одной стороны, высокий уровень финансово-бюджетной устойчивости субъектов Приднестровья создает привлекательность для потенциальных инвесторов, и, с другой стороны, высокий уровень инвестиционной

активности обеспечивает финансово-бюджетную устойчивость за счет роста поступления налогов [3].

Несмотря на активную работу государственных органов власти, существующий уровень развития инвестиционного потенциала не решает задачи обеспечения финансовой устойчивости Приднестровья, что подтверждается дефицитом государственного бюджета длительное время.

В табл. 1 рассмотрим некоторые данные государственного бюджета.

Материалы исследования за 2018–2020 гг. свидетельствуют о том, что доходы государственного бюджета росли в 2018–2019 гг. достаточно хорошими темпами. Но в 2020 г. видим уменьшение доходов бюджета, и эта ситуация связана с пандемией, когда экономические агенты Приднестровья не имели возможности вывозить продукцию за пределы государства и реализовывать ее, а также со снижением инвестиционной активности.

Общий объем налоговых и неналоговых доходов за этот период вырос в 2018–2019 гг., опередив уровень инфляции за этот же период, а в 2019 г. снизился. Это свидетельствует об увеличении поступления ключевых налогов в 2018–2019 гг. и об их уменьшении в 2020 г.

Таблица 1

Некоторые данные государственного бюджета республики за 2018–2020 гг. (млн. руб.)<sup>1</sup>

	2018 год	2019 год	2020 год
Доходы	2981,6	3087,2	2918,4
налоговые доходы	2060,0	2082,5	1857,7
неналоговые доходы	109,7	124,3	106,4

\* Составлено автором на основе данных статистического ежегодника Приднестровской Молдавской Республики за 2021 г.

Важно отметить, что существует прямая зависимость финансовой устойчивости от инвестиционной активности государства, от его инвестиционной привлекательности как для приднестровских, так и для иностранных инвесторов.

Проанализируем в табл. 2 инвестиционную составляющую Приднестровской экономики на сегодняшний день согласно официальным данным Ежегодника ГСС (без субъектов малого предпринимательства).

Анализ данных табл. 2 показывает, что в общем объеме инвестиций в основной капитал по объектам производственного назначения на конец 2020 г. наблюдается спад с 86,6 % до 76,2 %. Общее падение составило 10,4 %, а по объектам непроизводственного назначения ситуация обратная. По формам собственности наибольший спад наблюдается у частных организаций на 9,7 % в 2020 г. по отношению к 2019 г. Структура источников финансирования претерпела следующие изменения: рост средств из республиканского бюджета на 4,8 %, финансирование из местного бюджета также увеличилось на 0,4 %, а вот за счет собственных средств корпоративных клиентов – уменьшилось на 4,6 %.

Мировые кризисные явления существенно ограничивают инвестиционные возможности хозяйствующих субъектов, что выражается в сокращении капитальных вложений не только в экономику Приднестровья, но и в экономику многих стран мира.

Проанализируем инвестиции субъектов малого предпринимательства в табл. 3 по данным Ежегодника ГСС за 2018–2020 гг.

Анализ данных табл. 3 показывает снижение инвестиций в основной капитал по субъектам малого предпринимательства. Финансирование инвестиций за счет собственных средств упало на 10,9 % в 2020 г. по отношению к 2019 г. В отраслевом разрезе инвестиционная деятельность показала результаты роста в отраслях промышленности, сельского хозяйства, строительства, а вот по отраслям

транспорта и связи, отдыха и туризма виден спад, но наибольший спад произошел в отрасли с недвижимым имуществом с 24,8 до 0,2.

Несомненно, что такие показатели продиктованы пандемией, специальной операцией, а также эпидемией гриппа. В таких условиях необходимо, в первую очередь, вывести страну из кризиса, затем улучшить ее устойчивость.

Таблица 2

## Динамика инвестиций Приднестровья за 2018–2020 гг.\*

	2018 год	2019 год	2020 год
<b>Ввод в действие основных средств, тыс.руб.</b>	1 398 326	1 499 072	1 265 985
<b>Инвестиции в основной капитал</b>	1 387 909	1 737 421	1 407 950
а) в том числе по объектам:			
– производственного назначения	1 179 112	1 504 209	1 072 492
– непроизводственного назначения	208 797	233 212	335 458
б) по формам собственности:			
– государственная	300 287	362 572	371 583
– муниципальная	119 039	139 169	174 747
– частная	961 392	1 220 257	852 448
– другие формы собственности	7 191	15 423	9 172
в) финансируемые за счет:			
– республиканского бюджета	94751	132150	175124
– местного бюджета	22236	38960	38326
– собственных средств организаций	1182200	1496069	1147138
– прочих источников	88722	70242	47362

Таблица 3

## Инвестиции субъектов малого бизнеса\*

	2018 год	2019 год	2020 год
<b>Ввод в действие основных средств, тыс. руб.</b>	267 685	419936	391 767
<b>Инвестиции в основной капитал – всего тыс. руб.</b>	292 681	46 082	355 574
а) из них финансируемые за счет собственных средств организаций	262 706	430 024	292 870
б) по основным отраслям экономики			
– промышленность	26 614	35 451	40 016
– сельское хозяйство	155 015	158 926	167 856
– транспорт и связь	5 949	6 098	4 007
– строительство	7 697	7 831	40 423
– торговля и общепит	54 402	41 133	34 639
– операции с недвижимым имуществом	6 048	114 158	828
– физкультура, отдых, туризм	1 501	27 062	8 660
– прочие отрасли	35 455	70 162	59 145

\* Составлено автором на основе данных статистического ежегодника Приднестровской Молдавской Республики за 2021 г.

На наш взгляд, один из шагов – улучшение инвестиционного климата для привлечения иностранных инвестиций. Глобальная экономика немыслима без движения капитала за пределы национальных границ.

В разные периоды времени причинами миграции капитала занимались именитые школы: кейнсианская, неокейнсианская, марксистская.

Занимались движением капитала и видные ученые А. Смит и Д. Рикардо, которые установили взаимосвязь между ограничениями на вывоз капитала и покупательной способностью национальной денежной единицы [4].

Неокейнсианская школа выявила взаимосвязь между вывозом капитала и состоянием платежного баланса страны. Ученые этого направления утверждают, что вывоз капитала возрастает при превышении экспорта товаров и услуг над импортом. А марксисты исходят из избыточности капитала в стране-доноре.

С развитием мировой экономики появилось большое количество различных концепций, объясняющих перемещение капитала между странами и экономиками.

Одной из таких теорий является теория американского экономиста С. Кузнецова, утверждающая, что иностранный капитал нужен слабым экономикам для получения необходимого им импорта и формирования сбережения для дальнейших инвестиций. Другими словами, чтобы приднестровская экономика когда-то начала вывозить капитал, она должна сперва его создать через импорт товаров, работ, услуг. Однозначно то, что любое госу-

дарство от импорта прямых инвестиций ожидает получение новых технологий, передовых знаний, но нередки случаи получения неконкурентоспособных знаний и технологий.

Однако зачастую для таких стран приобретение дорогостоящей технологии является невозможной из-за ограниченности ресурсов, и в этом случае единственным выходом является привлечение прямых иностранных инвестиций, которые способствуют не только появлению новых производств, но и созданию рабочих мест и, в конечном итоге, повышению уровня жизни населения (так как на этих производствах оплата труда выше).

Также обозначенные тенденции подтверждаются словами президента Приднестровской Молдавской Республики Вадима Николаевича Красносельского: «Приднестровье стремится быть привлекательным для капиталовложений. Сегодня мы можем предложить инвесторам: государственные гарантии собственности, стабильность налоговой и тарифной политики, систему льгот, трудовые ресурсы и транспортную логистику – только хороший бизнес и никакой политики» [7].

Таким образом, Приднестровье будет обладать финансовой устойчивостью и конкурентоспособностью тогда, когда будет иметь международные мобильные инвестиции.

Для привлечения прямых иностранных инвестиций в Приднестровье создано Агентство по инвестициям и развитию, которое собрало воедино и опубликовало на своем сайте «Банк проектов». На сайте

представлены 20 проектов в разных отраслях, которые ждут своего инвестора.

### Цитированная литература

1. **Поветкина, Н. А.** Понятие финансовой устойчивости в Российской Федерации и зарубежных странах: правовой аспект // Н. А. Поветкина, С. В. Янкевич. – Текст : электронный // Журнал зарубежного законодательства и сравнительного правоведения. – № 4–2015. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-finansovoy-ustoychivosti-v-rossiyskoy-federatsii-i-zarubezhnyh-stranah-pravovoy-aspekt> (дата обращения : 22.04.2024).

2. Закон о банках Англии (Banking Act), 2009 г.; Закон США о финансовой стабильности (Financial Stability Act), 2010 г.; Закон ФРГ о мониторинге финансовой стабильности, 2012 г.; Закон о Банке Швеции, 2015 г. – URL: <http://www.bankofengland.co.uk/financialstability/Pages/default.aspx>; URL: <http://www.cfr.org/united-states/restoring-american-financial-stability-act-2010-s-3217/p22715>; URL: [https://www.bundesbank.de/Redaktion/EN/Downloads/Bundesbank/Tasks\\_and\\_organisation/bundesbank\\_act\\_monitoring\\_financial\\_stability.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bundesbank.de/Redaktion/EN/Downloads/Bundesbank/Tasks_and_organisation/bundesbank_act_monitoring_financial_stability.pdf?__blob=publicationFile) (дата обращения : 23.04.2024). – Текст : электронный.

3. **Казаковцева, М. В.** Привлечение инвестиций в экономику региона как фактор повышения финансово-бюджетной устойчивости

субъекта РФ / М. В. Казаковцева. – Текст : электронный // Вестник Марийского государственного университета серия «Сельскохозяйственные науки, Экономические науки». – 2018. – Т. 4. – № 4. – URL : <http://agro-econom.vestnik.marsu.ru/view/journal/file.html?id=67> (дата обращения : 22.04.2024).

4. **Алексахин, В. Г.** Плюсы и минусы иностранных инвестиций / В. Г. Алексахин, О. В. Игнатова. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id> (дата обращения : 16.05.2023). – Текст : электронный.

5. Статистический ежегодник Приднестровской Молдавской Республики – 2020. – Текст : электронный // Государственная служба статистики Приднестровской Молдавской Республики. – Тирасполь, 2020. – 122 с. – URL : [https://istmat.org/files/uploads/67664/statisticheskiy\\_ezhegodnik\\_pmr\\_2020.pdf](https://istmat.org/files/uploads/67664/statisticheskiy_ezhegodnik_pmr_2020.pdf) (дата обращения 22.04.2023). – Текст : электронный.

6. Статистический ежегодник Приднестровской Молдавской Республики – 2021. – Текст : электронный // Государственная служба статистики Приднестровской Молдавской Республики. – Тирасполь, 2021. – 124 с. – URL : [https://istmat.org/files/uploads/67664/statisticheskiy\\_ezhegodnik\\_pmr\\_2021.pdf](https://istmat.org/files/uploads/67664/statisticheskiy_ezhegodnik_pmr_2021.pdf) (дата обращения : 22.04.2024).

7. Приднестровское инвестиционное агентство : [сайт]. – URL : <https://investpmr.com/#president> (дата обращения : 22.04.2024). – Текст. Изображение : электронные.

УДК 657.6

## ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАЗВИТИЯ АУДИТА В ПРИДНЕСТРОВЬЕ

*Т. П. Стасюк, А. В. Карпан*

*Сформулированы ключевые проблемы аудита в Приднестровье, предложены пути решения обозначенных проблем. Разработан ряд направлений совершенствования аудиторской деятельности в республике.*

**Ключевые слова:** *аудит, аудитор, проблемы аудита, решение проблем аудита, направления совершенствования развития аудита, перспективы.*

## PROBLEMS AND AREAS FOR IMPROVEMENT AUDIT DEVELOPMENT IN PRIDNESTROVIE

*T. P. Stasiuk, A. V. Karpan*

*It formulates the key problems of auditing in the republic and suggests ways to solve the identified problems. In addition, a number of areas for improving audit activities in Pridnestrovie have been developed.*

**Keywords:** *Audit, auditor, audit problems, solving audit problems, directions for improving audit development, prospects.*

Актуальность исследования связана с тем, что в Приднестровье, как и во многих других странах, имеются такие проблемы с аудитом, как ограниченный доступ к информации, недостаточное и несовершенное законодательное регулирование, возможные конфликты интересов и недостаток профессиональных аудиторских кадров. Эти факторы затрудняют проведение эффективных и независимых аудиторских проверок. Однако усилия по улучшению законодательства, повышению профессиональной подготовки auditors и

развитию прозрачности могут способствовать преодолению этих проблем и улучшению практики аудита в регионе.

Исследованию проблем и перспектив развития аудита посвящены труды таких ученых, как Л. А. Ахмедова, О. Г. Берчанская, И. С. Богданович, Е. В. Журавлева, Н. В. Зеленин, Е. А. Зизекалова, Т. И. Козюбро, А. П. Лемещенко, Н. Г. Кондрашова, Х. Ш. Нурмухамедова, М. Ф. Сафонов, Т. П. Стасюк, Т. Чая, Л. З. Шнейдман.

Проблемы развития аудита могут включать в себя изменения в законодательстве,

---

Для цитирования: **Стасюк, Т. П.** Проблемы и направления совершенствования развития аудита в Приднестровье / Т. П. Стасюк, А. В. Карпан. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 142–151. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.

сложности в обеспечении независимости аудиторов, а также увеличение рисков и сложности в оценке финансовой отчетности.

Для определения направлений совершенствования развития аудита в республике в первую очередь важно выделить проблемы, с которыми они можно столкнуться при их реализации.

Рассмотрим спектр проблем аудита и путей их решения более подробно.

1. *Проблема недостатка квалифицированных аудиторов, которая может осложнять эффективность и качество аудиторских проверок.* Она вызвана недостаточным доступом к образовательным ресурсам, недостаточным финансированием профессионального обучения и недостатком мотивации аудиторов для повышения своей квалификации.

В государственном реестре аудиторов ПМР числится лишь одна аудиторская организация ООО «Центр экспертиз «Базовый элемент» и три аттестованных аудитора.

В России также существует кадровая проблема. Директор департамента регулирования государственного финансового контроля, аудиторской деятельности, бухгалтерского учета и отчетности Минфина РФ, Леонид Шнейдман, заявил: «Главная проблема – кадры. Аудиторские фирмы часто являются кузницами финансовых кадров для своих клиентов. Поэтому аудиторам приходится значительные средства выделять на наем нового персонала, его обучение, поддержание профессионального уровня» [1].

Решение этой проблемы включает в себя создание программ обучения и сер-

тификации, содействие профессиональному развитию через семинары и тренинги, а также стимулирование аудиторов через систему поощрений и вознаграждений за повышение квалификации и профессиональное совершенствование.

Можно предложить несколько способов стимулирования специалистов для получения аттестатов аудиторов в республике:

1. Финансовые поощрения: предоставление финансовых стимулов, таких как бонусы или повышение заработной платы, для аудиторов, успешно завершивших процесс получения лицензии.

2. Обучение и развитие: предоставление возможностей для обучения и профессионального развития, включая финансирование обучения, участие в семинарах и конференциях, а также доступ к онлайн-курсам и ресурсам.

3. Продвижение карьеры: обеспечение перспективы карьерного роста и возможностей для продвижения для тех аудиторов, которые получили аттестат и лицензию и проявили высокие результаты в своей деятельности.

4. Поддержка и менторство: предоставление поддержки и менторства со стороны опытных аудиторов и руководителей, чтобы помочь новичкам успешно пройти процесс получения аттестата.

5. Привлекательность профессии: проведение информационных кампаний о преимуществах и значимости аудиторской профессии, а также ее вкладе в обеспечение финансовой прозрачности и доверия к бизнесу.

2. *Проблема нелицензирования аудиторской деятельности в ПМР* может

создавать риски для финансовой прозрачности и доверия к финансовой отчетности. Без лицензии аудиторы могут не обладать необходимыми знаниями и навыками для проведения качественной проверки, что может привести к ошибкам и недочетам в финансовой отчетности компаний. Это также может увеличить вероятность мошенничества и неправомерного использования средств.

Для решения обозначенной проблемы целесообразно разработать соответствующее законодательство, которое бы регулировало эту сферу и обеспечивало надлежащий уровень профессионализма и ответственности со стороны аудиторов.

*3. Отсутствие профессиональных аудиторских организаций в государстве, в свою очередь, может создавать ряд проблем:*

– недостаток стандартов и нормативов: без профессиональных организаций затруднительно разработать и утвердить стандарты и нормативы, регулирующие аудиторскую деятельность, что может привести к неразборчивости и неоднородности в практике аудита;

– отсутствие профессиональной поддержки: без поддержки со стороны профессиональных аудиторских организаций аудиторы могут столкнуться с недостатком ресурсов, обучения и обмена опытом, что негативно скажется на качестве и надежности аудиторских проверок;

– отсутствие надзора и саморегулирования: профессиональные аудиторские организации играют важную роль в надзоре за деятельностью своих членов и обеспечении соблюдения этических и професси-

ональных стандартов. Их отсутствие может привести к недостаточному контролю и повышению рисков для общественного интереса [2].

В ПМР числится лишь одна аудиторская организация ООО «Центр экспертиз «Базовый элемент». Небольшое количество профессиональных аудиторских организаций в ПМР оказывает значительное влияние на бизнес-среду республики. Аудиторская деятельность имеет важное значение для обеспечения прозрачности и надежности финансовой отчетности предприятий, а также для поддержания доверия к финансовым данным и отношениям между компаниями и их партнерами.

Для решения этой проблемы требуется поддержка правительства и бизнес-сообщества в направлении создания и развития профессиональных аудиторских организаций, а также разработки законодательства, способствующего их учреждению и функционированию.

*4. Проблема контроля качества аудиторских проверок.* В ПМР государственную функцию по осуществлению государственного контроля (надзора) в сфере аудиторской деятельности исполняет Министерство экономического развития ПМР. Предметом государственной функции является проверка соблюдения аудиторами и аудиторскими фирмами действующего законодательства и нормативных правовых актов в сфере аудиторской деятельности ПМР.

Поскольку аудитор или аудиторская организация в России должны быть членами одной из Саморегулируемых организаций (СРО) аудиторов, то саморегулируемая



организация аудиторов осуществляет контроль качества работы своих членов. Кроме того, внешний контроль качества работы аудиторских организаций дополнительно осуществляет Росфиннадзор.

Факторы, способствующие возникновению проблемы контроля качества аудиторских проверок:

– недостаточный надзор: недостаточный или неэффективный надзор со стороны регулирующих органов или профессиональных аудиторских организаций приводит к недостаточному контролю качества проводимых аудиторских проверок;

– отсутствие стандартов: неразработанные или несоблюдаемые стандарты аудита снижают качество проводимых проверок и приводят к разночтениям между аудиторами;

– недостаточная обученность и компетентность: недостаточная подготовка и компетентность аудиторов может привести к ошибкам и недочетам в ходе проведения аудиторских проверок;

– конфликт интересов: возможные конфликты интересов между аудиторами и клиентами снижают объективность и независимость аудиторских проверок.

Для решения этой проблемы важно усиление надзора и регуляции со стороны компетентных органов, разработка и строгое соблюдение стандартов аудита, обеспечение надлежащей подготовки и обучения аудиторов, а также содействие развитию этической культуры и норм в аудиторской профессии.

5. Проблема несовершенства методики расчета аудиторского риска может привести к недооценке рисков, связанных

с проверяемой финансовой отчетностью. Это приводит к неправильным выводам и недостаточной информации для принятия решений. Некоторые основные причины этой проблемы таковы:

– недостаток данных: недостаточная информация или неполнота данных о компании или ее операциях может привести к недооценке риска;

– несовершенство методологии: несовершенная или устаревшая методология расчета аудиторского риска может не учитывать новые или изменяющиеся аспекты бизнеса и среды, в которой действует компания;

– недостаток экспертизы: недостаточная квалификация или опытность аудиторов может привести к ошибкам в оценке риска;

– недостаток прозрачности: недостаток прозрачности в процессе аудита и оценки риска может затруднить аудиторам правильную оценку потенциальных рисков.

Решение этой проблемы включает постоянное обновление методологии оценки риска с учетом новых факторов и изменений в бизнес-среде, повышение квалификации и обучения аудиторов, а также улучшение прозрачности и коммуникации между аудиторами и клиентами.

6. Проблема автоматизации внешнего аудита, которая также включает в себя несколько аспектов:

– сложности в адаптации: некоторые аспекты аудиторской работы могут быть сложны для автоматизации из-за их контекстуальной или нестандартной природы, например, оценка профессионального

суждения или анализ сложных транзакций;

– необходимость данных высокого качества: автоматизация аудита требует точные и надежные данные для работы, и некоторые организации могут столкнуться с проблемами качества данных или их недостаточностью;

– интеграция с Legacy-системами (унаследованные системы) – системами, которые давно устарели, но до сих пор не выведены из эксплуатации. Для многих компаний, особенно тех, которые используют устаревшие системы, автоматизация может быть затруднительной из-за сложностей в интеграции с существующими системами;

– сопротивление изменениям: некоторые аудиторские фирмы или организации могут столкнуться с сопротивлением со стороны персонала в отношении внедрения новых технологий и процессов.

Для решения этих проблем важно продолжать развитие технологий автоматизации, обеспечивать высокое качество данных, инвестировать в обучение персонала и активно содействовать изменениям в организационной культуре и процессах. Также важно сотрудничество между аудиторскими фирмами и их клиентами для обеспечения успешной реализации автоматизированных аудиторских процессов.

*7. Проблема выбора программного обеспечения для аудита, которая может возникнуть из-за нескольких факторов:*

– многообразие решений: существует множество программных решений для автоматизации аудиторских процессов, и

выбор подходящего может быть сложным из-за большого количества вариантов;

– совместимость и интеграция: важно выбрать программное обеспечение, которое совместимо с существующими системами и легко интегрируется с другими приложениями, используемыми в организации;

– функциональность и специфика требований: каждая аудиторская фирма или отдел имеет свои уникальные требования к программному обеспечению, и важно выбрать решение, которое наилучшим образом соответствует этим требованиям;

– бюджетные ограничения: цена программного обеспечения может быть значительным фактором при принятии решения, особенно для небольших аудиторских фирм или отделов с ограниченным бюджетом;

– обучение и поддержка: важно учитывать возможности обучения персонала и доступность технической поддержки со стороны поставщика программного обеспечения.

Существует много программных обеспечений для аудиторов, в том числе следующие:

1. «1С: Аудитор» – это программное решение, разработанное специально для профессиональных аудиторов и аудиторских организаций. Оно предоставляет инструменты для работы с финансовыми данными, для анализа отчетности, контроля за финансовыми операциями и подготовки отчетов по результатам аудита.

2. «Аудитор Веб» – это онлайн-сервис, который позволяет проводить аудиторские проверки и анализировать финансовую от-

четность удаленно. С его помощью пользователи могут проводить различные виды проверок, включая налоговый, финансовый и операционный аудит.

3. «CheckPoint» – это программное обеспечение, предназначенное для автоматизации процессов аудита и проверки компьютерных систем. Оно позволяет выявлять уязвимости в информационной безопасности, контролировать доступ к данным и анализировать аудиторскую информацию.

4. «ACL Analytics» – это инструмент для проведения аудиторских проверок и анализа данных. Программа предоставляет возможности для обработки больших объемов информации, проведения аудита финансовых операций, выявления мошенничества и ошибок в отчетности.

Решение этой проблемы может включать в себя проведение тщательного анализа требований и возможностей, консультации с другими аудиторскими фирмами или профессионалами отрасли, а также тестирование и оценку различных программных решений перед принятием окончательного решения.

8. *Отсутствие внутренних аудиторских стандартов в аудиторской компании также может создавать ряд второстепенных проблем:*

– несогласованность в работе: отсутствие унифицированных стандартов может привести к неоднородности в методах проведения аудита и оценки рисков, что снижает качество и эффективность аудиторских проверок;

– увеличение риска ошибок: без четких стандартов аудиторы склонны к субъективным

интерпретациям и принятию решений, что увеличивает риск ошибок и недочетов;

– недостаток прозрачности: отсутствие стандартов делает процесс аудита менее прозрачным для сторонних заинтересованных лиц, что приводит к снижению доверия к работе компании;

– затруднение в обучении и развитии: недостаток внутренних стандартов затрудняет процесс обучения новых сотрудников и развитие профессиональных навыков существующего персонала.

Для решения этой проблемы необходимы разработка и внедрение четких и согласованных внутренних аудиторских стандартов, которые определяют процессы, методологии и требования к проведению аудита [3]. Это включает в себя обучение персонала, разработку документации и регулярное обновление стандартов в соответствии с изменениями в законодательстве и профессиональной практике.

9. *Проблема заведомо ложных аудиторских заключений представляет серьезную угрозу для доверия к аудиторским отчетам и качеству аудиторской профессии в целом [4], имеет ряд последствий:*

– утрата доверия: заведомо ложные заключения подрывают доверие общественности к аудиторам и аудиторским фирмам, что может негативно сказаться на их репутации и способности привлечения новых клиентов;

– юридические последствия: ложные аудиторские заключения могут привести к юридическим последствиям, таким как судебные иски и потеря лицензии аудитора или аудиторской фирмы;

– финансовые потери: клиенты и инвесторы могут понести финансовые потери из-за ошибочных аудиторских заключений, которые приводят к неправильным инвестиционным решениям;

– потеря доверия к финансовым рынкам: несколько случаев заведомо ложных аудиторских заключений могут привести к общей потере доверия к финансовым рынкам и усилению регулирования, что окажет негативное воздействие на бизнес-среду в целом.

Решение этой проблемы требует строгого соблюдения этических норм и профессиональных стандартов аудиторской практики, повышения надзора и контроля за деятельностью аудиторов, а также укрепления ответственности и прозрачности в процессе проведения аудита.

*10. Нарушение Кодекса профессиональной этики аудиторов представляет серьезную проблему, которая имеет широкий спектр негативных последствий:*

– потеря доверия: нарушение этических принципов аудиторов приводит к потере доверия со стороны клиентов, инвесторов и общественности в целом, что может повлиять на репутацию как отдельного аудитора, так и всей аудиторской профессии;

– потеря деловых возможностей: клиенты могут отказаться от сотрудничества с аудитором или аудиторской фирмой из-за их недобросовестного поведения, что может привести к потере дохода и деловых возможностей;

– ущерб для общества: нарушения этических норм аудиторов наносят ущерб

обществу в целом, поскольку они могут привести к неправильной информации в финансовой отчетности, неправильным инвестиционным решениям и негативным последствиям для экономики;

– ответственность аудитора – это санкции, налагаемые на аудиторскую фирму, обусловленные неисполнением (либо некачественным исполнением) одного или нескольких пунктов договора с заказчиком услуг. Различают 3 вида ответственности: административная, гражданско-правовая и уголовная.

Решение этой проблемы требует строгого соблюдения этических принципов аудиторами, обеспечения надлежащего обучения и поддержки в области этики, а также эффективного надзора и контроля за соблюдением кодекса профессиональной этики аудиторов [5].

Кроме обозначенных выше направлений решения проблем можно выделить также ряд направлений совершенствования аудиторской деятельности в Приднестровье:

1. В связи с отсутствием достаточного взаимодействия с международными аудиторскими организациями и применением мировых стандартов и технологической базы необходима разработка внутренних стандартов, норм и документации аудита в ПМР, создание технологических платформ, необходимых для качественного проведения аудиторских процедур и их оптимизации [6].

2. Повышение контроля со стороны государства за проведением аудиторских проверок, создание дополнительных требований и мер в отношении аудиторских

процедур, что связано с необходимостью контроля финансового состояния различных организаций и сокращения незаконной выдачи ложных и ненадлежащих аудиторских заключений [6].

3. Внедрение международных стандартов – Международных стандартов финансовой отчетности (МСФО) и Международных стандартов аудита (МСА) – закрепляет интеграцию приднестровского аудита в мировой [7].

4. Переход на электронный аудит, то есть применение цифровых технологий в процессе аудита, обоснован тем, что современная экономическая ситуация очень нестабильна; пандемия коронавируса, развитие цифровой экономики породили вынужденный переход на дистанционное обслуживание клиентов и простимулировали процесс цифровизации аудиторских услуг.

Многие аудиторские фирмы активно используют дистанционные сервисы работы с клиентами, организовывая процесс таким образом, чтобы не снижалось качество оказываемых аудиторских услуг. Активно применяется электронный документооборот, онлайн-связь, «облачное» хранилище документов, электронные цифровые подписи. И, безусловно, именно эти компании в будущем в эпоху цифровой экономики получат конкурентное преимущество [8].

5. Организация должного контроля за повышением квалификации и качеством обучения аудиторов с целью обеспечения роста доверия к аудиторской профессии. Эта мера должна быть направлена на совершенствование

системы непрерывного повышения профессиональной квалификации аудиторов [9].

6. Использование в системе повышения профессиональной квалификации современных форм обучения с применением IT-технологий.

7. Совершенствование системы контроля за аудиторской деятельностью с целью повышения ее качества. В основе совершенствования этой системы должен быть единый подход с едиными принципами к его осуществлению, требованиями к его организации, подходами к выявлению нарушений и мер ответственности. Необходимо развитие внутреннего контроля в направлении выявления и оценки рисков осуществления аудиторской деятельности с целью предотвращения нарушений [10].

8. Создание действенной системы мотивации привлечения молодежи и продолжения деятельности опытных работников в аудиторской профессии с целью улучшения профессионального климата на рынке аудиторских услуг [11].

9. Повышение вовлеченности отечественного аудиторского сообщества в международное сотрудничество с целью укрепления престижа аудиторской профессии и увеличения конкурентоспособности приднестровских аудиторских компаний [12].

Таким образом, за период осуществления аудиторской деятельности накопилось достаточное количество проблем. Непростая ситуация в развитии аудита в ПМР связана с низким уровнем доверия к аудиторской профессии, падением ее привлекательности для молодежи,

низким качеством аудиторских услуг, отсутствием аудиторских компаний и их невовлеченностью в международное сотрудничество.

Однако перспективы включают в себя использование новых технологий, развитие аналитических методов и повышение стандартов профессиональной ответственности, что помогает улучшить качество аудиторских проверок и повысить доверие к финансовой отчетности; организация должного контроля за повышением квалификации и качеством обучения аудитором; совершенствование системы контроля за аудиторской деятельностью с единым подходом к его осуществлению [13]; создание действенной системы мотивации привлечения молодежи и продолжения деятельности опытных работников в аудиторской профессии; повышение вовлеченности отечественного аудиторского сообщества в международное сотрудничество. Эти меры должны укрепить институт аудита в общенациональной системе финансового контроля и повысить доверие к результатам аудиторских услуг, их качеству, укрепить престиж аудиторской профессии и увеличить конкурентоспособность приднестровских аудиторских организаций.

Несмотря на наличие ряда негативных тенденций, аудит как высокопрофессиональная область бизнеса имеет хорошие перспективы в республике. Перспективность аудита как бизнеса обусловлена также возможностью расширения сферы оказания аудиторских услуг за счет применения профессиональных знаний и опыта аудиторов.

## Цитированная литература

1. Интервью Л. З. Шнейдмана о развитии рынка аудиторских услуг. – URL: <http://www.minfin.ru/ru/presscenter/> (дата обращения: 08.04.2024). – Текст : электронный.
2. **Богданович, И. С.** Состояние проблемы и перспективы развития аудита в России / И. С. Богданович. – Текст : непосредственный // Серия: «Экономика, право и управление». – 2015. – № 3(51). – С. 63–67.
3. **Стасюк, Т. П.** Разработка внутрифирменного стандарта аудита с целью совершенствования организации и методики проведения аудита учетной политики экономического субъекта / Т. П. Стасюк, А. Г. Куляк. – Текст : непосредственный // Электронный научный журнал «Вектор экономики». – 2020 г. – № 2.
4. **Стасюк, Т. П.** Заведомо ложные аудиторские заключения: проблемы идентификации и привлечения к ответственности / Т. П. Стасюк, Р. В. Ефодиев. – Текст : непосредственный // Материалы Итоговой (ежегодной) научной студенческой конференции Приднестровского государственного университета им. Т. Г. Шевченко по итогам НИР в 2021 году. – Тирасполь : Изд-во Приднестр. ун-та, 2022. – 306–313 с.
5. **Ахмедова, Л. А.** Развитие аудита на современном этапе становления мировой экономики / Л. А. Ахмедова, М. М. Магомедов. – Текст : непосредственный // Экономика и социум. – № 5 (48). – 2018. – С. 756–760.
6. **Нурмухамедова, Х. Ш.** Перспективы развития аудита в условиях экономических санкций, студент / Х. Ш. Нурмухамедова, О. Г. Берчанская. – Текст : непосредственный // Хроноэкономика. – № 2(36). – 2022. – С. 11–15.
7. **Сафонова, М. Ф.** Концепция развития аудита как самостоятельной формы научного познания / М. Ф. Сафонова. – Текст : непосредственный // Научный журнал КубГАУ. – № 114 (10). – 2015. – С. 1–18.
8. **Козюбро, Т. И.** Перспективы применения цифровых технологий в процессе аудита / Т. И. Козюбро, А. П. Лемещенко – Текст :

непосредственный // *Journal of Economy and Business*, vol. 4–1 (86). – 2022. – С. 224–226.

9. **Журавлева, Е. В.** Основные направления и перспективы развития аудиторской деятельности в России / Е. В. Журавлева, В. В. Шекучило. – Текст : непосредственный // *Вестник магистратуры*. – 2017. – № 12-4(75). – С. 53–55.

10. **Кондрашова, Н. Г.** Формирование системы контроля качества аудита в аудиторской организации / Н. Г. Кондрашова. – Текст : непосредственный // *Международный бухгалтерский учет*. – 2013. – № 18 (264). – С. 34–41.

11. **Чая, Т.** Концептуальные основы развития аудиторской деятельности / Т. Чая. – Текст : непосредственный // *Аудиторская деятельность*. – № 41 (287). – 2013. – С. 55–60.

12. **Зеленин, Н. В.** Состояние рынка аудиторских услуг в Приднестровской Молдавской Республике и меры по его развитию в рамках гармонизации законодательства Приднестровья и России / Н. В. Зеленин. – Текст : непосредственный // *Вестник Приднестровского университета*. Серия: Физико-математические и технические науки. Экономика и управление. – 2015. – № 3(51). – С. 150–157.

13. **Зизекалова, Е. А.** Контроль за аудитом: взаимодействие государства и саморегулируемых организаций аудиторов / Е. А. Зизекалова. – Текст : непосредственный // *Государственное управление*. Электронный вестник. – Вып. № 75. – 2019.

---

УДК 35.08:331.5

## РОЛЬ ИНСТИТУТОВ РЫНКА ТРУДА В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ТРУДОВЫМИ ОТНОШЕНИЯМИ В ОБЩЕСТВЕ

*И. В. Васильев*

*Кратко анализируется деятельность основных институтов рынка труда в Приднестровье, дается оценка их функционального назначения, а также рассматриваются отдельные вопросы государственного управления и регулирования, связанные со сферой труда, а именно, с оценкой качественных изменений в инфраструктуре рынка труда, совершенствованием механизмов рынка труда – обеспечением занятости, взаимосвязи с профессиональным образованием и кадровым обеспечением государственных и муниципальных органов управления.*

**Ключевые слова:** институт рынка труда, занятость населения, государственное регулирование занятости, социальное партнерство.

## THE ROLE OF LABOR MARKET INSTITUTIONS IN IMPROVING THE PROCESSES OF MANAGEMENT OF SOCIAL-LABOR RELATIONS IN SOCIETY

*I. V. Vasiliev*

*It briefly analyzes the activities of the main labor market institutions in Pridnestrovie, evaluates their functional purpose, and also examines certain issues of public administration and regulation related to the sphere of labor just assessing qualitative changes in the labor market infrastructure, improving labor market mechanisms – ensuring employment, relationships with vocational education and staffing of state and municipal government bodies.*

**Keywords:** labor market institution, employment, state regulation of employment, social partnership.

Рынок труда является органической составляющей механизма функционирования и развития общества в условиях рыночной экономики. Его институты – важнейшая составляющая системы занятости, а занятость относится к основным атрибутам развития человечества, определяя со-

циальные рамки, в которых протекает труд, воспроизводство рабочей силы и человеческого потенциала. Смещение различных процессов – экономических, социальных и демографических превращают занятость в один из главных факторов социально-экономического развития общества [1].

---

Для цитирования: **Васильев, И. В.** Роль институтов рынка труда в совершенствовании процессов управления социально-трудовыми отношениями в обществе / И. В. Васильев. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 152–159. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.



Актуальность исследования заключается в том, что за простотой такой основной задачи институтов рынка труда, как обеспечение населения работой, следуют очень сложные для решения вопросы по организации системы общественного воспроизводства занятости, регулированию распределения и перераспределения рабочей силы. В этом качестве институты рынка труда связаны с другими институтами государственного управления – институтами регулирования экономики, социальной защиты населения, институтами по организации профессионального образования и профессиональной подготовки работников, т. е. непосредственно участвующими в «производстве» рабочей силы и ее предложению на рынке труда. Формирование целостной картины о роли институтов рынка труда в совершенствовании социально-трудовых отношений в обществе, должно способствовать скорейшей стабилизации приднестровского рынка труда – установлению необходимых балансовых построений для его успешного функционирования.

Научная новизна исследования выражается в возможности проведения прямой зависимости между развитием институтов рынка труда и социально-экономическими отношениями в обществе. Кроме того, предложенные в качестве отдельных приемов анализа социально-экономического развития общества, они могут быть использованы для дальнейшей разработки стратегического документа по стабилизации рынка труда в ПМР.

К числу основных институтов рынка труда в ПМР можно отнести:

**1. Министерство по социальной защите и труду ПМР** вместе с подведомственными организациями – Единым государственным фондом социального страхования, его структурными подразделениями – территориальными Центрами социального страхования и социальной защиты, другими учреждениями и предприятиями, выполняющими функции организации содействия занятости, трудоустройства населения и социальной защиты безработных граждан, организация профессионального обучения и переобучения граждан, контроля за соблюдением трудового законодательства.

К основным задачам и полномочиям Министерства по социальной защите и труду относятся:

- определение государственной политики занятости;
- разработка механизмов стимулирования экономических агентов к созданию новых рабочих мест с целью трудоустройства безработных;
- определение потребности организаций в кадрах с учетом прогноза демографического и экономического развития;
- координация мероприятий по профессиональной ориентации и профессиональной подготовке, трудоустройству лиц, находящихся в поиске работы, и социальной защите безработных [2].

**2. Институт государственной статистики**, организующий сбор, обработку и анализ информации о занятости, рынке труда, миграции населения, в лице Государственной службы статистики в составе Министерства экономического развития ПМР. Основными задачами службы являются

исследование процессов и явлений, происходящих в социально-экономической деятельности республики в области статистики труда, демографии, занятости населения, в сфере образования в целях формирования официальной статистической информации [3].

**3. Специализированные государственные и коммерческие печатные и электронные средства массовой информации (СМИ), публикующие объявления о вакансиях и мини-резюме соискателей работы.** К ним, в первую очередь, необходимо отнести сайт Единого государственного фонда социального страхования, где в разделе «Вакансии, заявленные работодателем», в соответствии с пунктом 6 статьи 22 Закона Приднестровской Молдавской Республики от 8 января 2001 года № 372-3 «О занятости населения», приводится информация о вакантных рабочих местах во всех организациях Республики. На этом же сайте в разделе «Ищу работу» граждане, ищущие работу, могут самостоятельно разместить информацию о своей профессиональной пригодности (мини-резюме) для дальнейшего трудоустройства [4].

Необходимо также отметить, что информационно-компьютерные технологии расширили представление о приднестровском рынке труда. Сейчас и в других СМИ, в различных социальных сетях можно найти информацию о спросе и предложении рабочей силы на территории Приднестровья.

**4. Институт социального партнерства** – представлен трехсторонними комиссиями из представителей работодателей, наемных работников и государства. Общим инструментом, объединяющим

все стороны партнерства, является генеральное соглашение между партнерами. В настоящее время действует Генеральное соглашение между Правительством ПМР, Федерацией профсоюзов Приднестровья и Союзом промышленников, аграриев и предпринимателей Приднестровья, заключенное на 2023–2025 годы, в котором в сфере развития рынка труда и содействия занятости населения стороны договорились, в числе прочих мер, о следующем:

а) сохранять рабочие места и создавать новые;

б) содействовать занятости работников, высвобождаемых в результате ликвидации организации или сокращения численности работников организации;

в) содействовать развитию системы профессионального образования, обеспечению соответствия трудовых ресурсов потребностям экономики [5].

Рассмотрим отдельные аспекты управленческой деятельности через призму рассмотренных выше институтов рынка труда, с точки зрения улучшения состояния в сфере социально-трудовых отношений в Приднестровье.

1. Обеспечение занятости как индикатор уровня жизни населения.

Методологическим инструментарием обеспечения эффективной занятости является система балансовых построений, включающая в свой состав баланс трудовых ресурсов и их эффективного использования, баланс труда, отражающий характер распределения фактических затрат труда по сферам и отраслям народного хозяйства, баланс рабочих мест, характеризующий потребность в рабочей силе

по отраслям и сферам хозяйственной деятельности.

В соответствии с Прогнозом баланса трудовых ресурсов ПМР на 2024–2026 годы отношение занятого населения в экономике Республики к общей численности трудовых ресурсов за рассматриваемый период несколько вырастет, примерно на 1,6 % [6]. Но это увеличение произойдет на фоне снижения численности трудоспособного населения на 6887 человек и увеличения доли работающих пенсионеров с 27 289 до 30 500 человек. Направление и динамика процесса негативные. А сформировалась данная тенденция из-за высоких геополитических рисков, в связи с чем прогнозируется *слабоположительная динамика* промышленного выпуска продукции по основным отраслям экономики.

В целом, показатель несбалансированности трудовых ресурсов на рынке труда Приднестровья в последние годы колеблется вокруг значения 38,2 %. В 2026 году прогнозируется 35,8 % (94 146 человек), что сопоставимо с количеством занятых граждан в целом по всем отраслям экономики Республики – 129 321 человек. Это граждане трудоспособного возраста, официально нетрудоустроенные, не имеющие отношений с бюджетом. Поэтому сейчас требуются конкретные меры со стороны правительства по их вовлечению в трудовую деятельность. В противном случае, из-за складывающегося неудовлетворительного соотношения между количеством занятых трудовой деятельностью граждан и пенсионеров (около 1 : 1), недополучением средств в государственный бюджет в виде подоходного налога, дальнейшее обеспечение населения общественными

благами в нынешнем объеме (пенсионное обеспечение, образование, здравоохранение, правопорядок и т. п.) будет существенно осложнено, а налоговая, бюджетная, финансовая системы и сейчас уже достаточно напряжены, чтобы с их помощью можно было исправить положение.

Дисбаланс трудовых ресурсов увеличивается и в связи с ликвидацией неэффективных рабочих мест, сокращением численности работников на действующих предприятиях, потерей рынков сбыта. Со стороны государства требуется *более активное использование административно-правовых методов воздействия на инвестиционную активность (диалог с бизнесом, снижение административных барьеров для предпринимательства, создание экономических зон, использование государственно-частного партнерства)* для расширения и создания новых производственных мощностей, для большего охвата трудовой деятельностью незанятых и профессионально пригодных граждан, с одной стороны, а с другой стороны, для повышения экономической безопасности и самостоятельности приднестровской экономики и государства.

Уровень официально регистрируемой безработицы в последние годы в ПМР колеблется в пределах 2,25–3,52 % [7]. Это ниже общепринятого уровня естественной безработицы (суммы фрикционной и структурной безработицы). В развитых странах он составляет 5–6 % трудоспособного населения. Коэффициент напряженности колеблется вокруг величины 1,0 – это отношение количества граждан, официально ищущих работу, к количеству вакантных рабочих мест, предлагаемых

работодателями – абсолютные величины, около 2500 человек. Но анализ показывает, что при наличии спроса и предложения рабочей силы нет оформления соглашений по заключению договоров о трудоустройстве. Высвечивается проблема отсутствия на рынке труда работников определенных профессий и специальностей – например, не удастся покрыть потребность в работниках легкой промышленности (швеи), машиностроения (слесари по направлению), сельского хозяйства (механизаторы). С другой стороны, граждан, ищущих работу, не устраивают на рынке труда предложения работодателей, в большинстве случаев из-за оплаты и условий труда. Варианты решения этой проблемы, кроме изменения предложений работодателей по обозначенным вопросам, в настоящее время уже реализуются на рынке труда исполнительными органами власти: это госзаказ на обучение по требуемым специальностям и, собственно, рыночный механизм пополнения кадрами организаций – это вовлечение предпринимателей в процесс обучения будущих своих работников с возмещением некоторых финансовых расходов на выплату стипендий студентам и доплат наставникам за практическое обучение на рабочем месте. Эта форма дуального обучения уже получила развитие в Приднестровье по инициативе Торгово-промышленной палаты Приднестровья.

2. Совершенствование социальной политики на рынке труда.

Для формирования полноценного рынка труда необходимо учитывать его неразрывную связь с другими рынками: промышленным, продуктовым, рынками

услуг, жилья и т. д. Это во многом определит основные пути развития рынка труда, учитывая, что расширение и развитие других рынков, приведет к возникновению конкуренции на рынке труда, обеспечению свободного перемещения рабочей силы, ее трудоустройства, переобучения, социальной защиты безработных и т. д.

Все эти и другие социально-экономические задачи обусловлены необходимостью достижения максимально возможного сбалансированного спроса и предложения рабочей силы на рынке труда. Поэтому в нынешних условиях должна совершенствоваться и обновляться государственная социальная политика в сфере труда, и акцент со стороны ответственных исполнительных органов должен ставиться на следующих составляющих этой политики: защитной, стимулирующей, социально-трудоустройственной и социального партнерства. Конкретно по основным направлениям (стратегиям) социальной политики на рынке труда можно предложить следующее.

*Защитная стратегия.* Объектом данной стратегии являются высвобождающиеся работники, подлежащие переподготовке и перераспределению на другие предприятия. Эта стратегия будет обеспечивать необходимую социальную защиту трудящихся. Каждый такой работник должен быть взят на контроль не формально, а в результате проведенной работы, как правило, должен быть трудоустроен.

*Стимулирующая стратегия.* Она предполагает создание такого рода механизма, который бы постоянно обеспечивал заинтересованное отношение к труду различных категорий занятых работников

и максимально учитывал их индивидуальное трудовое поведение.

*Стратегия социально-трудовой адаптации.* Это профессиональная ориентация, в первую очередь, школьников – как помощь в приобретении знаний для правильного выбора будущей профессии. Также все граждане должны знать и иметь возможность выбора различных форм трудовой деятельности – от индивидуальной трудовой деятельности до поступления на работу на государственные и частные предприятия. При этом обязательно должна быть соответствующая информация от чего это может зависеть: от профессионального образования, опыта, компетенций, от проблем формирования стартового капитала, конкуренции на рынке и др.

*Стратегия социального партнерства.* Ее основное назначение – это достижение согласия по разным аспектам трудовой деятельности между тремя социальными партнерами: правительством, предпринимателями и профсоюзами. Генеральное соглашение, подписываемое сторонами, определяет социально-экономическую деятельность каждой стороны в отдельности и всех вместе на конкретный период времени.

3. Взаимосвязь рынка труда и образования.

Достаточно высокие количественные показатели по обучаемым пока не реализуются в экономических результатах, характеризующих уровень развития отраслей экономики и жизни населения ПМР. При этом понятно, что показатели качества образования и степень эффективности использования имеющегося образовательного потенциала в экономике плохо

поддаются сопоставлению. Легче ориентироваться на иные показатели – на показатели, характеризующие состояние рынка труда и образовательных услуг.

Как было указано выше, количество граждан, официально ищущих работу, в том числе зарегистрированных в качестве безработных, и количество вакантных рабочих мест, предлагаемых работодателями, в последние годы примерно равны. При этом ежегодно на рынок труда выходят выпускники высших, средних и начальных учебных заведений республики. В 2022 году их количество составило соответственно 1883, 1325 и 402 человек, всего 3610. При этом дополнительную нагрузку на рынке труда постоянно создают граждане, зарегистрированные в качестве ищущих работу (в 2022 году их было 6564 человек) [8].

Таким образом, на рынке труда наблюдаются все виды безработицы: фрикционная, структурная, циклическая. И в таком случае очень сложно сбалансировать рынок труда. Данные факты и объективные причины в экономике (отсутствие достаточных инвестиций для расширения производства, трудности во внешнеэкономической деятельности экспортеров, суженные рынки сбыта и др.), вместе с проблемой невозможности сокращения учреждений профессионального образования и лишения молодежи возможности профессионального обучения, требуют достаточно серьезного анализа.

Также надо обратить внимание на такой факт: часто большая часть людей, окончивших средние профессиональные учебные заведения, поступает затем в вузы. Среднее профессиональное образование

начинает превращаться в предварительную ступень высшего образования в силу того, что выпускники считают, что не получили достаточного уровня подготовки с точки зрения рынка труда. Это притом, что среднее профессиональное образование должно быть параллельной структурой высшего профессионального образования, т. е. среднее и высшее профессиональное образование должны рассматриваться как единые самодостаточные части одной системы образования.

Достаточно непросто в настоящее время делать прогнозы о том, какие специалисты и в каком количестве будут востребованы завтра. Поэтому работодатели, особенно имеющие крупные предприятия, должны постоянно заботиться о подготовке кадров. В настоящее время это первостепенное мероприятие, необходимое для успешного развития. Современные специалисты должны быть более широкого профиля с достаточной долей практической подготовки. Ценность специалистов будет определяться их общим уровнем компетенций.

Большое значение в настоящее время необходимо уделять также возможности переподготовки, переквалификации и повышению квалификации. Как правило, выпускник знает много методологических и теоретических положений, что очень хорошо, но вот ответить на конкретный практический вопрос не всегда может.

В настоящее время, чтобы выживать, работодатель действительно должен экономить почти на всем. Но нельзя экономить на обучении персонала, в связи с чем необходимо поднимать уровень образовательных услуг, чтобы работодатели не жа-

тели средства на обучение. Это триединая задача, при решении которой в выигрыше останутся все.

4. Кадровое обеспечение системы государственного и муниципального управления.

Степень хорошего отношения и доверия со стороны населения к государственным и муниципальным органам управления в большинстве случаев выражается состоянием их кадрового состава. На данный момент времени профессиональная подготовка кадров приобретает особую актуальность и является одной из наиболее значимых задач в организации государственного и муниципального управления.

Вопрос устойчивого функционирования рынка труда сложный и многогранный. Гарантий занятости на деле, скорее всего, не существует, как и допустимого уровня безработицы. Но совершенствование инфраструктуры рынка труда, обеспечение экономического роста – должны оказать положительное влияние. В качестве отдельных приемов анализа социально-экономического развития ПМР (районов, городов), непосредственно влияющих на рынок труда и актуальных на данный момент, можно считать следующие:

- изучение особенности динамики и половозрастной структуры населения, а также причин основных миграционных потоков;
- оценка использования трудовых ресурсов в разрезе основных отраслей экономики и бюджетной сферы;
- раскрытие специфических особенностей безработицы;
- оценка динамики и структуры безработицы;

– оценка степени ориентации системы подготовки кадров на нужды страны (по выпуску и распределению рабочих и специалистов массовых профессий);

– оценка достигнутого уровня и качества жизни населения;

– оценка достигнутого уровня экономического развития (промышленности, сельского хозяйства, производственной инфраструктуры) с позиций возможности функционирования в условиях рынка;

– анализ межрегиональных и внешнеэкономических связей;

– оценка финансового положения территории, имеющихся источников доходной части бюджета и сложившихся направлений расходования финансовых ресурсов.

В результате этого комплексного анализа рынка труда можно будет определить цели, ресурсы и основные направления для достижения сбалансированных систем рабочих мест, трудовых ресурсов, труда и, как результат, высокого уровня жизни всего населения.

## Цитированная литература

1. **Маслова, И.** Институты российского рынка труда в механизме регулирования процессов занятости / И. Маслова. – Текст : непосредственный // Вестник Института экономики Российской академии наук. – 2013. – № 5. – С. 40–48.

2. Постановление Правительства Приднестровской Молдавской Республики от 6 апреля 2017 года № 61 (№ 17-15) «Об утверждении Положения, структуры и предельной штатной численности Министерства по социальной защите и труду Приднестровской Молдавской Республики». – Текст : электронный // Министерство по социальной защите и труду Приднестровской Молдавской Республики : [сайт]. – URL: <http://minsoctrud.gospmr.org> (дата обращения: 12.03.2024).

3. Приложение № 14 к Приказу Министерства экономического развития Приднестровской Молдавской Республики от 18 октября 2022 года № 1153 «Положение об отделе статистики труда, демографии и социальной статистики Государственной службы статистики Министерства экономического развития Приднестровской Молдавской Республики». – Текст : электронный // Министерство экономического развития ПМР: [сайт]. – URL: <http://mer.gospmr.org> (дата обращения: 12.03.2024).

4. Разделы: Вакансии, заявленные работодателями. Ищу работу. – Текст : электронный // Единый государственный фонд социального страхования ПМР: [сайт]. – URL: <https://ef-pmr.org/otchetuyi-egfss> (дата обращения: 12.03.2024).

5. Генеральное соглашение между Правительством Приднестровской Молдавской Республики, Федерацией профсоюзов Приднестровья и Союзом промышленников, аграриев и предпринимателей Приднестровья на 2023–2025 годы. – Текст : электронный // Министерство по социальной защите и труду Приднестровской Молдавской Республики: [сайт]. – URL: <http://minsoctrud.gospmr.org> (дата обращения: 12.03.2024).

6. Приказ Министерства по социальной защите и труду ПМР № 108 от 27 декабря 2022 г. Об утверждении Прогноза баланса трудовых ресурсов ПМР на 2023–2025 годы. – Текст : электронный // Министерство по социальной защите и труду Приднестровской Молдавской Республики: [сайт]. – URL: <http://minsoctrud.gospmr.org> (дата обращения: 12.03.2024).

7. Социально-экономическое развитие Приднестровской Молдавской Республики 2016–2020 год. – Текст : электронный // Министерство экономического развития ПМР: [сайт] – URL: <http://mer.gospmr.org> (дата обращения: 12.03.2024).

8. Социально-экономическое развитие Приднестровской Молдавской Республики 2020 год. – Текст : электронный // Министерство экономического развития ПМР: [сайт]. – URL: <http://mer.gospmr.org> (дата обращения: 12.03.2024).

УДК 658.5

## АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМАМИ СЕРТИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИИ В ПМР

*Е. А. Царюк, А. Г. Гроссул*

*Рассмотрено понятие системы сертификации и определены ее объекты. Обозначена роль систем сертификации в обеспечении качества продукции, улучшении конкурентоспособности предприятий, обеспечении безопасности и здоровья потребителей, а также соблюдении законодательства. Основной акцент делается на необходимости эффективного управления и автоматизации данных систем для обеспечения их эффективной работы и соответствия требованиям рынка и законодательства.*

**Ключевые слова:** *система сертификации, объект сертификации, орган по сертификации, автоматизированная система, блоки задач.*

## AUTOMATION AND MANAGEMENT OF PRODUCT CERTIFICATION SYSTEMS IN PMR

*E. A. Tsaruk, A. G. Grossul*

*It discusses the concept of a certification system and defines the objects of certification. The role of certification systems in ensuring product quality, improving the competitiveness of enterprises, ensuring the safety and health of consumers, as well as compliance with legislation is outlined. The main emphasis is on the need for effective management and automation of these systems to ensure their efficient operation and compliance with market and legal requirements.*

**Keywords:** *certification system, certification object, certification body, automated system, task blocks.*

В современном мире конкуренция на рынке продукции становится все более острой, что требует повышенного внимания к качеству и безопасности продукции. В этом контексте системы сертификации играют ключевую роль, обеспечивая доверие потребителей к товару и упрощая доступ к мировым рынкам. Однако с ростом сложности продуктов и услуг, а также

ужесточением требований к их качеству встает вопрос об эффективном управлении процессом сертификации.

Автоматизация и управление системами сертификации продукции становятся неотъемлемой частью современного бизнеса. Эти процессы включают в себя автоматизированные методы оценки соответствия продукции стандартам качества, процедуры

---

Для цитирования: **Царюк, Е. А.** Автоматизация и управление системами сертификации продукции в ПМР / Е. А. Царюк, А. Г. Гроссул. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 160–165. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.



документирования, отслеживание изменений в законодательстве и технических стандартах, а также управление данными и анализ результатов сертификации.

Система сертификации – это определенный комплекс мероприятий в сфере производства товаров и услуг, цель которых заключается в соблюдении установленных на законодательном уровне норм, правил и стандартов производственного процесса [1].

Основной задачей системы сертификации является обеспечение стабильности и баланса внутри товарно-рыночных отношений между производителями и потребителями товаров и услуг. Состав системы сертификации представлен на рис. 1.

В зависимости от заинтересованности сторон системы сертификации бывают национальными, международными.

В качестве национального органа по сертификации в ПМР определен исполнительный орган государственной власти

в лице Министерства экономического развития. Согласно закону ПМР «О защите прав потребителя» (текущая редакция на 26.01.24 г.), системы ГОСТ Р и ГОСТ ПМР являются одними из общепринятых норм в сфере сертификации качества товаров и услуг. Сертификат соответствия можно получить добровольно путем прохождения лабораторных исследований в аккредитованной организации. На территории ПМР действует государственный орган сертификации ГУП «Институт технического регулирования и метрологии».

Международная система сертификации находится в подчинении международной организации (International Organization for Standardization). Сфера влияния ISO распространяется на все товары и услуги, производимые в мире, за исключением электроники и электротехники. ISO оказывает непосредственное содействие в развитии стандартизации и параллельных направлений деятельности во всем мире



Рис. 1. Состав системы сертификации

для обеспечения международного обмена товарами и услугами, а также для развития отношений сотрудничества в интеллектуальной, научно-технической и экономической областях [2].

Что может выступать объектом сертификации? Предприятия, организации или процессы, которые проходят сертификацию для подтверждения их соответствия определенным стандартам качества. Область сертификации может включать разнообразные сферы, такие как производство продукции, предоставление услуг, управление качеством, экологическая безопасность и другие области, где требуется демонстрация соответствия определенным нормам и правилам [3]. Перечислим некоторые типичные объекты сертификации:

1. Продукция, т. е. разные виды товаров, от бытовой электроники и мебели до медицинского оборудования и автомобилей. Сертификация продукции гарантирует соответствие определенным стандартам качества, безопасности и надежности.

2. Услуги (туристические, медицинские, в области информационных технологий, образования и многие другие). Сертификация услуг подтверждает их соответствие определенным стандартам профессионализма, эффективности и качества.

3. Системы управления качеством. Например, сертификация ISO 9001 является международным стандартом для систем управления качеством, охватывающим различные его аспекты, включая процессы, ресурсы, мониторинг и непрерывное улучшение [4].

4. Экологическая сертификация. В свете растущего интереса к устойчивому

развитию и охране окружающей среды, сертификация в области экологии стала важным фактором. Она может включать сертификацию экологической безопасности продукции, управления отходами, энергетической эффективности и других аспектов, связанных с окружающей средой.

Существует множество других областей, где сертификация играет важную роль в обеспечении качества и соответствии требованиям рынка. Важно выбирать правильную программу сертификации в зависимости от характеристик конкретного объекта и рыночных требований.

В настоящее время органы по сертификации сталкиваются с проблемами, связанными с растущим потоком продукции, заявляемой к сертификации, и с низкой степенью автоматизации труда экспертов. Поэтому создание автоматизированного комплекса при сертификации продукции позволит автоматизировать многие процессы сертификации, что ускорит и упростит процесс получения сертификатов. При этом автоматизированные системы обладают высокой точностью обработки и анализа данных, что позволяет снизить вероятность ошибок и исключить субъективные факторы при оценке соответствия продукции стандартам. Автоматизированный комплекс позволит хранить и отслеживать данные о сертификации, что обеспечит прозрачность и возможность быстрого доступа к информации, а также позволит эффективно управлять процессами сертификации. В конечном итоге автоматизация процессов сертификации

позволит снизить затраты на ручной труд и управление процессами, что в свою очередь уменьшает общие издержки [5].

Автоматизированный информационно-аналитический комплекс в области качества и сертификации (КС-комплекс) будет предназначен для многоаспектного решения задач по качеству и сертификации в процессе производства продукции. КС-комплекс выступает инструментом обеспечения мониторинга системы качества предприятия (производства) как на стадии ее сертификации, так и в процессе дальнейшего функционирования.

Методологической основой решения задач комплекса являются требования к системам качества, определенные в международных стандартах ISO 9000.

Использование комплекса ориентировано прежде всего на службы качества, управления и маркетинга производителей продукции (услуг), консалтинговые организации, учебные центры, экспертов и аудиторов. При этом задачи КС-комплекса, особенно на производстве, могут быть использованы по-разному, в зависимости от квалификации специалиста. Это связано с тем, что задачи комплекса реализуют как

стандартные производственные функции (ведение и сопровождение документации, задачи справочных и информационных материалов, отслеживание графиков пересмотра документов, проведения аудита и т. д.), так и аналитические (экспертные) – анализ текущих и предполагаемых ситуаций в системе качества, анализ согласования требований документов системы качества между собой и с документами системы ГОСТ Р и ISO, формирование и анализ статистики поведения компонент системы качества (производственных подразделений, функций, документов) во времени.

В начальный состав автоматизированного информационно-аналитического комплекса в области качества и сертификации включены разделы задач, приведенные на рис. 2.

Краткое описание этих разделов является ключевым, поскольку обеспечивает нормативную и правовую поддержку других аспектов комплекса. Каждый раздел основан на автоматизированной системе учета документов по качеству и сертификации, которая обновляет и поддерживает их, включая изменения.



Рис. 2. Разделы задач КС-системы

**Внутренний аудит системы качества** является объективным инструментом для регулярного анализа состояния системы качества на всех этапах: от стадии ее сертификации до ее функционирования. Основу раздела составляет автоматизированная аналитическая система, позволяющая делать численные и логические заключения (оценки) об объективном (в рамках заложенных критериев и данных) состоянии системы качества как на текущий период, так и за прошедшее время с учетом требований стандартов предприятия и ISO 9002.

**Выбор поставщика** предлагает сбор информации о комплектующих и их поставщиках, учет и анализ влияния комплектующих на качество продукции и дает рекомендации по выбору поставщиков. Основу раздела составляет автоматизированная информационно-аналитическая система по комплексному учету и накоплению сведений о качестве комплектующих изделий (материалов) и ведению досье на их поставщиков; анализу влияния качества комплектующих на улучшение (ухудшение) качества готовой продукции; определению первичной и текущей оценок поставщиков и выработке рекомендаций по их выбору.

**Паспорт качества** обеспечивает учет показателей качества на этапах производства. Основа раздела – автоматизированная информационно-аналитическая система, которая хранит схему прохождения первичных документов (паспортов, формуляров), содержащих показатели, влияющие на качество продукции на контролируемых этапах технологического цикла, и обеспечивает накопление объективных

фактических данных о качестве (с целью их идентификации, обнаружения и проведения анализа для выработки необходимых корректирующих и предупреждающих воздействий).

Комплекс разрабатывается как совокупность систем, учитывающих выбранные направления автоматизации, что обеспечивает их относительную независимость и унифицированную информационную основу. Он обеспечит возможность работы с полнотекстовыми документами и предусматривает обработку результатов в среде Windows.

Все базы данных комплекса обеспечат как возможность обновления и пополнения самих данных (документов), так и видоизменение структуры, хранимых в нем информационных объектов, например классификаторов.

Каждый раздел основан на автоматизированной системе учета документов по качеству и сертификации, которая обновляет и поддерживает их, включая изменения.

Интерфейс «машина – пользователь» подходит для работы с базой данных для различных специалистов. Выходные результаты представляются в виде видеogramм и бумажных документов. Комплекс включает иерархическую систему защиты от несанкционированного доступа и копирования данных.

Автоматизация и управление системами сертификации процессов и продукции обеспечивают качество продукции, что в свою очередь способствует защите интересов потребителей и предотвращению продажи некачественных или опасных то-

варов; помогает обеспечить безопасность и здоровье потребителей, исключая из оборота продукцию, которая может представлять угрозу для здоровья людей или окружающей среды; улучшает конкурентоспособность продукции; помогает предприятиям/организациям соблюдать законодательные нормы и сокращает затраты на сертификацию.

### Цитированная литература

1. ГОСТ 16504-91. СГИП. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.
2. **Шкарина, Т. Ю.** Международные принципы стандартизации. Основные серии международных стандартов ИСО: учебное пособие / Т. Ю. Шкарина, И. Б. Репина [и др.]. – Текст : непосредственный // Инженерная школа ДВФУ. – Ч. 2. – Владивосток, 2018. – С. 6–13.
3. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник / под редакцией В. В. Алексеева. – Москва: Academia, 2019. – 256 с. – Текст : непосредственный.
4. **Павлов, П. С.** Сертификация систем качества / П. С. Павлов, И. И. Хафизов. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2017. – № 8. – С. 62–65.
5. **Герашенко, Д. А.** Автоматизация процесса управления сертификацией персонала в системных интеграторах / Д. А. Герашенко. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2018. – № 17 (203). – С. 161–163.
6. **Клочков, М. М.** Автоматизированный информационно-аналитический комплекс в области качества и сертификации / М. М. Клочков, Е. М. Диамант, В. С. Егоров. – Текст : непосредственный // Проблемы продвижения продукции и технологий на внешний рынок. – 2017. – Специальный выпуск. – С. 49–51.

УДК 658

## ДЕЛОВАЯ РЕПУТАЦИЯ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

*Т. Г. Иванисова, Н. Н. Дмитриева*

*Раскрыто понятие деловой репутации как одного из факторов повышения деловой активности предприятия, которая определяет эффективность деятельности хозяйствующего субъекта. Изучен механизм влияния деловой репутации на результативность и эффективность деятельности организации, а следовательно, влияние на ее стоимость и привлекательность для инвесторов.*

**Ключевые слова:** деловая репутация, привлекательность (имидж), нематериальные активы, стоимость организации, инвестиции, репутация в бизнесе.

## BUSINESS REPUTATION AS A FACTOR IN IMPROVING THE EFFICIENCY OF AN ENTERPRISE

*T. G. Ivanisova, N. N. Dmitrieva*

*The concept of business reputation as one of the factors in increasing the business activity of an enterprise, which determines the efficiency of an economic entity, is revealed. The mechanism of influence has been studied. The influence of business reputation on the effectiveness and efficiency of the organization's activities, and, consequently, the impact on its value and attractiveness for investors has been revealed.*

**Keywords:** business reputation, attractiveness (image), intangible assets, organization value, investments, business reputation.

Бизнес – это сложная система, включающая в себя различные элементы, каждый из которых влияет на общую стоимость предприятия. Оценка бизнеса представляет собой процесс анализа и оценки всех составляющих его элементов, а также их влияния на стоимость. В результате оценки мы получаем объективную стоимость бизнеса, которая отражает его текущее состояние, потенциал развития и возможные

риски. Все более актуальным вопросом в современном мире становится оценка стоимости бизнеса и управление ею. Стоимость бизнеса является объективным показателем результатов его функционирования, и деловая репутация играет ключевую роль в формировании этой стоимости. Управление деловой репутацией позволяет предприятию эффективно конкурировать на рынке, привлекать инвесторов и покупателей.

---

Для цитирования: **Иванисова, Т. Г.** Деловая репутация как фактор повышения эффективности деятельности предприятия / Т. Г. Иванисова, Н. Н. Дмитриева. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 166–170. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.

Основная задача коммерческих организаций, вне зависимости от их размера и ориентированности на отрасль, заключается в том, чтобы получить и максимизировать прибыль. Для достижения указанных целей необходимо стремиться к увеличению объемов производства и предоставления услуг, расширению базы покупателей и улучшению качества товаров и услуг. В современных условиях нематериальные активы становятся все более значимыми, особенно для деловой репутации предприятия. Поэтому становится еще актуальнее разбираться в понятии деловой репутации и учитывать ее влияние на эффективность хозяйствующего субъекта.

В настоящее время существует множество подходов к определению содержания термина «деловая репутация». Однако пока не сформировано единое определение.

В социальном аспекте деловая репутация представляет собой динамичное профессиональное «я» человека, совокупность его позитивных и негативных деловых характеристик, которые выражаются в мнении окружающих, сформированном на основе общедоступной информации об этом человеке и его профессиональной деятельности.

Это мнение является важным фактором, влияющим на отношение окружающих к человеку, его профессиональную успешность и возможности для карьерного роста. Хорошая деловая репутация может привести к привлечению клиентов, инвесторов и партнеров, плохая репутация, наоборот, может быть препятствием для развития профессиональных отношений.

Для формирования деловой репутации необходимо постоянное саморазвитие и совершенствование профессиональных качеств человека, стоит избегать ситуаций, которые могут негативно сказаться на профессиональном облике [1].

Для того чтобы лучше понять природу и содержание анализируемого термина, целесообразно систематизировать основные характеристики, отличающие его от других категорий.

Понятие «деловая репутация» наиболее полно характеризуется следующими признаками:

- нематериальное благо, которое лишено вещественного содержания;
- формируется в процессе профессиональной деятельности лица;
- имеет субъективный характер;
- отражается во мнении общества;
- не всегда является отражением истинных качеств;
- значение имеет не частное мнение о предприятии, а мнение большинства [2].

Особый интерес представляет трактовка данного понятия, используемая для целей бухгалтерского учета. В соответствии с этой трактовкой, деловая репутация – это разница между покупной ценой предприятия (имущественного комплекса) и суммой всех его активов и обязательств, отраженных в бухгалтерском балансе на момент покупки [3]. Создание и управление деловой репутацией требует времени и усилий, но оно может принести значительную пользу в виде конкурентного преимущества и является важным инструментом при формировании стоимости бизнеса. Во внешней среде предприятия

деловая репутация может формироваться через благотворительную и спонсорскую деятельность, предоставление программ лояльности для партнеров и создание эффективных маркетинговых мероприятий. Во внутренней среде предприятия деловая репутация формируется через создание условий для карьерного роста сотрудников, предоставление полного социального пакета и формирование имиджа руководства.

В статье Ю. А. Сениной «Экономика и бизнес: теория и практика» рассматривается деловая репутация как основной фактор, повышающий привлекательность организации для инвесторов, это свидетельствует об результативности и высокой производительности организации [4].

Говоря о деловой репутации, часто в качестве синонимов используют такие определения, как имидж и бренд. Да, они позволяют дать полную или максимально приближенную оценку, которую дают контрагенты и покупатели, однако бренд и деловая репутация – это два разных понятия. Бренд – это имя, символ или дизайн, которые идентифицируют продукт или услугу. Он может быть создан и контролироваться предприятием. Деловая репутация же есть общее впечатление о хозяйствующем субъекте и его продуктах или услугах. Ее трудно контролировать, так как она зависит от многих факторов, таких, например, как качество продукции, обслуживание клиентов и общая репутация организации.

Но деловая репутация, будучи по своей природе нематериальным активом, плотно связана с большим количеством

финансовых показателей. Факторы, такие как доходность и прибыльность, отражают текущее финансовое состояние предприятия.

Обобщив определения и научные видения, можно сказать, что деловая репутация в широком смысле – это общественная оценка, получаемая в процессе профессиональной или предпринимательской деятельности. Это широко распространенное мнение о деловых качествах и достоинствах физического (предпринимателя) или юридического лица.

Научный интерес представляет определение оснований и моментов возникновения репутации бизнеса. Основной особенностью этого фундамента является то, что довольно трудно определить момент его формирования. Это связано с тем, что репутация не появляется одновременно с регистрацией хозяйствующего субъекта или индивидуального предпринимателя. Она формируется под воздействием различных внутренних и внешних факторов в течение определенного периода времени.

Исследование деловой репутации как фактора повышения эффективности бизнеса должно проводиться через его оценку. В настоящее время разработаны несколько моделей оценки бизнес-репутации, из которых внимания заслуживают следующие:

- оценка по разности суммарной рыночной стоимости всего бизнеса и активов предприятия;
- оценка объема продаж;
- понятие сверхприбыли (базирующееся на допущении, что если одно предприятие получает большую прибыль на



единицу активов, чем аналогичное предприятие из того же отраслевого сегмента, то это означает, что часть дополнительной прибыли приходится на такой фактор, как деловая репутация);

– метод разниц (деловая репутация определяется как разница между рыночной ценой активов и их балансовой стоимостью) [5].

В целом каждое предприятие выбирает одну из перечисленных моделей оценки деловой репутации индивидуально, исходя из возможности их оптимального применения в конкретной ситуации.

Деловая репутация оказывает существенное влияние на деловую активность предприятия. Рассмотрим механизм этого влияния.

Репутация предприятия является одним из главных факторов, который покупатели учитывают при принятии решения о покупке товаров или услуг. Если предприятие имеет положительную репутацию, клиенты склонны доверять ему больше и, вероятнее всего, выберут его, нежели конкурентов. Также в этом случае предприятия будут иметь высокую клиентскую лояльность. Потребители, удовлетворенные предыдущими покупками или взаимодействиями с предприятием, склонны оставаться его постоянными клиентами и, возможно, увеличивать объемы своих покупок.

Также уровень деловой репутации влияет на степень развития партнерства и сотрудничества с другими контрагентами.

Предприятия с хорошей репутацией привлекают больше компетентных высококвалифицированных сотрудников,

потому что они рассматривают эти предприятия как престижные места работы. У таких предприятий чаще всего имеются эффективные программы привлечения и удержания персонала.

Помочь предприятию в расширении сферы деятельности и увеличении деловой активности может открытый доступ к финансовым возможностям, таким как кредиты, инвестиции и публичное размещение акций. Что возможно при высоком уровне деловой репутации.

Таким образом, значение деловой репутации предприятия в современных условиях чрезвычайно велико. Это объясняется тем, что она может играть решающую роль при оценке эффективности деятельности коммерческой организации и, следовательно, при оценке ее рыночной стоимости. То есть положительная деловая репутация, которая формируется в течение длительного времени, может значительно увеличить стоимость организации. Однако это очень хрупкий нематериальный актив, который легко подвергнуть сомнению. Грамотные действия конкурентов могут скомпрометировать руководство предприятия и тем самым изменить его рыночную стоимость. Также следует учитывать, что в основе формирования деловой репутации лежит информационный поток, который генерируется самим предприятием и окружающей средой. В связи с тем, что потоки информации неконтролируемы, они могут иметь непредсказуемое влияние на репутацию и в конечном счете – на стоимость предприятия.

Формирование и управление деловой репутацией – это важный процесс, который

требует много времени и усилий, но он может принести большую пользу в виде конкурентного преимущества. Хорошая репутация может помочь привлечь новых клиентов и увеличить продажи, снизить риски и повысить стоимость предприятия. Поэтому важно уделять время и ресурсы созданию и поддержанию положительной деловой репутации.

### Цитированная литература

1. **Овод, И. В.** К вопросу о понятии деловой репутации / И. В. Овод, С. Е. Моисеев, З. Д. Муродалиев. – Текст : электронный // Новая наука : теоретический и практический взгляд. – 2016. – № 5–2 (81). – С. 258–261. – URL : [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_25949556\\_29442727.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_25949556_29442727.pdf) (дата обращения: 05.04.2024).
2. **Килинкар, В. В.** К вопросу о понятии деловой репутации в российском праве / В. В. Килинкар. – Текст : электронный // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия Право. – 2011. – № 1. – С. 16–30. – URL : <https://lawjournal.spbu.ru/article/view/4152> (дата обращения: 05.04.2024).
3. Стандарт бухгалтерского учета № 38 «Нематериальные активы» // Приказ Министерства экономики ПМР №744 от 21 декабря 2005 г. – Текст : непосредственный.
4. **Сенина, Ю. А.** Репутация компании как фактор инвестиционной привлекательности / Ю. А. Сенина. – Текст : электронный // Экономика и бизнес : теория и практика. – 2016. – № 5. – С. 151–154. – URL : <http://economyandbusiness.ru/reputatsiya-kompanii-kak-faktor-investitsionnoj-privlekatelnosti> (дата обращения: 05.04.2024).
5. **Задорожко, Д. С.** Современные подходы к оценке деловой репутации и репутационного риска / Д. С. Задорожко. – Текст : электронный // Управление экономическими системами : электронный научный журнал. – 2013. – № 8(56). – URL : <http://uecs.ru/uecs56-562013/item/2302> (дата обращения: 05.04.2024).

УДК 621.31

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ

П. Ю. Галантюк, И. В. Голуб

*Представлены результаты энергетического обследования по анализу эффективности энергопотребления в административном здании на предприятии «Молдавизолит». В процессе энергоаудита здания были выявлены основные проблемы, которые ведут к повышенным потребностям энергии, а также предложены различные меры, способствующие снижению «энергозатрат». Расшифровано понятие энергоаудита, дана характеристика мероприятиям, выполняемым в процессе его проведения. Представлено оборудование для проведения энергоаудита. Определены необходимые инвестиции для внедрения предлагаемых мер по повышению энергоэффективности. Рассчитаны сроки окупаемости предложенных мероприятий.*

**Ключевые слова:** энергоаудит, мероприятия по энергоэффективности, потребление энергии, срок окупаемости.

## RESEARCH OF THE POSSIBILITIES OF INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE FUNCTIONING OF AN ADMINISTRATIVE BUILDING AT THE ENTERPRISE

P. Y. Galantiuk, I. V. Golub

*The paper presents the results of an energy survey to analyze the efficiency of energy consumption in the administrative building at the Moldavizolit enterprise. During the energy audit of the building, the main problems that lead to increased energy consumption were identified and various measures were proposed to help reduce energy costs. The concept of energy audit is deciphered, and a description is given of the activities carried out in the process of its implementation. Equipment for conducting energy audits is presented. Investments required to implement the proposed energy efficiency measures have been identified. The payback period for the proposed measures has been calculated.*

**Keywords:** energy audit, energy efficiency measures, energy consumption, payback period.

В настоящее время энергетика является главным движущим сегментом мирового экономического развития. Большая часть энергии происходит благодаря необходимым ископаемым для энергоносителей.

Всего лишь небольшая доля приходится на альтернативные энергоносители. Чтобы стимулировать сбережение энергии и увеличить эффективность энергоисточников, многие страны принимают законодательные

---

Для цитирования: Галантюк, П. Ю. Исследование возможностей повышения энергоэффективности функционирования административного здания на предприятии / П. Ю. Галантюк, И. В. Голуб. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 171–179. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.

акты и осуществляют энергетический аудит [1, с. 13].

Энергоаудит – взаимосвязанный комплекс технических, организационных, экономических и иных мероприятий, направленных на выявление возможности экономически эффективной оптимизации потребления энергетических ресурсов. Результатом его является энергетический паспорт [2, с. 6].

Цель энергоаудита – оценить эффективность использования топливно-энергетических ресурсов и разработать меры для повышения энергоэффективности функционирования административного здания на предприятии [2, с. 7].

Для проведения энергетического обследования был произведен внешний ос-



Рис. 1. Общий вид здания

мотр здания, изучение его технической документации, режима эксплуатации объекта, а также сбор данных об энергопотреблении за период 2020–2022 гг.

#### 1. Общий вид здания.

Здание – административный корпус завода «Молдавизолит». Оно было построено в 1978 году и до сих пор не подвергалось капитальному ремонту. В здании реализованы следующие меры по повышению энергоэффективности:

- частичная замена столярных изделий со старым деревянным каркасом на столярные изделия из ПВХ в период 2010–2022 гг.;
- полная замена ламп накаливания и люминесцентных источников света на светодиодные в период 2019–2022 гг.

Тепловой комфорт в некоторых помещениях здания не обеспечивается. Общий вид здания показан на рис. 1.

Здание состоит из трех блоков. Блок № 1 имеет три этажа, блок № 2 – один этаж, блок № 3 – два этажа. В блоке № 1 размещаются кабинеты и душевые с раздевалками, во втором блоке – только кабинеты. Схема здания представлена на рис. 2.

Стены здания покрыты штукатуркой с мозаичной плиткой. Крыша плоская, покрыта рубероидом, оштукатуренным с внутренней стороны.

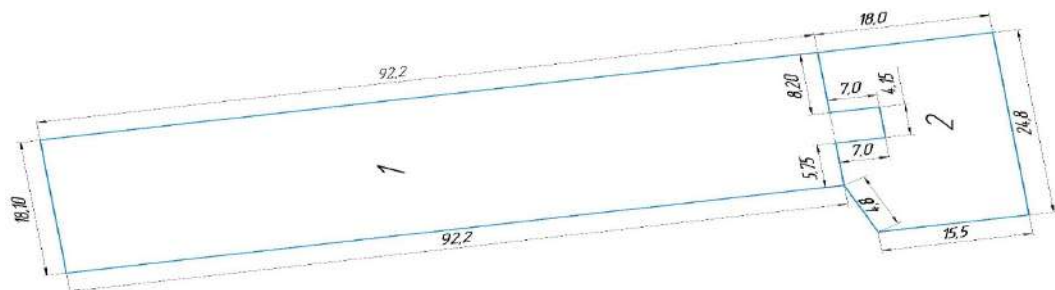


Рис. 2. Схема административного здания

В настоящее время здание и все его блоки эксплуатируются. Работает 7 дней в неделю по 9-часовому графику. Зданием пользуется приблизительно 100 сотрудников завода.

## 2. Проводимые измерения.

Были проведены следующие мероприятия:

- измерение размеров здания (при помощи лазерного дальномера);
- анализ здания тепловизионной камерой;
- изучение внешнего вида здания;
- визуальный анализ конструкции стен, потолка и пола;
- измерение уровня освещенности при помощи люксметра;
- анализ системы отопления;
- анализ данных о потреблении за последние 3 года;
- интервью с административным персоналом объекта [3, с. 74].

## 3. Ограждающие конструкции здания.

Рассматриваемое здание состоит из следующих ограждающих конструкций: стены, кровля, напольное покрытие, окна и двери.

Стены здания построены из железобетонных блоков толщиной 40 см. С внешней стороны оштукатурены, имеется керамическая плитка в виде мозаики – тип № 1. Толщина внешней штукатурки с плиткой составляет 1,5 см. Стены типа 2 и 3 имеют вентиляционный фасад, толщина которого составляет 10 см. С внутренней стороны толщина штукатурки составляет 2 см. Вид стен представлен на рис. 3.

На основании справочных данных, значение коэффициента теплопередачи для существующих неутепленных стен, контактирующих с внешней средой, со-

ставляет  $2,4 \text{ Вт/м}^2\text{К}$  [4, с. 31]. Общая площадь стен, соприкасающихся с наружным пространством, составляет  $1581 \text{ м}^2$ , нижнего цоколя –  $64 \text{ м}^2$ , площадь стен с вентилируемым фасадом –  $44 \text{ м}^2$ .

Кровля плоская, покрыта рубероидом и не имеет утепления (теплоизоляции) (рис. 4). Для крыши использовалось значение  $0,115 \text{ м}^2\text{К/Вт}$  для внутреннего сопротивления и  $0,040 \text{ м}^2\text{К/Вт}$  – для внешнего. Так, коэффициент теплопередачи для кровли без утепления равен  $0,99 \text{ Вт/м}^2\text{К}$  [4, с. 35]. Площадь крыши  $2107,6 \text{ м}^2$ .

Напольное покрытие в исследуемом здании четырех видов (рис. 5):



Рис. 3. Вид на стены и окна



Рис. 4. Кровля



Рис. 5. Виды полов

1) бетон в контакте с землей, площадью – 858 м<sup>2</sup> (железобетон 25 см и керамзит 5 см, раствор, цемент/песок 8 см), значение  $U = 0,38 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ ;

2) линолеум на бетоне в контакте с землей, площадью – 33 м<sup>2</sup> (железобетон 25 см и керамзит 5 см, раствор цемент/песок 8 см, линолеум 0,5 см),  $U = 0,38 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ ;

3) линолеум и дерево на бетоне в контакте с землей, площадью – 375 м<sup>2</sup> (железобетон 25 см и керамзит 5 см, раствор цемент/песок 8 см, дерево 2,5 см, линолеум 0,5 см),  $U = 0,37 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ ;

4) кафельная плитка на бетоне в контакте с землей, площадью – 522 м<sup>2</sup> (же-

лезобетон 25 см и керамзит 5 см, раствор цемент/песок 8 см, плитка 0,7 см),  $U = 0,38 \text{ Вт/м}^2\text{К}$  [4, с. 40].

Окна и двери. В здании 121 окно ПВХ с трехкамерным стеклопакетом (4–20–4) мм, общей площадью 486 м<sup>2</sup>, 88 окон с деревянной рамой (4–80–4 мм) площадью 406 м<sup>2</sup> (рис. 6). Количество дверей из ПВХ – 3 штуки (14 м<sup>2</sup>) и одна железная дверь (2 м<sup>2</sup>).

Коэффициент теплопередачи для окон из ПВХ принято считать равным 2 Вт/м<sup>2</sup>К. Коэффициент теплопередачи для деревянных окон – 4 Вт/м<sup>2</sup>К. Для дверей из ПВХ коэффициент теплопередачи оценивается в 2,2 Вт/м<sup>2</sup>К, для железной двери 5 Вт/м<sup>2</sup>К [4, с. 42].

4. Расчеты тепловых потерь ограждающих конструкций административного корпуса.

Схема здания и его ориентация относительно севера изображены на рис. 2. Расчет тепловых потерь ограждающих конструкций производится по формуле:



Рис. 6. Окна с деревянной рамой

$$Q = \frac{(S \cdot U \cdot \Delta t \cdot \tau / \text{год})}{100},$$

где  $S$  – поверхность ограждающей конструкции,  $\text{м}^2$ ;

$U$  – коэффициент теплопередачи (справочные данные),  $\text{Вт}/\text{м}^2\text{К}$ ;

$\Delta t$  – температура в рабочее и нерабочее время,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\tau$  / год (курс.) – количество часов в год;

$Q$  – тепловые потери ограждающих конструкций за год,  $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{г}$ .

В качестве примера проведен расчет тепловых потерь через стены первого типа:

$$Q = \frac{(1581 \cdot 1,97 \cdot 18,4 \cdot 1067)}{100} =$$

$$= 61299 \text{ (кВт}\cdot\text{ч / г)}.$$

Для остальных типов стен, кровли, полов расчет производится таким же способом [4, с. 7].

Расчет притока тепла через окна производится по формуле:

$$Q = G \cdot M \cdot U \cdot GU \cdot S,$$

где  $Q$  – подвод солнечного тепла через типовое окно или дверь;

$G$  – коэффициент затенения (1–0), 1 означает отсутствие затенения;

$M$  – стеклянная фактура

$U$  – коэффициент теплопередачи окна в зависимости от типа (справочные данные);

$GU$  – глобальное излучение в зависимости от ориентации (север, юг, запад, восток);

$S$  – площадь остекления.

В качестве примера проведен расчет тепловых потерь через 1-й тип окна:

$$Q = 0,8 \cdot 0,75 \cdot 2 \cdot 202 \cdot 17,1 = \\ = 2074,5 \text{ (кВт}\cdot\text{ч / г)}.$$

Для остальных окон расчет производится таким же способом [4, с. 7].

Распределение тепловых потерь через ограждающие конструкции до реконструкции здания показано на рис. 7.

В результате расчетов установлено, что потери тепла через ограждающие конструкции здания составляют 638  $\text{МВт}\cdot\text{ч}/\text{год}$ , в том числе через стены 261  $\text{МВт}\cdot\text{ч}/\text{год}$ , через крышу 140  $\text{МВт}\cdot\text{ч}/\text{год}$ , через пол 46  $\text{МВт}\cdot\text{ч}/\text{год}$ , через окна и двери 284  $\text{МВт}\cdot\text{ч}/\text{год}$ . Приток тепла через окна составил 94  $\text{МВт}\cdot\text{ч}/\text{год}$ .

Отопление здания осуществляется с помощью производственной котельной, расположенной в отдельном здании. В котельной два котла ДЕ, производительность каждого составляет 10 тон пара в час, котлы работают на природном газе. Основная часть тепловой энергии, вырабатываемой котлом, затрачивается на производственные нужды. Вода для отопления нагревается с помощью скоростных теплообменников, а ГВС – в бойлере, к которому подводятся паровые трубы с температурой пара 150  $^{\circ}\text{C}$ . В настоящее время все помещения отапливаются.

Освещение в здании осуществляется на базе 4 типов источников света:

– светильники со светодиодными лампами  $2 \times 18$  Вт.

– светодиодные лампы  $1 \times 10$  Вт;

– светильники со светодиодными лампами  $4 \times 8$  Вт;

– светодиодные светильники наружного освещения  $1 \times 50$  Вт.

В административном корпусе исследуемого объекта используются современные светодиодные источники освещения, которые не требуют замены. Суммарное



Рис. 7. Распределение тепловых потерь по ограждающим конструкциям и приток тепла через окна до реконструкции

потребление электроэнергии источниками света составляет 2068 кВт·ч /год.

Для каждой группы электрооборудования был определен коэффициент использования. Расчет годового потребления электроэнергии для каждой группы электроприемников производится по формуле:

$$W = P \cdot n \cdot T_3 \cdot Ki_3 + P \cdot n \cdot T_л \cdot Ki_л,$$

где  $W$  – годовое потребление, кВт·ч/год;

$P$  – мощность, кВт;

$n$  – количество электроприемников одной группы;

$T_3$  и  $T_л$  – количество часов работы в отопительный и летний сезон соответственно;

$Ki_3$  и  $Ki_л$  – коэффициент использования в отопительный и летний сезон соответственно.

Для примера рассчитано годовое количество потребляемой электроэнергии настольными компьютерами:

$$W_{pc} = 0,25 \cdot 43 \cdot 366 \cdot 0,5 + 0,25 \cdot 43 \cdot 351 \cdot 0,5 = 3468 \text{ (кВт} \cdot \text{ч / год)}$$

Остальные расчеты для групп электроприемников производятся аналогично. Суммарно оборудование потребляет электроэнергии 40183 кВт·ч/год.

Потребление электроэнергии исследуемого здания за последние 3 года показано на рис. 8. Данный расход относится только к исследуемому административному зданию завода.

Потребление природного газа за период 2020–2022 гг. (рис. 9) из года в год меняется из-за внешних температурных отклонений. Тепловая энергия используется



для обогрева помещений, приготовления горячей воды для душевых.

На основании измерений и анализа для данного здания были предложены меры по повышению энергоэффективности:

- утепление стен;
- утепление кровли;
- замена окон;
- установка фотоэлектрических панелей.

Для утепления стен предложено использовать слой минеральной ваты толщиной 100 мм и плотностью 135 кг/м<sup>3</sup> на общей площади 1581 м<sup>2</sup>. Применение этой меры к стенам снизит коэффициент теплопередачи стен с 2,4 Вт/м<sup>2</sup>К до 0,32 Вт/м<sup>2</sup>К. Удельная стоимость оценивается в 1500 руб/м<sup>2</sup>.

Для утепления кровли предлагается использовать минеральную вату толщиной 100 мм плотностью 135 кг/м<sup>3</sup>. Применение этой меры снизит коэффициент теплопередачи кровли с 0,99 Вт/м<sup>2</sup>К до 0,23 Вт/м<sup>2</sup>К. Средняя стоимость 1 м<sup>2</sup> утепленной кров-

ли, включая защитные меры, оценивается в 1400 руб. Площадь утепленной кровли составляет 2107,6 м<sup>2</sup>.

Замена столярных изделий предполагает замену старых окон с деревянными рамами на новые пятикамерные окна из ПВХ с коэффициентом  $U = 1,7$  Вт/м<sup>2</sup>К. Инвестиции в смену столярных изделий оцениваются в 3000 руб/м<sup>2</sup>. Площадь столярных изделий, которые необходимо заменить, составляет 406 м<sup>2</sup> окон [4, с. 7].

При помощи интернет-ресурса «Photovoltaic geographical information system» рассчитана возможность получения электроэнергии через солнечные панели. Предлагается установить 80 солнечных панелей, суммарная генерация составит 51400 кВт·ч/год, стоимость одной панели составляет 8000 руб. [5].

Составляющие тепловых потерь ограждающих конструкций до реконструкции и после реконструкции показаны на рис. 10.

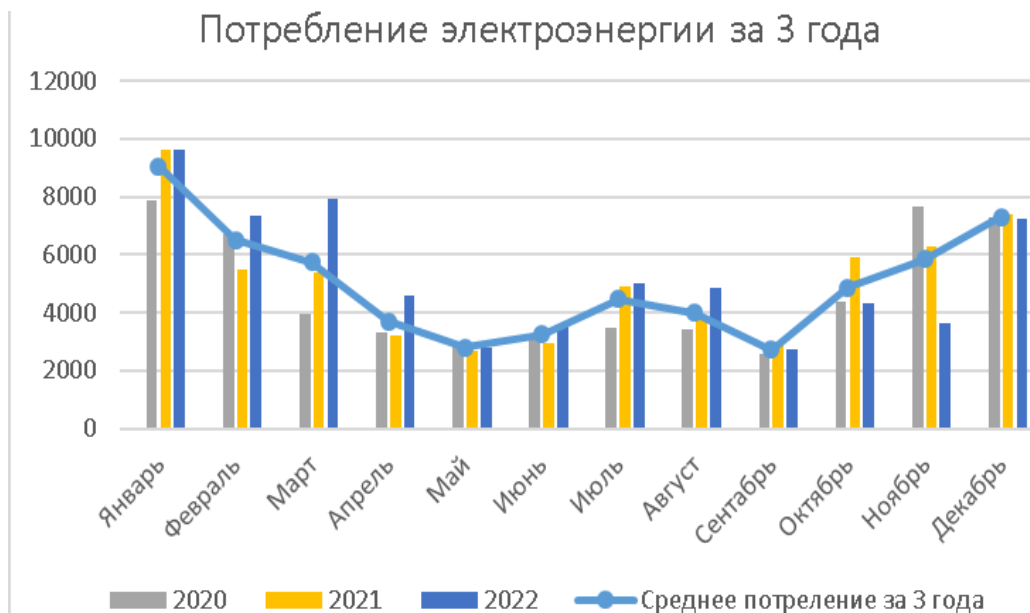


Рис. 8. Потребление электроэнергии (кВт·ч) за период 2020–2022

### Потребление природного газа за 3 года

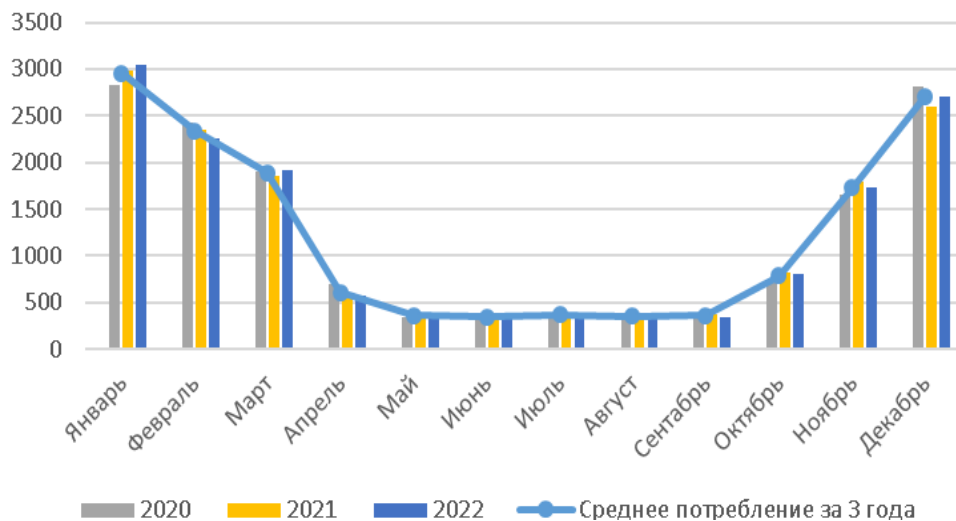


Рис. 9. Потребление природного газа (м³) за период 2020–2022

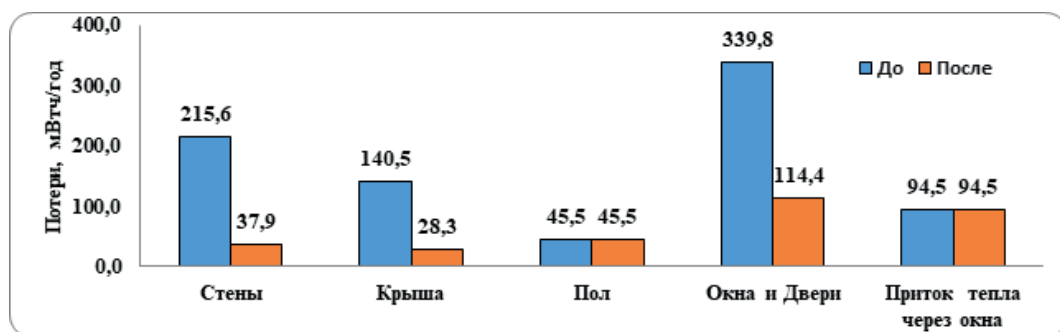


Рис. 10. Потери тепла через ограждающие конструкции до и после реконструкции

В результате реализации этих мероприятий предполагается значительное уменьшение теплопотерь.

При существующих в 2024 году тарифах на энергоносители (тепловая энергия 0,11 руб/кВт·ч, электроэнергия 0,75 руб/кВт·ч) приведен расчет стоимости и сроков окупаемости предложенных мероприятий (табл. 1).

В табл. 2 показаны иные значения на тарифы энергоносителей (тепловая энергия 1,9 руб/кВт·ч, электроэнергия

0,75 руб/кВт·ч), при которых предложенные мероприятия окупаются в срок до 20 лет.

Таким образом, меры по повышению энергоэффективности, предложенные для анализируемого административного здания, приводят к значительному снижению потерь энергии.

При реализации предложенных мероприятий тепловые потери от первоначальных значений составят:

– при утеплении стен ~ 17 %;

Таблица 1

## Стоимость предложенных мер и сроки окупаемости

№	Описание меры	Инвестиции [руб.]	Теоретическая экономия на стандартных условиях		Теоретический срок окупаемости	
			[кВт*ч/год]	[Руб./год]	простой	обновл.
1	Теплоизоляция крыши	2 950 598	131 967	14 516	203	235
2	Утепление стен	2 663 362	209 084	22 999	116	134
3	Замена окон	1 218 330	199 770	21 975	55,4	63,8
4	Фотоэлектрические панели	547 680	58 919	44 189	12,4	14,0

Таблица 2

## Стоимость предложенных мер и сроки окупаемости при иных значениях на тарифы энергоносителей

№	Описание меры	Инвестиции [руб.]	Теоретическая экономия на стандартных условиях		Теоретический срок окупаемости	
			[кВт*ч/год]	[Руб./год]	простой	обновл.
1	Теплоизоляция крыши	2 950 598	131 967	250 737	12	13
2	Утепление стен	2 663 362	209 084	397 260	7	7
3	Замена окон	1 218 330	199 770	379 563	3,2	3,3
4	Фотоэлектрические панели	547 680	58 919	44 189	12,4	14,0

– при теплоизоляции кровли ~ 20 %;  
– при замене устаревших столярных изделий (окон) ~ 40 %.

Генерация электроэнергии через солнечную фотоэлектрическую систему позволит произвести 51400 кВт·ч в год, что составляет 85 % от нужд административного здания.

Из предложенных мероприятий наименьшие инвестиции приходятся на мероприятие по установке солнечной системы. В исследуемом административном здании предприятия большая часть ограждающих конструкций находится в поврежденном состоянии. Зданию необходимо произвести ремонт. Поэтому предлагаемые мероприятия рекомендуются к реализации, несмотря на большой срок окупаемости.

### Цитированная литература

1. Брикч, И. Пути перехода к устойчивой энергетике: публикация ООН / И. Брикч. – Женева : ООН, 2020. – С. 13. – Текст : электронный. – URL: [https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/images/PATHWAYS/Home/FINAL\\_](https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/images/PATHWAYS/Home/FINAL_)

Report\_ - Pathways\_to\_Sustainable\_Energy\_ - RUSSIAN.pdf (дата обращения : 05.11.2022).

2. Смородин, С. Н. Основы энергоаудита объектов. Энергетический паспорт предприятия : учебное пособие / С. Н. Смородин, В. Н. Белоусов, В. Ю. Лакомкин. – Текст : непосредственный / СПбГТУРП. – Санкт-Петербург, 2014. – С. 6–7.

3. Тыршу, М. С. Энергоаудит как инструмент энергосбережения / М. С. Тыршу, Д. А. Зайцев, И. В. Голуб. – Текст : непосредственный // Проблемы региональной энергетики. Серия: Энергетические системы. – 2013. – № 3(23). – С. 74.

4. Климович, С. В. Теплотехнический расчет наружных ограждений и тепловой баланс здания / С. В. Климович, И. В. Янцевич. – Текст : электронный // Электронный учебный материал. – 2019. – С. 4–42. – URL : [https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/58699/Teplotehnicheski\\_raschet.pdf](https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/58699/Teplotehnicheski_raschet.pdf) (дата обращения : 5.11.2022).

5. Фотоэлектрическая географическая информационная система. – Текст : электронный // Электронный портал Европейской комиссии, Отделение энергоэффективности и возобновляемых источников энергии. – Италия, 2024. – URL : [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html#PVP](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP) (дата обращения : 5.01.2024).

УДК 657:338.2

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В УЧЕТНОЙ РАБОТЕ И СФОРМИРОВАННОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СУЖДЕНИЯ БУХГАЛТЕРА НА СОСТОЯНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

*Н. В. Зеленин*

*Рассматриваются причины появления различных видов неопределенности в учетной деятельности предприятия и применение такого инструмента МСФО, как профессиональное суждение бухгалтера, направленное на разрешение неопределенности в учетной работе и снижение её воздействия на показатели, характеризующие состояние экономической безопасности хозяйствующего субъекта. Исследуется вопрос взаимосвязи явления неопределенности и вытекающих из нее рисков при принятии учетными специалистами управленческих решений.*

**Ключевые слова:** *экономическая безопасность предприятия, ошибки, нарушения, профессиональное суждение бухгалтера, неопределённость, финансовый риск, производственный риск, прибыль.*

## RESEARCH OF THE INFLUENCE OF UNCERTAINTY IN ACCOUNTING WORK AND FORMED PROFESSIONAL JUDGMENT OF AN ACCOUNTANT ON THE STATE OF ECONOMIC SECURITY OF THE ENTERPRISE

*N. V. Zelenin*

*It discusses the reasons for the emergence of various types of uncertainty in the accounting activities of an enterprise and the use of such an IFRS tool as the professional judgment of an accountant, aimed at resolving uncertainty in accounting work and reducing its impact on indicators characterizing the state of economic security of an economic entity. The paper examines the issue of the relationship between the phenomenon of uncertainty and the risks arising from it when accounting specialists make management decisions.*

**Keywords:** *economic security of an enterprise, errors, violations, professional judgment of an accountant, uncertainty, financial risk, production risk, profit.*

В условиях нестабильно развивающейся экономики на экономическую безопасность предприятия оказывают влияние множество внешних и внутренних факторов, которые приводят к появлению различного рода неопределенностей. Именно по этой причине в бухгалтерском учете все чаще и чаще возникает необходимость

Для цитирования: **Зеленин, Н. В.** Исследование влияния неопределенности в учетной работе и сформированного профессионального суждения бухгалтера на состояние экономической безопасности предприятия / Н. В. Зеленин. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 180–185. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.

применения профессионального суждения бухгалтера. Суждение бухгалтера является основным инструментом снижения уровня неопределенности в учетной работе и сопутствующих неопределенности рисков. Недооценка последствий игнорирования неопределенности и возникающих при этом неизбежных ошибок оказывает существенное влияние на показатели финансовой отчетности и приводит к снижению экономической безопасности предприятия. Именно поэтому тема, связанная с изучением видов неопределенности и формированием в этих условиях профессионального суждения бухгалтера, является актуальной и все чаще становится объектом исследования ученых экономистов.

Такие известные ученые экономисты, как Ф. Х. Найт, Л. С. Поздеев, Я. В. Соколов, А. С. Шапкин, а также приднестровские ученые Т. П. Стасюк, А. А. Цуркан и др. в научных публикациях рассматривали вопросы формирования и применения суждения для снижения неопределенности и вытекающих из этого состояния рисков в учетной работе. В условиях перманентно существующей рыночной неопределенности появляется насущная необходимость организации мониторинга производственных ситуаций, вызывающих состояние неопределенности в учетной работе и прогнозировании факторов, приводящих к появлению весомых угроз экономической безопасности предприятия [1]. Возникает также потребность в проведении исследований по выявлению тенденций и возможностей развития угроз и поиска действенных путей их преодоления.

Целью исследования является изучение природы появления в учетной работе предприятия различного вида неопределенностей и их влияния на состояние экономической безопасности с обоснованием необходимости формирования в этих условиях суждения бухгалтера для снижения уровня неопределенности.

Производственная деятельность предприятия тесно связана с необходимостью принятия управленческих решений как стратегического, так и тактического характера. Практически любое управленческое решение в условиях нестабильного рынка таит в себе риски, вытекающие из состояния неопределенности той или иной ситуации. Анализ содержания научных публикаций по данной теме приводит к выводу о том, что управленческое решение, принятое в условиях неопределенности и вытекающего из этого риска, предполагает появление у предприятия убытка или дохода, так как принятое решение вызывает воздействие как на рыночную среду, так и на финансовый результат проведенной хозяйственной операции. Именно поэтому риск неотделим от неопределенности, которая определяет его степень [2]. Неопределенность не всегда способствует потерям, в зависимости от обстоятельств может дать ощутимую выгоду. По этой причине при выработке управленческих решений в условиях неопределенности должны оцениваться все риски [3]. Целью подобного анализа является верная оценка всех рисков и их минимизация при наличии неопределенности. Игнорирование или ошибочная оценка риска ведут к негативным последствиям, связанным с потерей прибыли.

Анализ показывает, что риски являются следствием неопределенности. Поэтому рассмотрим причины и природу возникновения неопределенности, которая для снижения степени риска вызывает необходимость формирования профессионального суждения бухгалтера в процессе производственной деятельности предприятия. Практически любое профессиональное суждение, сформированное бухгалтером, для нивелирования уровня неопределенности и снижения рисков оказывает влияние на финансовые показатели отчетности и, соответственно, на состояние экономической безопасности предприятия, усиливая или ослабляя ее [4].

Анализ причин появления неопределенностей в бухгалтерском учете показывает, что они делятся на внешние и внутренние.

К внешним причинам относятся неопределенности, возникшие в результате проявлений нестабильности политической и экономической обстановки в государстве или ненадлежащего уровня государственного регулирования в отрасли. Многое зависит и от изменений в базе налогового, бухгалтерского и других направлений законодательства, а также от качества финансовой отчетности партнеров при принятии предприятием тех или иных управленческих решений [5]. Немаловажную роль играет отсутствие предсказуемости поведения на рынке партнера по бизнесу и усиление конкуренции, активные действия конкурентов, а также непредсказуемое изменение спроса на производимую продукцию. Кроме всего, неопределенность в бухгалтерском учете

порождает множество случайных факторов, учесть которые заранее не представляется возможным.

К внутренним причинам возникновения неопределенности в бухгалтерском учете, прежде всего, относится недостаточная профессиональная компетенция руководства и учетных специалистов предприятия, в силу чего они не всегда способны адекватно оценить экономическую информацию. В результате допускаются финансовые просчеты при выборе способов учета, что, в свою очередь, приводит к нарушению бухгалтерских принципов и правил, закрепленных в нормативных документах по организации и ведению бухгалтерского учета, и порождает неопределенность. К внутренним причинам, способствующим возникновению неопределенности, также относится некачественно сформированная учетная политика предприятия, на основании которой создается искаженная внутренняя и внешняя отчетность предприятия, что может вызвать принятие заинтересованными пользователями ошибочных управленческих решений [6].

С другой стороны, неопределенности в бухгалтерском учете появляются в результате ошибок и нарушений, допускаемых в финансовой отчетности. Ошибка в этом случае рассматривается как непреднамеренное искажение учетной информации, тогда как, используя понятие «нарушение», мы имеем в виду преднамеренное искажение учетной информации. Ошибки и нарушения ведут к искажению учетной информации и, соответственно, влияют на показатели отчетности, вызывая отклонения от фактических данных финансовой

отчетности, соответствующей фактическому состоянию предприятия. Искажения вызывают неопределенность и вытекающие из этого состояния риски. Разрешение неопределенности ведет к необходимости формирования профессионального суждения бухгалтера.

Практика бухгалтерской деятельности классифицирует ошибки, приводящие к появлению неопределенности, по различным критериям. Эти ошибки можно представить как умышленные, которые допускаются по воле специалиста, и невольные, совершаемые работником непроизвольно, по причине усталости, небрежности или неисправности техники.

Если рассматривать ошибки по причинным последствиям, то отмечаются ошибки локальные, которые не влекут за собой других ошибок, и так называемые транзитные, когда допущенная ошибка приводит к последующим, более серьезным ошибкам.

По своей значимости ошибки подразделяются на существенные, влияющие на принятие управленческого решения, и несущественные, которые не влияют на принимаемые управленческие решения [7].

С точки зрения места возникновения ошибки могут быть допущены в тексте, и тогда они исправляются корректурным способом. Ошибка, выявленная в числовых записях, исправляется с применением специальных правил, а ошибка в бухгалтерских проводках, когда нарушается корреспонденция счетов, исправляется методом красного или белого сторно [8].

Ошибки подразделяются по полноте описания содержания факта хозяйствен-

ной деятельности, когда часть фактов пропущена, их периодизации при нарушении временного отражения фактов. Ошибки также могут появиться и при нарушении достоверности, когда фиксируются события, которые не происходили.

С другой стороны, бухгалтерские ошибки, приводящие к возникновению неопределенности можно подразделить на две большие группы: методические и технические.

К методическим относятся ошибки, связанные с принятием к учету фактов хозяйственной жизни без достаточных на то оснований, например, при отсутствии надлежащим образом оформленных документов или несвоевременном их принятии. Отражение или не отражение в учетном регистре операции также относится к этой группе ошибок. Методической ошибкой является неверное отражение корреспонденции бухгалтерских счетов, оценка объекта при поступлении на предприятие, произведенная в нарушении требований, прописанных в учетной политике, неправильное применение методов начисления амортизации, нарушение порядка других операций, отраженных в нормативных документах.

К техническим ошибкам относятся арифметические ошибки в первичных документах, журналах ордерах, пропусках или повторное отражение операции, отсутствие тождественности записей в Главной книге и учетных регистрах и т. п.

Нарушением, приводящим к возникновению неопределенности, считается заведомо неверное отражение в учете фактов хозяйственной жизни, которые противоречат

требованиям законодательных и нормативных актов по бухгалтерскому учету, условиям хозяйственных договоров [9].

Наиболее распространенными причинами, приводящими к появлению ошибок и нарушений в бухгалтерском учете, можно считать отставание практики учетной работы от изменений, происходящих в рыночной экономике и, соответственно, в повседневной производственной деятельности предприятия. Многие предприятия несвоевременно вносят в учетную политику организации изменения, связанные с дополнением и изданием новых законодательных и нормативных актов по вопросам налогообложения и бухгалтерского учета. Высокая нагрузка на учетных специалистов, текучесть кадров в бухгалтерских структурах предприятия и их невысокая квалификация в ряде случаев ведут к появлению ошибок и нарушений. Необоснованное использование руководством административного ресурса для оказания влияния на учетных специалистов в совокупности с низкой экономико-производственной культурой менеджеров высшего звена управления в условиях слабого внутреннего контроля и оказание давления на специалистов бухгалтерии при оформлении отдельных учетных операций способствуют появлению нарушений. Все вышеперечисленные ошибки и нарушения способствуют росту случаев возникновения неопределенности в учетной работе. Снизить уровень неопределенности можно устранением причин, повлекших эти проявления. Усиление внутреннего аудита и автоматизация учетной работы на предприятии будет способствовать снижению

количества случаев появления неопределенности в бухгалтерском учете.

Игнорирование руководителями предприятия неопределенности, вызванной ошибками и нарушениями в бухгалтерском учете, может существенно снизить уровень экономической безопасности хозяйствующего субъекта. С правовой точки зрения бездействие приравнивается к действию и может способствовать ситуации, когда отчетная информация предприятия не будет соответствовать критериям достоверности, и привести к неверным управленческим решениям как внутренних, так и внешних пользователей.

С переходом бухгалтерского учета Приднестровья на международные стандарты финансовой отчетности в 2011 году неопределенность является неотъемлемым элементом в учетной работе и подлежит всемерному снижению. Важным инструментом снижения уровня неопределенности, наравне с регламентацией принципов и правил бухгалтерского учета государством, является профессиональное суждение бухгалтера. Профессиональное суждение бухгалтера представляет собой обоснованное мнение квалифицированного бухгалтера о фактах хозяйственной жизни, имеющих неоднозначную нормативную трактовку. Это мнение сформировано в условиях неопределенности в целях составления достоверной бухгалтерской отчетности во всех существенных отношениях, способствует соответствию отчетной информации предприятия требованиям МСФО. Основные требования для подготовки и составления финансовой отчетности должны соответствовать таким основным качественным



характеристикам, как надежность, уместность, сопоставимость, понятность. Важными критериями надежности финансовой отчетности являются правдивое представление, преобладание содержания над формой, нейтральность, осмотрительность и полнота. Показатель уместности характеризуется прогнозной ценностью и ответственностью.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что наименьший уровень неопределенности в бухгалтерском учете достигается при соответствии учетной информации таким требованиям МСФО, как уместность и достоверность, прописанным в бухгалтерских стандартах. В этом случае уменьшается количество проявлений различного вида неопределенностей в учетной работе, снижается уровень рисков, количество формируемых бухгалтером суждений не растет и, соответственно, это не приводит к ослаблению экономической безопасности предприятия.

### Цитированная литература

1. **Азарская, М. А.** Учетно-аналитическое обеспечение аудита экономической безопасности предприятия / М. А. Азарская, В. Л. Поздеев. – Текст : непосредственный // Аудиторские ведомости. – 2017. – № 1–2. – С. 24–38.
2. **Гранатуров, В. М.** Экономический риск: сущность, методы измерения, пути снижения: учебное пособие / В. М. Гранатуров. – Текст : непосредственный // Дело и Сервис, 1999. – С. 112.
3. **Грунин, О. А.** Экономическая безопасность организации / О. А. Грунин, С. О. Грунин. – Текст : непосредственный // Санкт-Петербург: Питер, 2002. – С. 160.
4. **Найт, Ф. Х.** Риск, неопределенность и прибыль / Ф. Х. Найт. – Москва : Дело, 2003. – С. 360. – Текст : непосредственный.
5. **Недосекин, А. О.** Управление корпоративными рисками и шансами: учебный курс / А. О. Недосекин, З. И. Абдулаева. – URL: <http://www.twirpx.com/file/715518/> (дата обращения: 14.01.2024). – Текст : электронный.
6. **Поздеев, В. Л.** Анализ в системе экономической безопасности предприятия / В. Л. Поздеев. – Текст : непосредственный // Инновационное развитие экономики. – 2014. – № 2 (19). – С. 38–47.
7. **Зеленин, Н. В.** Профессиональное суждение бухгалтера, условия его формирования и применения в Приднестровской Молдавской Республике / Н. В. Зеленин. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского университета. Серия: Физико-математические и технические науки. Экономика и управление. – 2019. – № 3(63) С. 215–220. – URL: [spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu](http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu) (дата обращения : 16.02.2024).
8. Основы бухгалтерского учета : учебное пособие / Т. П. Стасюк, Н. Н. Смоленский, Е. Л. Жигарева [и др.]. – Текст : непосредственный. – Тирасполь : ЛикриС, 2019 г. – С. 184.
9. **Зеленин, Н. В.** «Ошибки в бухгалтерском учете и аудите, их выявление, идентификация и исправление» / Н. В. Зеленин – Текст : электронный // Вестник Приднестровского университета. Серия: Физико-математические и технические науки. Экономика и управление. – 2016. – № 3 (54). – С. 215–220. – URL: [spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu](http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu) (дата обращения : 24.03.2024).

УДК 657(478)

## ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ СУЖДЕНИЕ БУХГАЛТЕРА – ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ КАЧЕСТВА УЧЕТНОЙ РАБОТЫ И ПРОБЛЕМЫ ЕГО ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ В ПРИДНЕСТРОВЬЕ

*Н. В. Зеленин*

*Изучены проблемные вопросы, связанные с формированием и применением в Приднестровье профессионального суждения бухгалтера, как важного инструмента повышения качества и уровня объективности бухгалтерской отчетности. Рассматриваются законодательно-нормативные требования МСФО и Приднестровья по анализируемой теме, описываются случаи, когда возникает необходимость создавать суждение. Предлагается методика формирования профессионального суждения, даются рекомендации по его применению, подчеркивается актуальность темы.*

**Ключевые слова:** профессиональное суждение бухгалтера, учетная политика предприятия, неопределенность, бухгалтерская отчетность, компетентность бухгалтера, методика формирования суждения.

## PROFESSIONAL JUDGMENT OF AN ACCOUNTANT – AN EFFECTIVE TOOL FOR INCREASING THE QUALITY LEVEL OF ACCOUNTING WORK AND PROBLEMS OF ITS PRACTICAL APPLICATION IN PRIDNESTROVIE

*N. V. Zelenin*

*The problematic issues related to the formation and application of the professional judgment of an accountant in Pridnestrovie, as an important tool for improving the quality and level of objectivity of accounting reporting, have been studied. The legislative and regulatory requirements of IFRS and Pridnestrovie on the analyzed topic are considered, cases when the need arises to create a judgment are described. A methodology for forming professional judgment is proposed, recommendations for its application are given, and the relevance of the topic is emphasized.*

**Keywords:** professional judgment of an accountant, accounting policy of an enterprise, uncertainty, financial statements, competence of an accountant, methodology for forming a judgment.

В повседневной практике учетно-аналитической работы предприятия все более распространенным становится применение профессионального суждения бухгалтера, которое направлено на повышение качества и объективности бухгалтерской отчетности для удовлетворения интересов внешних пользователей.

Для цитирования: Зеленин, Н. В. Профессиональное суждение бухгалтера – эффективный инструмент повышения уровня качества учетной работы и проблемы его практического применения в Приднестровье / Н. В. Зеленин. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 186–193. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.

В соответствии с нормативными требованиями Международных стандартов финансовой отчетности (МСФО), бухгалтеру во многих учетных ситуациях предоставляется определенная свобода выбора методов оценки и классификации объектов учета, что вызывает качественные сдвиги в представлении в отчетности объективной информации, необходимой пользователям для принятия управленческих решений. Рассматриваемая тема актуальна, так как создание достоверной качественной финансовой отчетности в рыночных условиях невозможно без применения профессионального суждения. Понятие профессионального суждения, как и порядок его разработки, в нормативных документах МСФО и в законодательно-нормативных актах Приднестровья по бухгалтерскому учету не приводится. При этом сам термин «профессиональное суждение» в бухгалтерском учете представляется как обоснованное суждение по вопросам бухгалтерского учета специалиста, полномочного принимать решения по таким вопросам, следующего порядку мышления, основанного на требованиях, изложенных в СБУ 8 ПМР «Учетная политика, изменения в расчетных бухгалтерских оценках и ошибки», (IAS 8 МСФО), других стандартов, специальных знаниях, опыте, сложившейся практике и выработанное с соблюдением принципов профессиональной бухгалтерской этики.

Вопросы применения профессионального суждения бухгалтера в условиях неопределенности нашли свое отражение в научных публикациях таких

известных российских ученых экономистов, как И. Д. Демина, Т. Ю. Дружниковская, С. А. Николаева, Я. В. Соколов и др. Учитывая, что на практике применение суждения в условиях неопределенности вызывает у учетных специалистов предприятий много вопросов и вынуждает бухгалтеров сужать сферу его применения или под различными предлогами уклоняться от формирования, то можно сделать вывод о том, что рассматриваемая тема недостаточно с научной точки зрения проработана и требует дополнительного исследования.

Применение профессионального суждения бухгалтера является важной составляющей при ведении учета в организации, поскольку в некоторых случаях это является единственным инструментом при идентификации объекта, его оценке и отражении в отчетности. В ситуациях неопределенности, где отсутствует нормативное регулирование или имеются противоречия в нормативных документах, национальное законодательство не всегда содержит необходимые пояснения [1]. В подобном случае бухгалтер обращается к иным нормативно-правовым актам, находит разъяснения в Международных стандартах финансовой отчетности, знакомится с рекомендациями Минэкономразвития ПМР. По данному вопросу учетные специалисты могут применять опыт прошлых лет или руководствоваться практикой организаций, функционирующих в одной и той же отрасли и занимающихся производством сходных видов продукции. В условиях неопределенности законодательства

бухгалтеру следует использовать накопленные знания, опыт и опираться на собственное суждение.

Основные случаи применения профессионального суждения вытекают из того, что на практике неосуществимо полное нормативное регулирование всех совершаемых предприятием фактов хозяйственной жизни, так как это привело бы к необходимости создания неопределенного количества инструкций для каждой конкретной операции. Если бы они были бы созданы, то это свело бы функции бухгалтера к рутинному следованию правилам и исключило бы возможность применения профессионального суждения. Из этого следует, что бухгалтер должен иметь возможность применения профессионального суждения при описании факта хозяйственной жизни и выбираемых в соответствии с этим методов [2]. Опыт учетной работы обосновывает невозможность создания и применения унифицированного шаблона регулирования финансово-хозяйственной деятельности организаций, так как все предприятия различаются по формам собственности, видам и масштабам операций и т. д. Именно поэтому бухгалтер самостоятельно выбирает наиболее приемлемые для того или иного факта хозяйственной жизни методы ведения учета с последующим закреплением в учетной политике предприятия.

В 2023–2024 годах в результате целенаправленного опроса специалистов ряда приднестровских предприятий, занимающихся ведением бухгалтерского учета и составлением финансовой отчетности, было определено, что необходимость фор-

мирования профессионального суждения в условиях неопределенности периодически возникает в различных областях учетной деятельности. Из большого количества фактов хозяйственной жизни, предусмотренных нормативными документами и связанных с возможностью применения суждения, были выделены и обобщены наиболее часто встречающиеся в практике работы случаи неопределенности, преодоление которых вызывает затруднения при формировании профессионального суждения у специалистов, связанных с ведением бухгалтерского учета. Полученные данные систематизированы в таблице.

Из данных таблицы видно, что профессиональное суждение применяется на различных участках бухгалтерского учета, на каждом из которых формируется финансовая информация, которая в дальнейшем отражается в отчетности и оказывает влияние на конечный финансовый результат. Следовательно, профессиональное суждение, независимо от области его применения, должно быть обоснованным и рациональным, поскольку любое его использование оказывает влияние на качество бухгалтерской отчетности.

На практике у бухгалтеров, особенно при отсутствии многолетнего опыта и должной квалификации, формирование профессионального суждения вызывает затруднения, так как нормативные документы лишь определяют порядок мышления при формировании профессионального суждения, а законодательно установленные правила по данному вопросу отсутствуют. Целесообразно рекомендовать следующую методику формирования профессионального

суждения. На наш взгляд, рекомендуемая методика должна включать четыре этапа и в достаточной степени отражать процесс создания профессионального суждения.

На первом этапе выявляются ситуации, когда применение профессионального суждения необходимо. Это случаи неопределенности, связанные с неполным регламентированием факта хозяйственной жизни нормативными документами или отсутствием правового регулирования вообще. В практике учета бывают моменты, когда применение действующего нормативного требования не гарантирует достоверности отражения учетной и отчетной информации или наличие в нормативно-правовых документах нескольких возможных вариантов учета.

На втором этапе проводится сбор, анализ и обработка информации, необходимой для формирования профессионального суждения. При этом информацию делим на внутреннюю и внешнюю.

Внутренняя информация включает данные экономических подразделений по расчетам с поставщиками и покупателями, другими контрагентами, отражает состояние оборотных активов, юридические данные, связанные с судебной практикой, договорами с клиентами, технических служб, отражающих сроки службы основных средств, планы модернизации, технологию производства.

Внешняя информация содержит в себе темпы инфляции, аналитические прогнозы, справедливую стоимость активов.

**Области применения профессионального суждения бухгалтера, наиболее часто встречающиеся в практике учетной работы и вызывающие затруднения у учетных специалистов**

Сфера учета	Цель применения профессионального суждения
Факты хозяйственной жизни	Идентификация содержания факта хозяйственной жизни
	Проведение контроля по соблюдению требований, установленных стандартами для выбора способа бухгалтерского учета в сложившихся условиях
	Определение связи затрат с полученными доходами
	Оценка существенности выявленной ошибки
Учетная политика (при формировании)	Выбор способа ведения учета из вариантов, предлагаемых стандартами
	Выработка способа ведения учета при отсутствии вариантов в стандартах
	Определение допустимости отступлений от общего порядка формирования учетной политики предприятия
Учетная политика (при применении)	Признание и определение единицы признания, срока полезного использования актива, а также последующего списания объекта бухгалтерского учета
	Оценка объекта бухгалтерского учета
	Классификация объекта бухгалтерского учета
	Оценка вероятности наступления будущих событий
	Оценка вероятных количественных и качественных параметров будущих событий, по которым формируется суждение
Бухгалтерская (финансовая) отчетность	Выбор оценочных методик
	Определение уместного уровня детализации статей отчетности предприятия, т. е. организация использует суждение о том, следует ли отдельно представлять дополнительные статьи на основании оценки: характера и ликвидности активов, функции активов в пределах организации, сумм, характера и сроков погашения обязательств
	Определение уместного объема раскрываемой в отчетности информации
	Оценка существенности информации, раскрываемой в бухгалтерской отчетности

Основными источниками внешней информации являются данные статистических и информационных сайтов, исследования аналитиков, заключения аудиторов и т. д.

На третьем этапе, с учетом собранной информации, происходит формирование профессионального суждения. Качество формируемого суждения зависит во многом от знаний специалиста, профессионального уровня, его соответствия этическим нормам и целям, которые преследует организация. Данное обоснованное суждение должно быть документально оформлено в свободной форме, либо непосредственно в первичном документе, в котором оформляется операция, либо отдельным документом, сопровождающим первичный документ (бухгалтерская справка). Профессиональное суждение должно быть внесено в учетную политику приказом руководителя и отражено в пояснении к бухгалтерской отчетности.

Завершающий, четвертый, этап предполагает проверку объективности и рациональности сформированного профессионального суждения, затем оно применяется на практике. Необходимо закрепить разработанное суждение во внутренних документах организации, особенно если ситуация, требующая его применения, типична для деятельности предприятия и ее возникновение не является единичным случаем.

Данная методика позволит систематизировать действия бухгалтера при возникновении нестандартной ситуации. Следование четко прописанному порядку действий и мышления предотвратит возникновение ряда вопросов. Предлагаемую

методику целесообразно закрепить во внутренних регламентах предприятия с учетом особенностей предприятия.

В качестве практического примера можно рассмотреть определение срока полезного использования основного средства. Стандарт бухгалтерского учета относит этот вопрос в ведение профессионального суждения бухгалтера. От срока полезного использования актива зависит сумма амортизационных отчислений, что оказывает влияние на величину полученной прибыли. При формировании суждения учетный специалист на первом этапе должен определить наличие неопределенности, когда применение суждения необходимо. На втором этапе проводится сбор, анализ и обработка информации, необходимой в данном случае для формирования суждения. Сюда относим определение предполагаемого срока полезного использования актива, интенсивность эксплуатации в зависимости от технических характеристик (мощность, производительность и т. д.), имеющиеся правовые или технические ограничения на процесс эксплуатации, предполагаемый физический и моральный износ с учетом применяемых технологий и планов модернизации парка основных средств предприятия. На основании собранных и обработанных данных переходим к третьему этапу, формированию суждения, т. е. определению срока полезного использования актива. Конечное решение во многом зависит от компетентности специалиста и особенностей предприятия. Документально, обычно бухгалтерской справкой, обосновывается принятое суждение и вносится на осно-

вании приказа по предприятию в учетную политику. Четвертый этап предполагает проверку сформированного суждения на предмет соответствия стандартам и другим нормативным документам, закрепление его во внутренних документах предприятия. В пояснительной записке к бухгалтерской отчетности в свободной форме, с учетом уровня существенности, рассчитанного для предприятия, необходимо раскрыть информацию об элементах амортизации основного средства и последующих изменениях срока полезного использования актива.

После закрепления в документах алгоритма формирования профессионального суждения необходимо обратить внимание на решение проблем, отчасти вытекающих из предложенной методики. Прежде всего, необходимо организовать достаточное информационное обеспечение формирования суждения. В учетных подразделениях предприятия, как правило, отсутствуют достоверные данные о внешних и внутренних факторах, влияющих на текущую деятельность, что связано с отсутствием доступа у работников бухгалтерии ко всей служебной информации и ко всем объектам учета. Бухгалтер не всегда имеет полное представление о процессах, происходящих на предприятии [3]. Решением данного вопроса может быть совершенствование организации внутреннего контроля, что должно обеспечить полноту и достоверность поступающей информации. Возможно создание механизма проверки входящих данных, на основании которых формируется профессиональное суждение. В тех аспектах, которые у бухгалтера

вызывают затруднения, следует привлекать специалистов узкого профиля, то есть оценщиков, аналитиков, технических экспертов и т. д. Внедрение перечисленных предложений на практике снизит степень недостоверности используемой информации, что, в свою очередь, позволит сформировать профессиональное суждение наиболее качественно и обоснованно.

Насущным вопросом при формировании суждения бухгалтера является обеспечение учетного подразделения предприятия специалистами, обладающими достаточной квалификацией, требуемым уровнем образования и опытом работы [4]. Игнорирование обозначенной проблемы приводит к непреднамеренным ошибкам в учете, создает условия для искажения отчетности и открывает широкие возможности для мошеннических действий, что способствует повышению субъективности суждения. Эта проблема может быть решена путем организации систематического повышения квалификации и дополнительного обучения специалистов, их участия в научных семинарах, повышающих уровень подготовки в сфере бухгалтерского учета. Для определения уровня достоверности и объективности профессионального суждения, выработанного бухгалтером, возможно привлечение сторонних специалистов, которые способны провести независимую аудиторскую или экспертную оценку [5].

В современных рыночных условиях вопрос практического применения профессионального суждения учетными специалистами особенно актуален, так как в МСФО суждение является важным

инструментом развития бухгалтерского учета [6]. Роль применения суждения в учетной работе возрастает по мере развития в Приднестровье рыночных отношений, а это, соответственно, ведет к увеличению количества неопределенных законодательством ситуаций, требующих формирования обоснованного и квалифицированного суждения бухгалтера. При этом имеется в виду, что сформированное по той или иной учетной ситуации, связанной с неопределенностью, профессиональное суждение оказывает влияние, а иногда и существенное, на качество финансовой отчетности, достоверность и правдивость содержащейся в ней информации [7].

Анализ трудностей, связанных с практическим применением профессионального суждения, позволяет выделить в качестве основной проблемы недостаточную развитость рассматриваемого инструмента на уровне учетных нормативных регулятивов. Отсутствие понятно прописанной методики формирования суждения в комплексе с недостаточной квалификацией специалистов и слабой информационной обеспеченностью для формирования суждения усиливает влияние рассматриваемой проблемы [8].

Систематизация области применения профессионального суждения и определение порядка его формирования позволяет прописать в первом приближении примерную методику его формирования.

Предлагаемая методика включает все основные этапы формирования суждения, охватывая выявление ситуаций, требующих применения суждения, сбор и анализ

необходимой информации, обоснование применения суждения и его документальное оформление, проверку объективности суждения и нормативное закрепление в учетной политике предприятия прописанного порядка отражения, связанного с неопределенностью, исследуемого факта хозяйственной жизни. Отмечена необходимость создания механизмов проверки поступающей в компанию информации, которая используется при формировании профессионального суждения и организации обучения, повышения квалификации учетных специалистов предприятия. Для повышения качества финансовой отчетности в интересах пользователей в случаях, когда бухгалтер оказывается недостаточно компетентным в возникающих вопросах, или когда требуется проверка объективности уже сформированного профессионального суждения, предложено привлекать сторонних специалистов в области аудита или бухгалтерской экспертизы.

Применение перечисленных рекомендаций на практике позволит существенно повысить качество и обоснованность профессионального суждения бухгалтера, а также будет способствовать повышению качества и достоверности бухгалтерской учетной и отчетной информации для удовлетворения интересов внешних пользователей.

### Цитированная литература

1. Демина, И. Д. Профессиональное суждение бухгалтера и его влияние на формирование учетной политики организации / И. Д. Демина. – Текст : непосредственный // Бухгалтерский учет в бюджетных и некоммерческих организациях. – 2018. – № 12. – С. 2–9.



2. Дружиловская, Т. Ю. Методика формирования учетной политики на основе профессионального суждения бухгалтера / Т. Ю. Дружиловская, Т. Н. Коршунова. – Текст : непосредственный // Международный бухгалтерский учет. – 2014. – № 24 (318). – С. 2–15.

3. Зеленин, Н. В. Особенности формирования профессионального суждения бухгалтера и аудитора сходство и различие / Н. В. Зеленин. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского университета. – № 3. – 2021. – С. 340–346. – URL: [spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu](http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu) (дата обращения: 15.01.2024).

4. Зеленин, Н. В. Профессиональное суждение бухгалтера как инструмент выбора учетных решений при оказании консалтинговых услуг / Н. В. Зеленин. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского университета. – 2023. – № 3. – С. 273–282. – URL: [spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu](http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu) (дата обращения: 10.01.2024).

5. СБУ ПМР № 8. Учетная политика, изменения в расчетных бухгалтерских до-

кументах и ошибки. – Текст : электронный. – URL: <http://mer.gospmr.org/deyatelnost/gosudarstvennaya-sluzhba-makroekonomiki-i-nalogovoj-politiki/nalogovaya-politika-i-metodologiya-buhgalterskogo-ucheta/metodologiya-buhgalterskogo-ucheta-otchetnosti-i-auditorskoy-deyatelnosti/standarty-buhgalterskogo-ucheta.html> (дата обращения : 20.01.2024).

6. Рекомендация Р-96/2018-КпР. Профессиональное суждение». – Текст : электронный // Бухгалтерский методологический центр: офиц. сайт. 2021. – URL: [http://bmcenter.ru/Files/R-KpR-Prof Sugdeniye\\_buhgaltera](http://bmcenter.ru/Files/R-KpR-Prof Sugdeniye_buhgaltera) (дата обращения: 20.12.2023).

7. Соколов, Я. В. Профессиональное суждение – новый инструментарий современной бухгалтерии // Я. В. Соколов. – Текст : непосредственный // Бухгалтерский учет. – 2005. – № 21. – С. 45–48.

8. Николаева, С. А. Профессиональное суждение в системе нормативного регулирования бухгалтерского учета / С. А. Николаева. – Текст : непосредственный // Бухгалтерский учет. – 2000. – № 12.

УДК 620.2:615.1(478)

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЫНКА МЕДИЦИНСКИХ И ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ТОВАРОВ В ПРИДНЕСТРОВЬЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

*Т. В. Стаматова*

*Рассмотрены результаты изучения современного рынка медико-фармацевтической продукции Приднестровья с учетом необходимости выполнения требований медицинского и фармацевтического товароведения, вытекающих из содержания нормативно-правовой базы республики. Обозначены проблемы медицинского и фармацевтического товароведения, решение которых стоит на повестке дня.*

**Ключевые слова:** медицинское и фармацевтическое товароведение, товар, продукт, потребительная стоимость товара, товародвижение, лекарственное средство, безопасность товара.

## MARKET RESEARCH OF MEDICAL AND PHARMACEUTICAL PRODUCTS IN PRIDNESTROVIE: PROBLEMS AND PROSPECTS

*T. V. Stamatova*

*It discusses the results of studying the modern drug market in Pridnestrovie, taking into account the need to fulfill requirements of medical and pharmaceutical commodity research arising from the content of the regulatory framework of the republic. The problems of medical and pharmaceutical merchandising are identified, the solution of which is on the agenda.*

**Keywords:** medical and pharmaceutical merchandising, goods, product, commodity, use value of goods, product distribution, medicine, product safety.

Товароведение как научная дисциплина изучает потребительские свойства товара, их классификацию, процедуру подтверждения качественных и количественных характеристик, а также закономерности формирования ассортимента и структуру продукции. Рассматриваются с научной и практической точки зрения факторы, от которых зависит качество про-

дукции, методы контроля, оценки. Подробно изучается влияние потребительских свойств товаров на сохранность продукции при транспортировке и хранении [1]. В целом, с научной точки зрения, многие вопросы товароведения являются общими для всех отраслей. Однако если рассматривать отдельно медицинское и фармацевтическое товароведение, то появляются

---

Для цитирования: Стаматова, Т. В. Исследование рынка медицинских и фармацевтических товаров в Приднестровье: проблемы и перспективы / Т. В. Стаматова. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 194–198. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.

специфические вопросы, относящиеся только к этой сфере деятельности. Тема, связанная с изучением основных вопросов медицинского и фармацевтического товароведения, актуальна и направлена на выявление и исследование современных проблем, которые влияют на обеспечение качества медико-фармацевтической продукции при их обращении на фармацевтическом рынке. Фармацевтический рынок Приднестровья, по данным Государственного Учреждения «Центр по контролю за обращением медико-фармацевтической продукции» (ГУ «ЦКОМФП»), включает по состоянию на 1 января 2024 года 10059 наименований медико-фармацевтической продукции. Только за 2023 год отказано в регистрации 59 наименованиям лекарственных средств. Наблюдается тенденция роста числа отказов в регистрации медико-фармацевтической продукции. Если в 2022 году было выдано 18 отказов на 22 наименования, то в 2023 году количество отказов выросло до 31 на 59 наименований. Эти данные подчеркивают актуальность рассматриваемой темы и вызывают необходимость ее изучения.

Проблемы медицинского и фармацевтического товароведения отражены в трудах следующих ученых: А. Л. Хренова, Ю. Ф. Кабатова, О. А. Васнецовой, а также в различных научных публикациях по данным вопросам. Современный этап развития рыночных отношений вызывает необходимость продолжить заниматься детальным изучением и анализом актуальных проблем современного медицинского и фармацевтического товароведения.

Исследование содержания нормативно-правовой базы ПМР, РФ и доступных

электронных источников позволило определить, что одним из актуальных вопросов современного состояния медицинского и фармацевтического товароведения является проблема безопасности товаров. В связи с изменениями социально-экономических условий в обществе эта проблема все больше и больше заявляет о себе.

Анализ материалов по исследованию фармацевтического рынка Приднестровья показывает, что оптовые и розничные цены в аптечных сетях республики на медико-фармацевтическую продукцию в ущерб безопасности и качеству стали для некоторых производителей более приоритетным показателем. При этом под безопасностью любого товара (работы, услуги) с точки зрения товароведения понимается особенность товара, которая обуславливает наименьшее состояние риска, ограниченное допустимыми нормами для жизни, здоровья, имущества пользователя и окружающей среды при обычных условиях его использования, включая процессы хранения, транспортировки и утилизации [2].

Если говорить о лекарственных средствах и изделиях медицинского назначения, то не вызывает сомнения необходимость выпуска фармацевтическими предприятиями качественной продукции, исходя из того, что такие товары должны быть, прежде всего, безопасны и не должны причинять вреда жизни и здоровью потребителя. По данным ГУ «ЦКОМФП», из зарегистрированных лекарственных средств, допущенных к обращению на фармацевтическом рынке, по различным качественным и количественным показателям было забраковано и уничтожено в 2022 году

26 серий лекарственных средств (12460 упаковок) и 37 серий (18557 упаковок) в 2023 году соответственно. Такое положение дел формирует проблему, которая является актуальной для обращения медико-фармацевтической продукции на приднестровском рынке и подлежит подробному изучению для уменьшения негативного влияния на дальнейшее развитие медицинского и фармацевтического товарооборота. Проблема безопасности товаров заключается в отсутствии должной оценки качества товара, следовательно, многие производители лекарственных препаратов больше акцентируют внимание на количественных показателях, связанных с увеличением цены, для получения большей прибыли. В связи с этим, растет количество недоброкачественных лекарственных препаратов в обороте фармацевтического рынка. Перспективным направлением борьбы с фальсифицированными товарами является внедрение автоматизированных систем мониторинга движения лекарственных препаратов от производителя до конечного потребителя с использованием специальной маркировки. Целью такой маркировки является обеспечение гарантированных поставок потребителям качественной, эффективной и безопасной продукции путем защиты легального оборота от фальсифицированных, контрафактных и недоброкачественных лекарственных препаратов [3].

Изучение современного положения дел в фармацевтической отрасли Приднестровья позволяет оценить состояние материально-технической базы фармацевтических организаций как проблему, влияющую на развитие медицинского и фармацевтичес-

кого товарооборота [4]. В ходе многочисленных контрольных мероприятий, общения со специалистами, ответственными в фармацевтических организациях за обеспечение качества находящейся в обороте медико-фармацевтической продукции, получены данные, которые свидетельствуют о том, что финансовое состояние участников рынка не позволяет им в достаточной мере осуществлять материально-техническое развитие и производить обновление основных средств, исходя из потребности и перспектив развития. Рыночные отношения основаны на конкуренции участников, что диктует необходимость приобретения оборудования, отвечающего требованиям сегодняшнего дня и внедрения современных технологических компетенций [5].

Маркетинговая деятельность – новое направление, связанное с товарооборотом. Она изучает потребность в товаре, состояние и динамику спроса, возможность приспособления производства к требованиям рынка, воздействие на формирование потребности в товаре, контроль условий реализации и обеспечение эффективного продвижения товара от производителя к покупателю. В этом случае маркетинговая деятельность тесно связана с товарооборотом в части обеспечения населения необходимыми качественными товарами и в нужном ассортименте. Важным условием осуществления эффективной оптовой и розничной торговой деятельности фармацевтических организаций является оптимально спланированный процесс товарооборота, что возможно только при рационально организованной закупке товаров аптечного ассортимента и обоснованно выбранных источников их поступления [6].

Решить подобные вопросы способны специалисты, обладающие соответствующими знаниями.

Финансовое состояние аптечной сети играет важную роль в развитии ее материально-технической базы. Доходы фармацевтической организации увеличиваются при хорошо организованной работе, что позволяет направить их на усовершенствование и развитие материально-технической базы. Данная база, в состав которой входят здания, сооружения, машины, оборудование, является неотъемлемой частью процесса товародвижения. По этой причине одной из основных задач каждой фармацевтической организации Приднестровья в условиях нехватки оборотных средств и недостаточности собственного капитала становится повышение эффективности использования имеющихся основных фондов и недопущение их полного физического или морального износа. Со стороны государства для воссоздания и организации работы производственных аптек в городах республики рассматривается возможность кредитования фармацевтической отрасли для приобретения необходимого оборудования, а также достаточного по номенклатуре и количеству исходного сырья в виде фармацевтических субстанций.

Приднестровский фармацевтический рынок в настоящее время подвергается беспрецедентному экономическому давлению со стороны Республики Молдова, что не позволяет фармацевтическим организациям Приднестровской Молдавской Республики своевременно обеспечивать лечебные учреждения и население жизненно необходимыми препаратами. По этой же причине отсутствует возможность предло-

жить альтернативные препараты. В условиях недостаточности денежных средств у населения возникает еще одна проблема, напрямую связанная с медицинским и фармацевтическим товароведением. Это рассмотрение потребительной стоимости товара. Потребительная стоимость свойственна всем товарам, но обнаруживается она исключительно при использовании продукта, когда появляется возможность оценить его полезность, ведь потребительная стоимость – это полезность вещи, т. е. ее способность удовлетворять какую-либо человеческую потребность, в нашем случае рассматривается лечебная функция [7]. Изучение вопроса показывает, что в настоящее время товар часто переоценивается, его стоимость становится завышенной, в результате происходит переплата за бренд, который не всегда соответствует высокому качеству. Указанная проблема характерна для многих товаров, реализуемых в аптечной сети, и, прежде всего, это отражается на широком ассортименте лекарственных средств и изделий медицинского назначения, средств ухода и гигиены, медицинских приборов и инструментов, изделий очковой оптики. Таким образом, производитель стремится получить больше прибыли, ставя на второй план предоставление качественного товара покупателю. В этой ситуации проявляется несовершенство государственного регулирования как для приднестровских фармацевтических организаций, так и для многих иностранных производителей. Из рассмотрения этих вопросов определяются три важных направления, по которым целесообразно дальнейшее совершенствование медицинского и фармацевтического

товароведения в нашей республике. Это усиление государственного регулирования цен на лекарственные средства, оптимизация их продажи через интернет, а также взвешенная ценовая политика в выборе поставщиков, выпускающих продукцию в соответствии с требованиями правил GMP при организации государственных закупок.

В результате исследования определено, что основными проблемами медицинского и фармацевтического товароведения Приднестровья являются вопросы обеспечения безопасности не только медико-фармацевтической, но и большей части парафармацевтики, БАД, косметики и другой продукции, поступающей на фармацевтический рынок ПМР. Требуется особого контроля процесс повышения уровня материально-технического развития и обновления основных средств фармацевтических организаций республики. Серьезного отношения требует изучение потребительской стоимости товара, недопущение её необоснованного завышения и связанные с этим вопросы совершенствования государственного регулирования. Для решения выше рассмотренных проблем, исходя из потребностей рынка, следует отметить необходимость подготовки универсальных специалистов, которые должны быть компетентны в области технологии, товароведения, материаловедения и маркетинга. Отсюда вытекает потребность внесения изменений в учебный процесс подготовки специалистов в области медицинского и фармацевтического товароведения.

### Цитированная литература

1. **Васнецова, О. А.** Медицинское и фармацевтическое товароведение : учебник для вузов / О. А. Васнецова. – Москва : Авторская академия, 2016. – 608 с. – Текст : непосредственный.
2. Закон ПМР «О защите прав потребителей» текущая редакция по состоянию на 15 июля 2023 г. электронный ресурс. – URL: <http://mer.gospmr.org/zakoni/zakon-pmr-o-zashhite-prav-potrebitelej-tek-red-na-15-07-23-goda>. – Текст : электронный.
3. Закон Приднестровской Молдавской Республики «О фармацевтической деятельности в Приднестровской Молдавской Республике». Текущая редакция на 1.01.24 г. – Текст : электронный // Официальный сайт ВС ПМР. – URL: <https://www.vspmr.org/legislation/laws/zakonodatelnie-akti-pridnestrovskoy-moldavskoy-respubliki-v-sfere-zdravoohraneniya-i-sotsialnoy-zaschiti-trudovogo-zakonodatelstva/>.
4. **Стаматова, Т. В.** Товароведение как составная часть профессиональной компетенции провизора / Т. В. Стаматова. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского университета. – 2023. – № 2. – С. 72–81. – URL: [spsu.ru/science/nauchnoizdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu](https://spsu.ru/science/nauchnoizdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu) (дата обращения: 25.02.2024).
5. Медицинское и фармацевтическое товароведение : учебник / С. З. Умаров, И. А. Наркевич, Н. А. Костенко, Т. Н. Пучинина. – Москва : ГЭОТАР-МЕД, 2003. – 368 с. – Текст : непосредственный.
6. **Торлак, В. Ф.** Вспомогательные вещества и некоторые проблемы качества современных лекарственных средств / В. Ф. Торлак. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского университета. – 2020. – № 2. – С. 98–105. – URL: [spsu.ru/science/nauchnoizdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu](https://spsu.ru/science/nauchnoizdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu) (дата обращения: 17.01.2023).
7. **Пяткова, Т. В.** Товароведение и экспертиза в таможенном деле : учебник / Т. В. Пяткова, А. И. Надькин. – Текст : электронный // Санкт-Петербург : Издательство Университета при МПА ЕврАзЭС, 2021. – [https://www.miep.edu.ru/upload/science/izdaniya-universiteta-primpa-evrazes/pyatkova\\_nachkin\\_pravovedenie.pdf](https://www.miep.edu.ru/upload/science/izdaniya-universiteta-primpa-evrazes/pyatkova_nachkin_pravovedenie.pdf). – Текст : электронный.

УДК 65.0

## МЕНЕДЖМЕНТ КАК ИСКУССТВО УПРАВЛЕНИЯ. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ РУКОВОДИТЕЛЯ АПТЕКИ

*Т. В. Башкатова, Е. С. Багнюк, В. В. Романенко*

*Определены критерии требований к подбору административного персонала аптеки и выработке критериев соответствия ее руководителя решаемым задачам.*

*Приведены примеры эффективного менеджмента, где показана роль руководителя аптечной организации. Для разработки новых концепций сопоставления уровня работы руководства аптеки заявленным требованиям в рамках действующих реалий применен факторный анализ. Сформулированы выводы и даны рекомендации.*

**Ключевые слова:** аптека, руководители, анализ, менеджер, самоменеджмент, экспресс-тест.

## MANAGEMENT AS AN ART OF MANAGEMENT. ASSESSMENT OF THE QUALITIES OF A MANAGER IN A PHARMACY

*T. V. Bashkatova, E. S. Bagniuk, V. V. Romanenko*

*The criteria of requirements for the administrative personnel selection in a pharmacy and the development manager conformity to the tasks are determined.*

*The examples of effective management are represented thus the pharmacy manager role is revealed. Factors analysis for the new development conceptions of the correlation of the pharmacy manager to the requirements in a reality life is determined. The general conclusions are formulated.*

**Keywords:** pharmacy; managers; analysis; manager; self-management; express test.

Для аптечной организации ключевым аспектом является достижение ею максимальных результатов и выявление путей повышения эффективности своей работы. Важную роль в этом играют руководители, чьи действия в значительной степени определяют стиль работы аптеки, ее финансовые достижения, а также качество и уровень медицинских услуг, предоставляемых населению в целом.

Высокий уровень деловых и личных качеств руководителя свидетельствует об успешной деятельности его коллектива. В рабочей обстановке проявляются как личные качества руководителя, так и специалистов, что позволяет оценить их работу и увидеть конечные результаты.

Главной задачей является оценка личных качеств руководителя, его профессиональных компетенций и стремления

---

Для цитирования: Башкатова, Т. В. Менеджмент как искусство управления. Анализ эффективности работы руководителя аптеки / Т. В. Башкатова, Е. С. Багнюк, В. В. Романенко. – Текст : электронный // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия : Физико-математические и технические науки. – 2024. – № 3 (78). – С. 199–208. – URL: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>.

координировать усилия всех сотрудников. Именно эти факторы обеспечивают необходимый баланс и стабилизируют выполнение управленческих задач.

Следует также отметить, что фармацевтический бизнес отличается преобладанием женского персонала, многосменным режимом работы, поэтому перед руководителями возникает необходимость учета психофизиологических особенностей пациентов аптеки и коллег по работе.

Современный руководитель аптечной организации должен быть не только высококвалифицированным специалистом, но и грамотным организатором труда своих подчиненных, психологом и соучастником всех, с кем ему приходится взаимодействовать: сотрудников, пациентов аптеки, медицинских представителей и врачей. Особенно важна роль коллег. Его организаторские способности напрямую влияют на эффективность работы персонала и, как следствие, на успешное функционирование самой организации. Результаты этого труда проявляются в решениях и действиях руководителя.

Как администратор руководитель осуществляет свои полномочия по обеспечению развития организации в соответствии с действующими нормативными актами, разрабатывает и реализует кадровую политику, следит за соблюдением приказов, постановлений, инструкций и других документов.

Выполняя функции организатора, руководитель создает условия, необходимые для плодотворной деятельности подчиненных, координирует их действия на всех уровнях – от санитарки до провизора. [1, с. 34].

Его функциональные обязанности весьма обширны и включают решения таких задач, как:

- лицензирование аптечной деятельности и контроль за соблюдением условий;
  - налаживание контактов с государственными и контролирующими органами, лечебными учреждениями;
  - обеспечение надлежащей организации всех торгово-производственных и хозяйственных операций в аптеке;
  - контроль за ассортиментом и правилами отпуска лекарственных средств;
  - учет и организация поставок и закупок МФП;
  - разработка и принятие управленческих решений;
  - организация контроля качества лекарственных средств;
  - ежедневное решение кадровых вопросов по подбору и замене сотрудников, заключение договоров, утверждение графиков работы;
  - редактирование и контроль поступающей документации, ведение отчетов;
  - разработка должностных инструкций и контроль за их соблюдением;
  - внимательное отношение к сотрудникам, использование систем материального поощрения и, при необходимости, наложение взысканий;
  - проявление творческого подхода, стремление улучшить условия труда сотрудников, наблюдение и оценка профессиональных достижений подчиненных;
  - умение находить решение при возникновении конфликтных ситуаций и т. п.
- [1, с. 35].



Заведующий или директор аптеки, как представитель высшего руководящего звена, организует работу по обеспечению населения и медицинских учреждений медикаментами и руководит торговой, финансовой и административной деятельностью аптеки [2, с. 70].

Среди факторов, влияющих на эффективность работы руководителя, значительную роль играет планирование рабочего времени.

Эффективность труда руководителя, как менеджера, во многом зависит от организации его личной работы. Организуя других, руководитель, прежде всего, должен быть организован сам. Эта работа называется самоменеджментом, т. е. самоорганизацией, самоуправлением. Самоменеджмент способствует повышению эффективности управления и улучшению результатов деятельности всего коллектива предприятия.

Условно, любого руководителя аптеки можно охарактеризовать следующим критерием соответствия  $K_s$  заявленным требованиям:

$$K_s = \frac{\sum_{i=1}^n I_{comp} \cdot I_{cogn} \cdot I_{study} \cdot I_{health} \cdot I_{amb} \cdot I_{avtor}}{n}, (1)$$

где:  $n$  – список потенциальных претендентов на должность руководителя аптеки;

$I_{comp}$  – индекс компетентности потенциального руководителя ( $0,5 < I_{comp} \leq 1$ );

$I_{cogn}$  – индекс когнитивности/психологической устойчивости ( $0,5 < I_{cogn} \leq 1$ );

$I_{study}$  – индекс обучаемости в сфере менеджмента ( $0,2 < I_{study} \leq 1$ );

$I_{health}$  – индекс физического здоровья ( $0,2 < I_{health} \leq 1$ );

$I_{amb}$  – индекс амбициозности в плане карьерного роста ( $0 < I_{amb} \leq 1$ );

$I_{avtor}$  – индекс его авторитета среди сотрудников ( $0 < I_{avtor} \leq 1$ ).

Результаты анкетирования могут привести к выявлению общего тренда, который поможет в процессе выбора кандидата среди потенциальных претендентов, согласно которому:

$$K_s \rightarrow \max. \quad (2)$$

Признаком высокой организации личного труда менеджера является планирование рабочего времени и максимальное использование собственных возможностей. Систему организации личного труда каждый менеджер устанавливает самостоятельно, исходя из конкретных условий, сферы деятельности, характера выполняемой работы, численности подчинённых сотрудников и др.

Основными составляющими такого самоменеджмента являются:

- организация рабочего места;
- анализ затрат времени на рабочие и сопутствующие операции;
- планирование решаемых задач, выставление приоритетов;
- проведение деловых совещаний и встреч;
- организация публичных выступлений;
- обеспечение информационного обслуживания [3, с. 30].

Независимо от формы собственности субъекты хозяйствования осуществляют розничную реализацию лекарственных средств при наличии лицензии на данный вид хозяйственной деятельности при условии выполнения квалификационных, организационных и других установленных законодательством требований [4, с. 29]

Задача руководителя при этом заключается в организации процесса реализации лекарственных препаратов, обеспечении качественного обслуживания покупателей, контроле за товарным запасом и соблюдении всех требований законодательства в сфере фармацевтики.

Таким образом, для успешного управления аптекой руководитель должен не только разбираться в фармации, но и обладать практическими навыками управления и коммуникации [5, с. 63], а также уметь работать с электронными базами данных и соответствующим программным обеспечением [6, с. 23].

В этой связи, можно выделить ряд ключевых направлений, которые должны быть реализованы в процессе управления аптекой, включая:

- 1) обеспечение качества и безопасности реализуемых медикаментов;
- 2) управление запасами с учетом номенклатуры и ассортимента продукции;
- 3) продуманную организацию работы персонала;
- 4) эффективное взаимодействие с поставщиками и клиентами;
- 5) регулярный анализ результатов и внедрение мер по развитию аптеки.

Заведующая аптекой должна активно анализировать результаты работы и

принимать меры для улучшения эффективности и развития аптеки. Она должна контролировать финансовые показатели, конкурентную среду, изучать изменения в законодательстве и на рынке лекарственных средств, а также участвовать в профессиональных обучении и совершенствовании навыков [7, с. 18].

Основные требования к руководителю включают ряд составляющих:

- 1) социальная ответственность за результаты деятельности;
- 2) высокая компетентность в своей профессиональной области и соответственно профиля деятельности руководимого коллектива;
- 3) умение правильно планировать, грамотно построить стратегию развития;
- 4) организаторские способности;
- 5) социально-психологические навыки;
- 6) имидж руководителя;
- 7) перспективы карьерного роста.

В настоящее время одной из ключевых задач, стоящих перед руководителями, является создание условий, способствующих проявлению активности, инициативы и творчества сотрудников, а также развитию их мотивации. Настоящий руководитель учитывает индивидуальные особенности команды, включая такие личностные характеристики, как:

- практическая направленность ума;
- наличие психологического такта при общении с пациентами;
- способность «заряжать» своей энергией окружающих;
- требовательность к выполнению должностных обязанностей;

- самокритичность к своим действиям;
- наличие организаторских навыков;
- предприимчивость и поиск нестандартных, нестандартных решений.

Психологические качества любого руководителя включают в себя стрессоустойчивость и умение адекватно оценивать текущую ситуацию. К ним относятся:

- моральные качества и объективность в оценке сотрудников, гуманность, чуткость, тактичность и честность в принятии решений;
- эмоционально-волевые черты характера;
- развитые интеллектуальные способности;
- умение поддерживать свой авторитет руководителя в различных ситуациях.

Имидж руководителя является важным аспектом его авторитета и отражает современные требования к внешнему облику, внешний вид, культуру речи и манеры. Он не только взаимодействует с подчиненными, но и осуществляет представительские функции от имени своей команды.

Любой руководитель значительную часть своего рабочего времени тратит на общение, поэтому важным профессиональным качеством для него является умение осуществлять деловое общение с людьми вне зависимости от собственных эмоциональных оценок [8, с. 52].

Обобщая приведенные сведения и характеристики, свойственные руководителю, можно предложить следующий интегральный индекс оценки работы руководителя за отчетный период  $[0, t]$ :

$$I_{HEAD} = \int_0^t \left[ (K_s \cdot K_{reclam} \cdot K_{colleges} \cdot K_s) \cdot x(t) \right] dt, \quad (3)$$

где:  $K_s$  – коэффициент соответствия, определенный из (1);

$K_{reclam}$  – количество замечаний/рекламаций со стороны покупателей;

$K_{colleges}$  – динамический показатель изменения числа сотрудников подразделения (аптеки/фармацевтического пункта);

$K_s$  – интервальный объем средней выручки аптеки/фармацевтического пункта.

С целью оценки нравственно-психологических качеств руководителей аптек города Тирасполь было проведено небольшое статистическое исследование. В качестве метода получения данных социологического исследования выбран метод анонимного анкетирования среди специалистов.

Известно, что в городе Тирасполь функционируют свыше 100 фармацевтических организаций, включая аптечные склады, аптеки и фармацевтические пункты. Из них по численности большая часть относится к аптечной сети ООО «Вивафарм», на втором месте по распространенности – ООО «Кейсер», на третьем – ООО «Ремедиум», четвертое место занимают фармацевтические организации сети «Провизор.ком», на пятом – ООО «Медфарм». Меньшее количество аптечных организаций приходится на долю фирм: ООО «Экстрактум», ООО «Тирасмедфарм», ООО «Медикос-Фарм», ООО «Альфамед», ООО «Витодар» и другие.

Участникам анкетирования (54 специалиста) был задан вопрос о роли руководителя в формировании их мотивации к работе.

По результатам исследования, в 48 % случаев на мотивацию сотрудников существенно влияет руководитель, в 33 % – личная мотивация, а в 19 % – сама компания.

В анкете работники также указывали недостатки в работе руководителя, которые при обработке результатов были объединены в 5 блоков:

- 1) недостаточное использование потенциала подчиненных;
- 2) неправильный стиль управления;
- 3) ошибочная организация работы коллектива;
- 4) нарушение этических норм и требований;
- 5) некомпетентное построение межличностных отношений.

Наиболее часто встречаемые ошибки связаны с нарушением этических норм и требований (33 %), а также с неграмотным построением межличностных отношений (27 %), меньшая доля погрешностей, по мнению подчиненных, приходится на недостаточное использование их потенциала, неправильный стиль управления и организацию работы коллектива.

Далее были проанализированы два блока наиболее распространенных ошибок. Результаты влияния нарушений этических норм и требований на результативность деятельности руководителя представлены в табл. 1.

Было установлено, что расхождение между требованиями к рабочему поведению подчиненных и личным примером руководителя около половины опрошенных назвали одной из распространенных ошибок. Часто упоминались резкость и

Таблица 1

**Влияние нарушения этических норм  
и требований на результативность деятельности руководителя**

Погрешности	Не встречаются	Редко	Часто	Наиболее часто
Расхождение между требованиями к рабочему поведению подчиненных и личным примером руководителя	5,6 %	20,4 %	22,2 %	51,8 %
Резкость и нетактичность по отношению к подчиненным	9,3 %	24,1 %	35,2 %	31,4 %
Излишняя эмоциональность, несдержанность в конфликтных ситуациях	24,1 %	35,2 %	20,4 %	20,3 %
Несправедливость в оценке трудового вклада, результатов работы подчиненных	14,8 %	22,2 %	31,4 %	31,6 %

Таблица 2

**Ошибки в сфере межличностных отношений**

Погрешности	Не встречаются	Редко	Часто	Наиболее часто
Невнимание к личным проблемам подчиненных	18,5 %	29,6 %	27,8 %	24,1 %
Излишне формальные отношения с подчиненными	29,6 %	37,0 %	24,9 %	8,5 %
Некоммуникабельность	40,7 %	37,1 %	14,8 %	7,4 %
Конфликтность, склонность к эмоциональным реакциям	7,4 %	22,2 %	44,4 %	26,0 %
Неумение установить верную дистанцию в отношениях с подчиненными	11,1 %	20,4 %	24,1 %	44,4 %

нетактичность в общении с подчиненными, а также несправедливое отношение к их трудовым результатам. Излишняя эмоциональность и несдержанность руководи-

теля в конфликтных ситуациях иногда наблюдается, но встречается реже.

В ходе дальнейшего исследования был изучен пятый блок – недочеты,

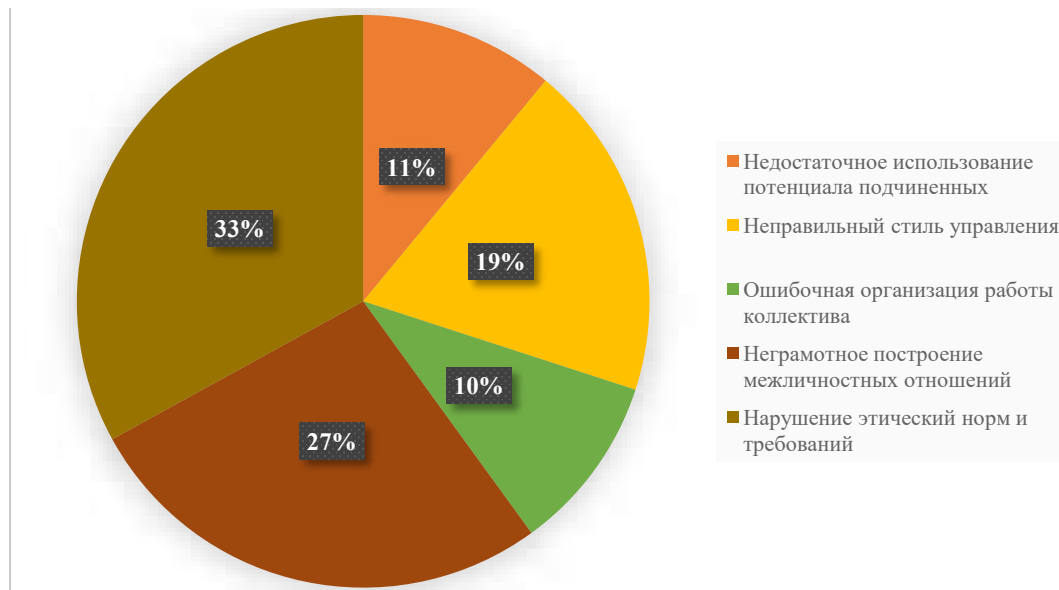


Рис. 1. Влияние руководителей на мотивацию сотрудников

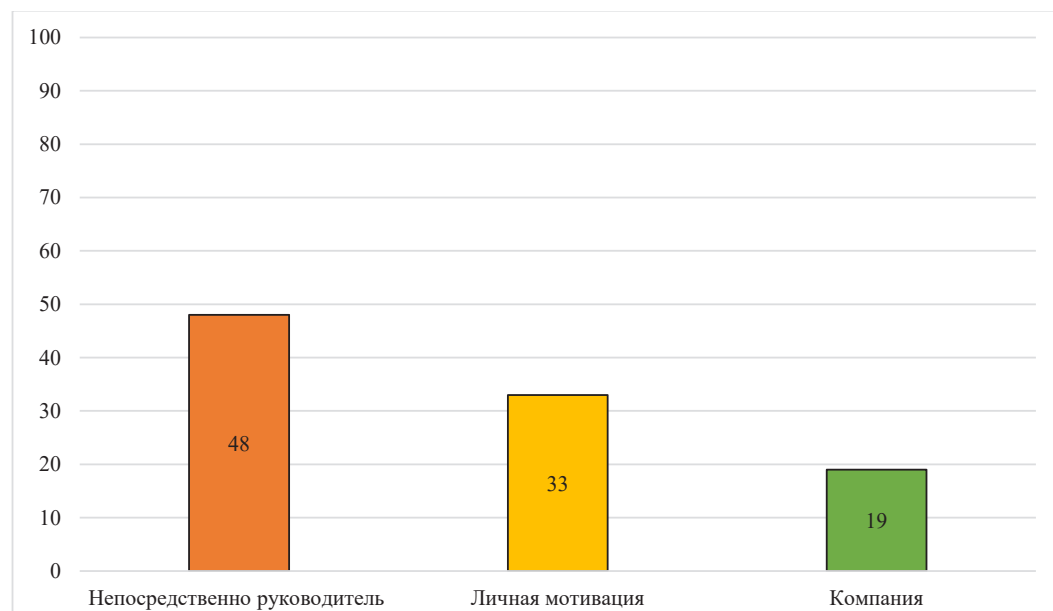


Рис. 2. Распространенные ошибки руководителей

связанные с неграмотным построением межличностных отношений.

К наиболее частым ошибкам в сфере межличностных отношений можно отнести неумение установить верную дистанцию с подчиненными. Конфликтность и склонность к эмоциональным реакциям на действия подчиненных 44,4 % респондентов выделили как частые недостатки руководителя. Незначительными погрешностями 29,6 % сотрудников считают невнимание к личным проблемам, а 37,0 % указывают на излишнюю формальность в отношениях с подчиненными. Некоммуникабельность как недостаток руководителя встречается крайне редко.

Таким образом, нравственно-психологические качества руководителя выступают в роли регулятора отношений в коллективе, который либо будет способствовать успешной деятельности организации по достижению ее целей, либо будет создавать препятствия.

Важное значение в становлении специалиста как руководителя аптеки имеет послевузовское образование. На курсах усовершенствования провизоров, организуемых высшими учебными заведениями ПМР и России, вопросам культурного профессионального поведения руководителя уделяется особое внимание. Помимо изучения нормативной базы фармацевтической деятельности, руководители знакомятся с новыми методиками формирования нравственно-психологического климата в коллективе, а также приемами и навыками руководства, направленными на предотвращение конфликтных ситуаций.

На основании изученных особенностей и требований к личности руководителя в аптеке был составлен экспресс-тест для выявления управленческого потенциала работника. В ходе него предлагается выполнить ряд заданий.

*Задание 1.* Определить задачи заведующего аптекой. Говорить о хорошем результате можно, если среди перечисленных задач встречаются такие формулировки, как «управление аптекой», «управление персоналом» и «управление товарооборотом». Если же в ответах преобладают фразы, такие как «формирование ассортимента», «заказ товара», «разбор товара», «поддержание санитарных норм», то это говорит о том, что сотрудник ориентирован на получение результата собственным трудом, то есть как «старший специалист», а не руководитель.

*Задание 2.* Сформулировать, что подразумевается под «эффективным управлением». Перечисленные ответы должны соотноситься с пунктами: сбор информации и планирование, постановка задач, выполнение и распределение обязанностей, мотивация, контроль за выполнением поручений, оценка эффективности процесса.

*Задание 3.* Назвать основные показатели, которые необходимо контролировать в аптеке. Правильным будет ответ: товароборот, количество чеков, средний чек. О плохом результате говорит несвязанный ответ сотрудника про ассортимент, заказ товара, хранение и ценообразование.

*Задание 4.* Назвать значения основных показателей, которых аптека достигла за последний квартал, месяц, неделю. Хорошим будет результат, если сотрудник

перечислит значения большинства показателей по памяти с точностью  $\pm 10\%$ ; удовлетворительным, если ему потребуется до 5–15 минут; о неудовлетворительном результате можно говорить, если на данный вопрос сотрудник не сможет дать ответ в течение нескольких часов.

**Задание 5.** Предложить сотруднику небольшое практическое задание, требующее управленческих навыков, например, определить портрет покупателя, уточнить должностную инструкцию фармацевта и так далее. Если работник откажется или неохотно согласится, ссылаясь на занятость в торговом зале, то очевидно, что в данном случае сотрудник не мыслит себя руководителем.

Данный экспресс-анализ позволит понять, какие компетенции сотрудников необходимо усилить, обратить на них более пристальное внимание.

На сегодняшний день наука и искусство менеджмента тесно связаны между собой. Менеджмент является творческим процессом, здесь важны не только понимание общих основ теории управления и специальные знания, но и умение анализировать конкретные ситуации, сложившиеся в процессе работы, и делать на основе анализа правильные выводы.

Для принятия обоснованного решения недостаточно обладать только высокой профессиональной квалификацией, многое зависит от индивидуальных способностей руководителя, его умения работать с людьми, личной инициативы, интуиции. В связи с этим для грамотного управления коллективом необходимо овладеть научными подходами теории управления и уметь творчески ее применять.

Для руководителя в высокой степени важно рациональное решение вопроса об оптимальном стиле руководства. Оптимальным является динамический стиль, для которого характерно применение оптимальной тактики управленческой деятельности и ее изменения в зависимости от конкретных условий, реального коллектива и обстоятельств.

Таким образом, личность руководителя в системе управления персоналом аптеки играет важную роль, а его нравственно-психологические качества способствуют формированию сплоченного коллектива.

### Цитированная литература

1. **Балдин, К. В.** Управленческие решения / К. В. Балдин, С. Н. Воробьев, В. Б. Уткин. – Текст : электронный // Москва : Дашков и К, 2019. – 496 с. – URL : <https://e.lanbook.com/book/93470> (дата обращения : 22.02.2024).
2. **Балашов, А. П.** Основы менеджмента : учебное пособие / А. П. Балашов. – Текст : электронный // Москва : Вузовский учебник, 2019. – 112 с. – URL : <https://znanium.ru/catalog/document?id=399392> (дата обращения : 22.02.2024).
3. **Баронин, С. А.** Основы менеджмента, планирования и контроллинга в недвижимости : учебное пособие / С. А. Баронин. – Текст : электронный // Москва : НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 160 с. – URL : <https://library.pguas.ru/xmlui/bitstream/handle> (дата обращения : 22.02.2024).
4. **Дятлов, А. Н.** Общий менеджмент. Концепции и комментарии / А. Н. Дятлов, М. В. Плотников, И. А. Мутовин. – Текст : электронный // Москва : Альпина Бизнес Букс, 2018. – 400 с. – URL : <https://publications.hse.ru/books/82218922> (дата обращения : 22.02.2024).
5. **Королев, В. И.** Основы менеджмента : учебное пособие / В. И. Королев. –

Текст : электронный // Москва : Магистр, 2017. – 624 с. – URL : <https://znanium.ru/catalog/document?id=437845> (дата обращения : 22.02.2024).

6. **Коссов, В. В.** Основы инновационного менеджмента / В. В. Коссов. – Текст : электронный // Москва : Магистр, 2016. – 26 с. – URL : <https://www.researchgate.net/scientific-contributions/Kossov-V-V-2107263321> (дата обращения : 22.02.2024).

7. **Назимко, В. К.** Основы менеджмента : учебно-методическое пособие / В. К. Назимко. – Текст : электронный // Ростов-на-Дону: Феникс, 2015. – 255 с. – URL : <https://www.labyrinth.ru/books/463722/> (дата обращения : 22.02.2024).

8. **Минько, Э. В.** Менеджмент качества / Э. В. Минько, А. Э. Минько. – Текст : электронный // Москва : Питер, 2023. – 272 с. – URL : <https://www.at.alleng.org/d/manag/man380.htm> (дата обращения : 22.02.2024).

9. Менеджмент качества в аптечной организации / Р. А. Арзумян, А. С. Лыжина. – Текст : электронный // Актуальные проблемы и достижения в медицине / Сборник трудов по итогам международной научно-практической конференции № 5 г. Самара – Нижний Новгород : ИЦРОН, 2018. – 51 с. – URL : <https://izron.ru/articles/aktualnye-problemy-i-dostizheniya-v-meditsine-sbornik-nauchnykh-trudov-po-itogam-mezhdunarodnoy-nauch/> (дата обращения : 22.02.2024).

10. **Шарахова, Е. Ф.** Теоретические и методологические основы формирования системы управления персоналом аптечной организации / Е. Ф. Шарахова. – Текст : электронный // диссертация на соискание ученой степени доктора фармацевтических наук – спец. ВАК РФ 15.00.01, 2005 – 342 с. – URL : <https://www.dissercat.com/> (дата обращения : 22.02.2024).

---



# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ

ОФИЦИАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ  
ОБ ОБЪЕКТАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
зарегистрированных в Министерстве юстиции  
Приднестровской Молдавской Республики

## ИЗОБРЕТЕНИЯ

**(11) 568**

(21) 24100625

(51) В 23Н 3/00, В23 Н 7/02, В 23Н 7/06

(22) 19.06.2024

(15) 27.06.2024

**(72) Ф. Ю. Бурменко, В. Г. Звонкий, Д. Ф. Иванов, Д. Ю. Бурменко и Г. В. Звонкий**

(56) Патент RU 2 423 209 С 1, В23Н 7/06, 2011. Бюл. № 19.

**(54)** 1. Способ электроэрозионного изготовления фасонных изделий проволочным электродом-инструментом (ЭИ), включающий формообразование заданной поверхности изделия на электроэрозионном вырезном станке с числовым программным управлением (ЧПУ) при согласованных координатных перемещениях проволочного электрода-инструмента (ЭИ) по траектории, задаваемой от управляющей программы (УП), реализацию одного установа в технологических базах при двух проходах (при первом проходе с направлением подачи ЭИ в зону обработки снизу-вверх или сверху-вниз, а при втором проходе в противоположном направлении по той же траектории в обратном направлении без изменения положения изделия), *от л и ч а ю щ и й с я* тем, что с целью повышения качества изготавливаемых изделий со сложной конфигурацией за счет точности формообразования и получения высокого класса шероховатости обрабатываемой поверхности изделия, второй проход осуществляют при:

– напряжении резания  $U$  – 65–70 В,

– силе тока резания  $I$  – 4,0–4,5 А,

– скорости перемотки  $V_{\text{Э}}$  – ЭИ – 1,8–2,0 м/мин,

– скорости подачи проволочного электрода по задаваемой от УП траектории  $V_S$  – 7,0–7,5 м/мин,

– усилия натяжения проволочного электрода  $F_3$  – 14–16 Н.

2. Способ по п. 1, *отличающийся* тем, что в качестве жидкой диэлектрической среды при первом проходе используют деионизированную воду, при втором – углеводородные диэлектрики.

3. Способ по п. 2, *отличающийся* тем, что в качестве углеводородного диэлектрика используют трансформаторное масло или керосин.

**(71)(73) Государственное образовательное учреждение**

**«Приднестровский государственный университет им. Т. Г. Шевченко»,**

г. Тирасполь, ул. 25 Октября, д. 128

**(11) 569**

(21) 24100624

(51) G01M 13/02

(22) 19.06.2024

(15) 09.08.2024

**(72) Ф. Ю. Бурменко, В. Г. Звонкий, А. Г. Гроссул, Е. А. Царюк и В. П. Юсюз**

(56) Бельков В. Н., Захаренков Н. В. и др. Испытание и расчет деталей машин: учебное пособие. Омск: Издательство Омского государственного технического университета, 2016. С. 11–15.

**(54) 1. Стенд для исследования клиноременных передач**, включающий электропривод, установленный на раме, натяжной механизм, нагружающее тормозное устройство, датчики контроля, модуль управления и исследуемую ременную передачу с ведущим и ведомым шкивами, *отличающийся* тем, что с целью расширения функциональных возможностей стенда, увеличения его эффективности, повышения точности результатов испытаний ведущий и ведомый шкивы выполнены составными из секций, соответствующих числу клиновых ремней, каждая секция включает соосно установленные неподвижный и подвижный полушкивы в виде конических дисков с углом наклона образующей, равной половине угла наклона клина сечения ремня, натяжной механизм представлен упругим элементом, действующим на подвижный полушкив, установленный на валу в направляющих скользящих шпонках.

Стенд по п. 1, *отличающийся* тем, что упругий элемент выполнен в виде винтовой пружины сжатия.

Стенд по п. 1, 2, *отличающийся* тем, что винтовая пружина сжатия каждой секции оборудована тензометрическим датчиком силы.

**(71)(73) Государственное образовательное учреждение**

**«Приднестровский государственный университет им. Т. Г. Шевченко»,**

г. Тирасполь, ул. 25 Октября, д. 128

**(11) 570**

(21) 24100623

(51) G01N 33/208 (2024.01)

(22) 10.06.2024

(15) 02.08.2024

**(72) Г. С. Задорожный, Е. В. Бомешко и А. С. Янута**

(56) ГОСТ 10555-75. Реактивы и особо чистые вещества. Колориметрические методы определения примеси железа. М.: Стандартинформ, 2006. 12 с.

**(54) Способ определения концентрации железа (II) и железа (III) в электролитах железнения**, включающий связывание железа с сульфосалициловой кислотой и фотометрическое определение содержания, *отличающийся* тем, что с целью повышения эффективности анализа за счет упрощения, его осуществляют в двух пробах, в первой пробе создают устойчивый комплекс катионов железа (III) с 10 % сульфосалициловой кислотой при  $\text{pH} = 1,8 \pm 0,03$ , выявляемый по появлению красно-фиолетовой окраски на фотоколориметре при длине волны светопоглощения 540 нм и толщине слоя в кювете 1,0 см, во второй пробе предварительно окисляют железо (II) в железо (III) добавлением 3% раствора пероксида водорода, затем при добавлении сульфосалициловой кислоты получают комплекс катионов железа (III) с этой кислотой, а концентрацию железа (II) определяют по разности содержания железа (III) во второй и первой пробах.

**(71)(73) Государственное образовательное учреждение**

**«Приднестровский государственный университет им. Т. Г. Шевченко»,**

г. Тирасполь, ул. 25 Октября, д. 128

**(11) 571**

(21) 24100626

(51) (51) G01N 25/58 (2024.01)

(22) 18.09.2024

(15) 07.10.2024

**(72) Ф. Ю. Бурменко, В. Г. Звонкий, Е. А. Царюк, В. П. Юсюз, Е. А. Гроссул и А. Г. Гроссул**

(56) RU 2696940, G 01N 25/58, 25/72, 2019. Бюл. № 29.

**(54) 1. Установка для теплотехнических испытаний**, содержащая рабочую камеру с креплениями для фиксации испытуемого объекта и вентилятор; системы нагревания и охлаждения генерируемого воздуха с окнами для забора наружного воздуха, имеющими производительность по воздуху с заданной температурой, равную производительности вентилятора рабочей камеры; регуляторы температуры с датчиками температурных параметров генерируемого воздуха и блок управления, *отличающаяся* тем, что с целью повышения достоверности теплотехнических испытаний и упрощения конструкции между системой нагревания, системой охлаждения и рабочей камерой размещена вентиляционная коробка с поворотным клапаном, поочередно направляющим посредством вентилятора в рабочую камеру генерируемый воздух от системы нагревания или системы охлаждения, при этом рабочая камера оснащена загрузочным окном, снабженным герметичными створками.

**2. Установка для теплотехнических испытаний**, содержащая рабочую камеру с креплениями для фиксации испытуемого объекта и вентилятор; системы нагревания и охлаждения генерируемого воздуха с окнами для забора наружного воздуха, имеющими

производительность по воздуху с заданной температурой, равную производительности вентилятора рабочей камеры; регуляторы температуры с датчиками температурных параметров генерируемого воздуха и блок управления, *отличающаяся* тем, что с целью повышения достоверности теплотехнических испытаний и упрощения конструкции между системами нагревания, охлаждения и рабочей камерой размещен центробежный вентилятор двухстороннего всасывания, который посредством направляющих аппаратов поочередно нагнетает в рабочую камеру генерируемый воздух от системы нагревания или системы охлаждения.

**3. Установка для теплотехнических испытаний**, содержащая рабочую камеру с креплениями для фиксации испытуемого объекта и вентилятор; системы нагревания и охлаждения генерируемого воздуха с окнами для забора наружного воздуха, имеющими производительность по воздуху с заданной температурой, равную производительности вентилятора рабочей камеры; регуляторы температуры с датчиками температурных параметров генерируемого воздуха и блок управления, *отличающаяся* тем, что с целью повышения достоверности теплотехнических испытаний и снижения энергоемкости в качестве вентилятора использован центробежный вентилятор двухстороннего нагнетания, входное окно которого соединено с выходным окном рабочей камеры, а его выходные патрубки посредством воздухопроводов сообщаются с входными окнами системы нагревания и системы охлаждения генерируемого воздуха, между этими системами и рабочей камерой установлена вентиляционная коробка с поворотным запорным клапаном, поочередно отсекающим рабочую камеру от системы нагревания или системы охлаждения; кроме того, рабочая камера оснащена загрузочным окном, снабженным герметичными створками.

## ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

**(71)(73) Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Приднестровской Молдавской Республики,**

г. Тирасполь, пер. Энгельса, д. 5

**(11) 363**

(21) 24300395

(22) 15.03.2024

(15) 02.04.2024

**(72) Чернелевский Леонид Валерьевич, Швец Дмитрий Сергеевич и Пекельняк Николай Николаевич**

**(57) Программа для ЭВМ «Государственная информационная система "Электронные платежи"»** (далее – ГИС «ЭП») предназначена для организации централизованного процесса оплаты государственной пошлины, штрафов, налогов и иных платежей. Позволяет оплатить заявителю выставленный счет посредством мобильного банковского приложения,

терминала самообслуживания, посредством POS-терминала, через кассира или наличными. ГИС «ЭП» обеспечивает полный жизненный цикл для счетов на оплату, формирование статистики, управление пользователями и организациями – поставщиками услуг. Клиент-серверная архитектура, позволяющая посредством глобальной сети Интернет обеспечить взаимодействие поставщиков услуг, клиентов, банковских организаций и контрольно-надзорных организаций в единой ГИС «ЭП», реализована на принципах микросервисов.

**(71)(73) Государственное образовательное учреждение «Приднестровский государственный университет им. Т. Г. Шевченко»**

г. Тирасполь, ул. 25 Октября, д. 128

**(11) 364**

(21) 22300396

(22) 19.06.2024

(15) 12.07.2024

**(72) Звонкий Виталий Георгиевич, Иванов Денис Федорович, Бурменко Феликс Юрьевич и Яковец Инна Викторовна**

**(57) Программный комплекс управления станком вырезным электроискровым** предназначен для электроэрозионной обработки (ЭЭО) сложнопрофильных изделий повышенной точности, например, лопаток турбин, матриц и пуансонов штамповой оснастки, лекал и других деталей с поверхностями различной конфигурации проволочным электродом-инструментом (ЭИ) на электроэрозионных вырезных станках с ЧПУ.

Комплекс оснащен персональным компьютером со специализированной версией AutoCAD с функцией отслеживания обрабатываемого контура и формирования управляющей программы (УП) на основе этого контура; портами для записи и считывания УП на компьютере и устройстве числового программного управления (УЧПУ) станка соответственно; системой проверки сформированной УП на станке с УЧПУ.

В комплексе предусмотрены две подпрограммы: одна для первичной, черновой обработки, а другая – для окончательной чистовой обработки с получением заданных значений точности формообразования и класса шероховатости обработанной поверхности. Комплекс обеспечивает стабильное качество обработанных поверхностей и точное воспроизведение геометрии вырезаемых деталей.

Функциональные возможности программы: изменение параметров ЭЭО станка, регулирование напряжения резания  $U$ , силы тока резания  $I$ , скорости перемотки ЭИ  $V_s$ , скорости подачи проволочного электрода по задаваемой от УП траектории  $VS$  и усилию его натяжения  $F_s$ . Возможность быстрой оптимизации кода позволяет изготавливать детали с наименьшей долей погрешности (до 0,001 мм) и шероховатости обработанной поверхности не менее 0,08 мкм.

Программа может быть использована на машиностроительных предприятиях, имеющих производственные участки с ЧПУ, в образовательном и научном процессах для изучения технологий машиностроения и электроэрозионной обработки материалов.

**Тип ЭВМ:** ПК; ОС: MS-DOS.

**Язык программирования:** ISO 7.

**Объем программы для ЭВМ:** 7.38 КБ.

## ИЗВЕЩЕНИЯ

1. Срок действия свидетельства № **1491** (заявка № 13201468) с приоритетом от 30 октября 2013 года на товарный знак продлен с 30 октября 2023 года на 10 лет.
2. Срок действия свидетельства № **1492** (заявка № 13201469) с приоритетом от 30 октября 2013 года на товарный знак продлен с 30 октября 2023 года на 10 лет.
3. Срок действия свидетельства № **580** (заявка № 04200511) с приоритетом от 24 августа 2004 года на товарный знак продлен с 24 августа 2024 года на 10 лет.
4. Адрес владельца свидетельства № **311** (заявка № 01200222) с приоритетом от 08 февраля 2001 года на товарный знак изменен на следующий: на Байерсдорфштрассе 1-9, 22529 Гамбург, Германия (**Beiersdorfstraße 1-9, 22529 Hamburg, Germany**).
5. Адрес владельца свидетельства № **313** (заявка № 01200224) с приоритетом от 08 февраля 2001 года на товарный знак изменен на следующий: на Байерсдорфштрассе 1-9, 22529 Гамбург, Германия (**Beiersdorfstraße 1-9, 22529 Hamburg, Germany**).
6. Адрес владельца свидетельства № **1312** (заявка № 12201274) с приоритетом от 08 февраля 2012 года на товарный знак изменен на следующий: на Байерсдорфштрассе 1-9, 22529 Гамбург, Германия (**Beiersdorfstraße 1-9, 22529 Hamburg, Germany**).
7. Адрес владельца свидетельства № **1313** (заявка № 12201276) с приоритетом от 14 февраля 2012 года на товарный знак изменен на следующий: на Байерсдорфштрассе 1-9, 22529 Гамбург, Германия (**Beiersdorfstraße 1-9, 22529 Hamburg, Germany**).
8. Адрес владельца свидетельства № **1314** (заявка № 12201277) с приоритетом от 14 февраля 2012 года на товарный знак изменен на следующий: на Байерсдорфштрассе 1-9, 22529 Гамбург, Германия (**Beiersdorfstraße 1-9, 22529 Hamburg, Germany**).
9. Адрес владельца свидетельства № **1979** (заявка № 21201979) с приоритетом от 16 ноября 2021 года на товарный знак изменен на следующий: на Байерсдорфштрассе 1-9, 22529 Гамбург, Германия (**Beiersdorfstraße 1-9, 22529 Hamburg, Germany**).
10. Срок действия свидетельства № **1527** (заявка № 14201509) с приоритетом от 02 апреля 2014 года на товарный знак продлен с 02 апреля 2024 года на 10 лет.
11. Срок действия свидетельства № **1585** (заявка № 14201509) с приоритетом от 14 октября 2014 года на товарный знак продлен с 14 октября 2024 года на 10 лет.
12. Срок действия свидетельства № **608** (заявка № 04200536) с приоритетом от 21 декабря 2004 года на товарный знак продлен с 21 декабря 2024 года на 10 лет.
13. Срок действия свидетельства № **609** (заявка № 04200538) с приоритетом от 21 декабря 2004 года на товарный знак продлен с 21 декабря 2024 года на 10 лет.

14. Срок действия свидетельства № **610** (заявка № 04200539) с приоритетом от 21 декабря 2004 года на товарный знак продлен с 21 декабря 2024 года на 10 лет.
15. Срок действия свидетельства № **1586** (заявка № 14201563) с приоритетом от 27 ноября 2014 года на товарный знак продлен с 27 ноября 2024 года на 10 лет.
16. Срок действия свидетельства № **589** (заявка № 04200526) с приоритетом от 02 ноября 2004 года на товарный знак продлен с 02 ноября 2024 года на 10 лет.
17. Срок действия свидетельства № **591** (заявка № 04200517) с приоритетом от 15 октября 2004 года на товарный знак продлен с 15 октября 2024 года на 10 лет.
18. Срок действия свидетельства № **588** (заявка № 04200525) с приоритетом от 02 ноября 2004 года продлен с 02 ноября 2024 года на 10 лет и произведено изменение правообладателя на: общество с ограниченной ответственностью «Ла Вида», 3300 г. Тирасполь, ул. К. Либкнехта, д. 377 (секция Б)
19. Срок действия свидетельства № **1595** (заявка № 15201572) с приоритетом от 16 января 2015 года продлен с 16 января 2025 года на 10 лет и произведено изменение правообладателя на: общество с ограниченной ответственностью «Ла Вида», 3300 г. Тирасполь, ул. К. Либкнехта, д. 377 (секция Б).
20. Срок действия свидетельства № **1554** (заявка № 14201528) с приоритетом от 18 июля 2014 года на товарный знак продлен с 18 июля 2024 года на 10 лет.
21. Срок действия свидетельства № **1555** (заявка № 14201529) с приоритетом от 18 июля 2014 года на товарный знак продлен с 18 июля 2024 года на 10 лет.
22. Срок действия свидетельства № **1556** (заявка № 14201530) с приоритетом от 18 июля 2014 года на товарный знак продлен с 18 июля 2024 года на 10 лет.
23. Срок действия свидетельства № **1557** (заявка № 14201531) с приоритетом от 18 июля 2014 года на товарный знак продлен с 18 июля 2024 года на 10 лет.
24. Срок действия свидетельства № **1558** (заявка № 14201532) с приоритетом от 18 июля 2014 года на товарный знак продлен с 18 июля 2024 года на 10 лет.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Алещенко Светлана Анатольевна** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей и прикладной математики и информатики ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: yepur\_svet@mail.ru

**Багнюк Елена Сергеевна** – преподаватель кафедры фармакологии и фармацевтической химии ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: lena.782@mail.ru

**Балашова Юлия Владимировна** – старший преподаватель кафедры интегрированных компьютерных технологий и систем ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: balashova\_ju@mail.ru

**Башкатова Татьяна Викторовна** – преподаватель кафедры фармакологии и фармацевтической химии ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: b4shkatovat@yandex.ru

**Брусенская Елена Ивановна** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры фундаментальной физики, электроники и систем связи ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: khamidullin\_ra@mail.ru

**Бугаенко Анна Васильевна** – старший преподаватель кафедры высшей математики и прикладной математики и информатики физико-математического факультета ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: kochina-anna@yandex.ru

**Бурменко Феликс Юрьевич** – профессор кафедры машиноведения и технологического оборудования ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: burmenco@mail.ru

**Бучацкий Александр Иванович** – старший преподаватель кафедры технических систем и электрооборудования в АПК ПГУ им. Т. Г. Шевченко».

E-mail: aleksandr\_buchackiy@mail.ru

**Васильев Виталий Васильевич** – старший преподаватель кафедры высшей математики и прикладной математики и информатики ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: vasscorp@mail.ru

**Васильев Иван Васильевич** – кандидат экономических наук, доцент кафедры государственного управления ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: ravi54@mail.ru

**Васильева Ольга Федоровна** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры фундаментальной физики, электроники и систем связи ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: florina\_of@mail.ru

**Галантюк Павел Юрьевич** – студент магистратуры II курса кафедры электроэнергетики и электротехника ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: galantiuk@gmail.com



**Герб Ольга Сергеевна** – студентка II курса физико-математического факультета ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: gerb.lilya@bk.ru

**Голуб Ирина Владимировна** – кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и электротехники ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: irina.golub@mail.ru

**Гроссул Анна Григорьевна** – студентка I курса магистратуры ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: grossulanna43@gmail.com

**Дидурик Наталия Николаевна** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей и прикладной математики и информатики, старший научный сотрудник НИЛ «Алгебра и её приложения» ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: natnikkr83@mail.ru

**Димогло Анатолий Владимирович** – доцент кафедры технических систем и электрооборудования в АПК ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: dimoglo@rambler.ru

**Дмитриева Наталья Николаевна** – старший преподаватель кафедры бухгалтерского учета и аудита ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: mosy200175@mail.ru

**Есир Алла Ивановна** – старший преподаватель кафедры финансов и кредита ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: mik-dik@yandex.ru

**Зайцев Дмитрий Александрович** – кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и электротехники ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: zaiats.acad@mail.ru

**Звонкий Виталий Георгиевич** – доцент кафедры автоматизированных технологий и промышленных комплексов ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: mr.zvonkiy@mail.ru

**Зеленин Николай Валерьевич** – старший преподаватель кафедры бухгалтерского учета и аудита, ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: nikzelenin@mail.ru

**Зинган Анна Петровна** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры фундаментальной физики, электроники и систем связи ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: zingan.anna@mail.ru

**Иванисова Татьяна Григорьевна** – магистрант I курса, экономического факультета ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: tatyanaqx@inbox.ru

**Казаник Татьяна Валерьевна** – студентка магистратуры II курса кафедры электроэнергетика и электротехника ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: kazanikt@mail.ru

**Карпан Антонина Валерьевна** – студентка IV курса кафедры бухгалтерского учета и аудита ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: antoninakarpan5@gmail.com

**Киорсак Михаил Васильевич** – доктор технических наук, профессор кафедры электроэнергетики и электротехники ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: kiorsak@mail.ru

**Кириленко Максим Вячеславович** – студент IV курса направления информационные технологии и системы связи.

E-mail: onemissyou1@gmail.com

**Лаврентьев Алексей Александрович** – преподаватель кафедры эксплуатации и ремонта машинно-тракторного оборудования ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: aleksandr\_buchackiy@mail.ru

**Ладыгина Диана Эдуардовна** – студентка III курса естественно-географического факультета ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: ladiginadi@mail.ru

**Лищенко Виктор Михайлович** – преподаватель технических дисциплин ГОУ СПО «Тираспольский аграрно-технический колледж им. М. В. Фрунзе».

E-mail: aleksandr\_buchackiy@mail.ru

**Ляхомская Ксения Данииловна** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры фундаментальной физики, электроники и систем связи ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: ksedanna@yandex.ru

**Малютина Надежда Николаевна** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей и прикладной математики и информатики, старший научный сотрудник НИЛ «Алгебра и её приложения» ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: 231004.bab.nadezhda@mail.ru

**Надькин Леонид Юрьевич** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей и прикладной математики и информатики ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: nadkinlyu@gmail.com

**Романенко Виктория Викторовна** – преподаватель кафедры фармакологии и фармацевтической химии ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: suhvik@yandex.ru

**Стамов Иван Григорьевич** – доктор физико-математических наук, профессор кафедры фундаментальной физики, электроники и систем связи ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: istamov51@mail.ru

**Стаматова Тамара Владимировна** – преподаватель кафедры фармакологии и фармацевтической химии ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: tomochkastamova@inbox.ru

**Стасюк Татьяна Петровна** – кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой бухгалтерского учета и аудита ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: tatiana.stasyuk@gmail.com

**Стоян Максим Александрович** – студент магистратуры II курса кафедры электроэнергетики и электротехника ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: maksim stoyan@yandex.ru

**Туртурика Наталья Николаевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и электротехники ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: natalya\_siti@mail.ru

**Хамидуллин Рустам Ангамович** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей и теоретической физики ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: khamidullin\_ra@mail.ru

**Царюк Анастасия Сергеевна** – студентка физико-технического института ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: nakatsar1157@mail.ru

**Царюк Елена Александровна** – доцент кафедры машиноведения и технологического оборудования ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: len-caruk@yandex.ru

**Циклер Александр Олегович** – студент магистратуры II курса кафедры электроэнергетики и электротехника ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: tsikler72@bk.ru

**Щербаков Виктор Алексеевич** – доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник института математики и информатики Республики Молдова имени Владимира Андрунакиевича, заве-

дующий НИЛ «Алгебра и ее приложения» ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: scerb@math.md

**Юсюз Валентина Петровна** – старший преподаватель кафедры машиноведения и технологического оборудования ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: yusyuz.valya@bk.ru

**Яхова Елена Анатольевна** – кандидат химических наук, доцент кафедры химии и МПХ ПГУ им. Т. Г. Шевченко.

E-mail: iahova@mail.ru

---

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Aleschenko Svetlana Anatolievna** – candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor of the Department of Higher and Applied Mathematics and Informatics, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: yepur\_svet@mail.ru

**Bagniuk Elena Sergeevna** – senior lecturer of the Department of Pharmacology and Pharmaceutical Chemistry, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: lena.782@mail.ru

**Balashova Yulia Vladimirovna** – senior lecturer of the Department of Integrated Computer Technologies and Systems, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: balashova\_ju@mail.ru

**Bashkatova Tatiana Victorovna** – senior lecturer of the Department of Pharmacology and Pharmaceutical Chemistry, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: b4shkatovat@yandex.ru

**Brusenskaya Elena Ivanovna** – candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor of the Department of Fundamental Physics, Electronics and Communicational Systems, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: khamidullin\_ra@mail.ru

**Buchatskii Alexander Ivanovich** – senior lecturer of the Department of Technical Systems and Electrical Equipment in Ag-

riculture, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: aleksandr\_buchackiy@mail.ru

**Bugaenko Anna Vasilievna** – senior lecturer of the Department of Higher Mathematics and Applied Mathematics and Informatics, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: kochina-anna@yandex.ru

**Burmenko Felix Yurievich** – professor of the Department of Mechanical Science and Technological Equipment, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: burmenco@mail.ru

**Didurik Natalia Nikolaevna** – candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor of the Department of Higher and Applied Mathematics and Computer Science, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: natnikkr83@mail.ru.

**Dimoglo Anatolii Vladimirovich** – associate professor of the Department of Technical Systems and Electrical Equipment in Agriculture, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: dimoglo@rambler.ru

**Dmitrieva Natalia Nikolaevna** – senior lecturer of the Department of Accounting and Auditing, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: mosy200175@mail.ru

**Galantiuk Pavel Yurievich** – second-year master’s student of the Department of Electrical Power Engineering and Electrical Engineering, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: galantiuk@gmail.com

**Gerb Olga Sergeevna** – second-year student of the Faculty of Physics and Mathematics, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: gerb.lelya@bk.ru

**Golub Irina Vladimirovna** – candidate of Technical Sciences, associate professor of the Department of Electrical Power and Electrical Engineering, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: irina.golub@mail.ru

**Grossul Anna Grigorievna** – first year master’s student of Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: grossulanna43@gmail.com.

**Ivanisova Tatiana Grigorievna** – graduate student of Economic Faculty, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: tatyanax@inbox.ru

**Karpan Antonina Valerievna** – 4th year student, Department of Accounting and Auditing, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: antoninakarpan5@gmail.com

**Kazanik Tatiana Valerievna** – second-year master’s student of the Department of Electric Power Engineering and Electrical Engineering, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: kazanikt@mail.ru

**Khamidullin Rustam Angamovich** – candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor of the Depart-

ment of Fundamental Physics, Electronics and Communicational Systems, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: khamidullin\_ra@mail.ru

**Kiorsak Mihail Vasilievich** – Doctor of Technical Sciences, professor of the Department of Electric Power and Electrical Engineering, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: kiorsak@mail.ru

**Kirilenko Maxim Viacheslavovich** – 4th year student in the Department of Information and Communication Technologies and Communication Systems, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: onemissyoul@gmail.com

**Liakhomskaia Ksenia Danilovna** – candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor of the Department of Fundamental Physics, Electronics and Communication Systems, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: ksedanna@yandex.ru

**Ladygina Diana Eduardovna** – third-year student of Natural Geography Department, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: ladiginadi@mail.ru

**Lavrentiev Alexei Alexandrovich** – lecturer of Department of Operation and Repair of Machine and Tractor Equipment of Shevchenko, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: aleksandr\_buchackiy@mail.ru

**Lischenko Viktor Mikhailovich** – teacher of technical disciplines at the State Educational Institution of Higher Education “Tiraspol Agrarian and Technical College named after M. V. Frunze”..

E-mail: aleksandr\_buchackiy@mail.ru

**Maliutina Nadezhda Nikolaevna** – candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor of the Department of Higher and Applied Mathematics and Computer science, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: 231004.bab.nadezhda@mail.ru

**Nadkin Leonid Yurievich** – candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor of the Department of Higher and Applied Mathematics and Computer Science, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: nadkinlyu@gmail.com

**Romanenko Victoria Victorovna** – senior lecturer of the Department of Pharmacology and Pharmaceutical Chemistry, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: suhvik@yandex.ru

**Shcherbacov Victor Alekseevich** – Doctor of Physical and Mathematical sciences, Chief researcher at the Institute of Mathematics and Informatics of the Republic of Moldova named after Vladimir Andrunachievich, Head of the Research Laboratory „Algebra and its applications“ of Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: scerb@math.md

**Stamatova Tamara Vladimirovna** – lecturer of the Department of Pharmacology and Pharmaceutical Chemistry, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: tomochkastamova@inbox.ru

**Stamov Ivan Grigorievich** – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Fundamental Physics, Electronics and Communication Systems, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: istamov51@mail.ru

**Stasiuk Tatiana Petrovna** – candidate of Economics Sciences, associate professor of the Department of Economic Faculty, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: tatiana.stasyuk@gmail.com

**Stoian Maxim Alexandrovich** – second-year master's student of the Department of Electric Power Engineering and Electrical Engineering, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: maksim stoyan@yandex.ru

**Tsaruk Anastasia Sergeevna** – student of the Institute of Physics and Technology, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: nakatsar1157@mail.ru

**Tsaruk Elena Aleksandrovna** – associate professor of the Department of Mechanical Science and Technological Equipment, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: len-caruk@yandex.ru

**Tsikler Alexander Olegovich** – second-year master's student of the Department of Electrical Power Engineering and Electrical Engineering, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: tsikler72@bk.ru

**Turturika Natalia Nikolaevna** – candidate of Technical Sciences, associate professor of the Department of Electric Power and Electrical Engineering, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: natalya\_siti@mail.ru

**Vasiliev Ivan Vasilievich** – candidate of Economics sciences, associate professor of the Department of Public Administration, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: ravi54@mail.ru

---

**Vasiliev Vitalii Vasilievich** – senior lecturer of the Department of Higher Mathematics and Applied Mathematics and Informatics, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: [vasscorp@mail.ru](mailto:vasscorp@mail.ru)

**Vasilieva Olga Fedorovna** – candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor of the Department of Fundamental Physics, Electronics and Communication Systems, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: [florina\\_of@mail.ru](mailto:florina_of@mail.ru)

**Yahova Elena Anatolievna** – candidate of Chemistry, associate professor of the Department of Chemistry and Methods of Teaching Chemistry, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: [iahova@mail.ru](mailto:iahova@mail.ru)

**Yesir Alla Ivanovna** – senior lecturer of the Department of Finance and Credit, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: [mik-dik@yandex.ru](mailto:mik-dik@yandex.ru)

**Yusiuz Valentina Petrovna** – senior lecturer of the Department of Mechanical Science and Technological Equipment, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: [yusyuz.valya@bk.ru](mailto:yusyuz.valya@bk.ru)

**Zaitsev Dmitrii Aleksandrovich** – candidate of Technical Sciences, associate professor of the Department of Electrical Power and Electrical Engineering, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: [zaiats.acad@mail.ru](mailto:zaiats.acad@mail.ru)

**Zelenin Nikolai Valerievich** – senior lecturer of the Department of Accounting and Audit of the Faculty of Economics, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: [nikzelenin@mail.ru](mailto:nikzelenin@mail.ru)

**Zingan Anna Petrovna** – candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor of the Department of Fundamental Physics, Electronics and Communication Systems, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: [zingan.anna@mail.ru](mailto:zingan.anna@mail.ru)

**Zvonkii Vitalii Georgievich** – associate professor of the Department of Automated Technologies and Industrial Complexes, Shevchenko Pridnestrovian State University.

E-mail: [mr.zvonkiy@mail.ru](mailto:mr.zvonkiy@mail.ru)

---

# СОДЕРЖАНИЕ

## ФИЗИКА. МАТЕМАТИКА

- Е. И. Брусенская, Р. А. Хамидуллин.* ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРИПОДЗОННЫХ ОПТИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДОВ В КВАНТОВЫХ ПРОВОЛОКАХ В ПОПЕРЕЧНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ..... 3
- О. Ф. Васильева, А. П. Зинган, О. С. Герб, А. В. Бугаенко, В. В. Васильев.* ОПТИЧЕСКИЕ ЛОГИЧЕСКИЕ ВЕНТИЛИ НА ОСНОВЕ ЭКСИТОН-ПОЛЯРИТОНОВ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МИКРОРЕЗОНАТОРАХ..... 8
- К. Д. Ляхомская, Л. Ю. Надькин, М. В. Кириленко.* ВЛИЯНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИ МЕНЯЮЩЕЙСЯ ПОСТОЯННОЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ В РТ-СИММЕТРИЧНОМ МАССИВЕ СВЕТОВОДОВ..... 18
- Н. Н. Дидурик, Н. Н. Малютина.* ПОЛУСИММЕТРИЧНЫЕ КВАЗИГРУППЫ ..... 28
- Н. Н. Дидурик, Н. Н. Малютина, В. А. Щербаков.* КРИПТОГРАФИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ НА БАЗЕ ОБОБЩЕННОГО АЛГОРИТМА МАРКОВСКОГО, ИСПОЛЬЗУЮЩИЙ КВАЗИГРУППЫ ОСОБОГО ВИДА.....35
- С. А. Алещенко.* КОНСТРУКЦИИ ПСЕВДОНОРМЫ В НЕКОТОРЫХ КОЛЬЦАХ. 49
- И. Г. Стамов.* ВКЛАД М. И. КОЗЛОВСКОГО В СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ В ПГУ ИМ. Т. Г. ШЕВЧЕНКО ..... 56



## ИНЖЕНЕРИЯ. ИНФОРМАТИКА

<i>Ф. Ю. Бурменко, В. Г. Звонкий, А. В. Димогло.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ..	61
<i>А. В. Димогло, Ф. Ю. Бурменко, В. Г. Звонкий.</i> УЛУЧШЕНИЕ ТЕХНИКО- ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ МЕТОДОМ НАСЫЩЕНИЯ ЖИДКОГО ТОПЛИВА ВОДОРОДОМ.....	68
<i>М. А. Стоян, Д. А. Зайцев.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКОВ МОЩНОСТИ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ГОЛОЛЕДНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ В СЕТИ 110 КВ РЕСПУБЛИКАНСКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ .....	75
<i>М. В. Киорсак, Н. Н. Туртурика.</i> ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД МЕЖФАЗНОЙ ТОКОВОЙ ОТСЕЧКИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛЭП 110 КВ.....	80
<i>Е. А. Яхова, Д. Э. Ладыгина.</i> ФИЗИКОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦИТРАТНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА С ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ КОМПОНЕНТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ Fe-W ПОКРЫТИЙ .....	86
<i>А. И. Бучацкий, В. М. Лищенко, А. А. Лаврентьев.</i> КОМПОНОВКА И ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ЗАРЯДНО-ТРЕНИРОВОЧНОГО УСТРОЙСТВА В РЕЖИМЕ ДЕСУЛЬФАТАЦИИ ПЛАСТИН АКБ.....	93
<i>Т. В. Казаник, Д. А. Зайцев.</i> ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ ПРИДНЕСТРОВСКОЙ МОЛДАВСКОЙ РЕСПУБЛИКИ .....	101
<i>Е. А. Царюк, В. П. Юсюз, А. С. Царюк.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В УСЛОВИЯХ ПРИДНЕСТРОВСКОЙ МОЛДАВСКОЙ РЕСПУБЛИКИ .....	107
<i>А. О. Циклер, И. В. Голуб.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЖИЛОГО ОБЩЕЖИТИЯ .....	113

<i>Ю. В. Балашова.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В РАЗРАБОТКЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И УПРОЩЕНИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ.....	120
--	-----

### ЭКОНОМИКА. УПРАВЛЕНИЕ

<i>И. В. Васильев.</i> ОПРЕДЕЛЯЮЩАЯ РОЛЬ ГОСУДАРСТВА В РЕГУЛИРОВАНИИ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ.....	126
<i>А. И. Есир.</i> ВЛИЯНИЕ ИНОСТРАННЫХ ИНВЕСТИЦИЙ НА УКРЕПЛЕНИЕ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ГОСУДАРСТВА.....	136
<i>Т. П. Стасюк, А. В. Карпан.</i> ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАЗВИТИЯ АУДИТА В ПРИДНЕСТРОВЬЕ .....	142
<i>И. В. Васильев.</i> РОЛЬ ИНСТИТУТОВ РЫНКА ТРУДА В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ТРУДОВЫМИ ОТНОШЕНИЯМИ В ОБЩЕСТВЕ.....	152
<i>Е. А. Царюк, А. Г. Гроссул.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМАМИ СЕРТИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИИ В ПМР.....	160
<i>Т. Г. Иванисова, Н. Н. Дмитриева.</i> ДЕЛОВАЯ РЕПУТАЦИЯ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ .....	166
<i>П. Ю. Галантюк, И. В. Голуб.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ.....	171
<i>Н. В. Зеленин.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В УЧЕТНОЙ РАБОТЕ И СФОРМИРОВАННОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СУЖДЕНИЯ БУХГАЛТЕРА НА СОСТОЯНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ .....	180

---

<i>Н. В. Зеленин.</i> ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ СУЖДЕНИЕ БУХГАЛТЕРА – ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ КАЧЕСТВА УЧЕТНОЙ РАБОТЫ И ПРОБЛЕМЫ ЕГО ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ В ПРИДНЕСТРОВЬЕ .....	186
<i>Т. В. Стаматова.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ РЫНКА МЕДИЦИНСКИХ И ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ТОВАРОВ В ПРИДНЕСТРОВЬЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....	194
<i>Т. В. Башкатова, Е. С. Багнюк, В. В. Романенко.</i> МЕНЕДЖМЕНТ КАК ИСКУССТВО УПРАВЛЕНИЯ. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ РУКОВОДИТЕЛЯ АПТЕКИ.....	199
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ .....	209
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ .....	216
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS .....	220

Научно-методический журнал

ВЕСТНИК ПРИДНЕСТРОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
Серия: **Физико-математические и технические науки**

Редакторы: *Е. Ю. Кривошеева, В. В. Дабежа*  
Компьютерная верстка *И. И. Головачук*  
Переводчик *А. А. Якубовская*

ИЛ № 06150. Сер. АЮ от 21.02.02.  
Подписано в печать 10.12.2024. Формат 70×100/16.  
Уч.-изд. л. 14,25. Усл. печ. л. 18,4 . Заказ № ???.

Изд-во Приднестр. ун-та. 3300, г. Тирасполь, ул. Мира, 18.  
*Электронное издание*