

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(63), 2019**

*Выходит три раза в год*

Тирасполь  
*Издательство  
Приднестровского  
Университета*

2019

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ:

С.И. БЕРИЛ, д-р физ.-мат. наук, проф.  
(ответственный редактор)  
И.В. ТОЛМАЧЕВА, канд. экон. наук, доц.  
(зам. ответственного редактора)  
К.Д. ЛЯХОМСКАЯ, канд. физ.-мат. наук, доц.  
(ответственный секретарь)

Ю.А. ДОЛГОВ, д-р техн. наук, проф.  
Л.Г. СЕНОКОСОВА, д-р экон. наук, проф.  
Ф.Ю. БУРМЕНКО, канд. техн. наук, доц.  
А.И. ДИКУСАР, д-р хим. наук, проф.  
А.С. СТАРЧУК, канд. физ.-мат. наук, доц.  
В.М. ИШИМОВ, 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. ДАНЕЛЮК, канд. техн. наук, доц. каф. технологии строительного производства Одесской государственной академии строительства и архитектуры  
В.И. АВЕРЧЕНКОВ, канд. техн. наук, проф., зав. каф. компьютерных технологий и систем Брянского государственного технического университета  
Т.В. ВОРОНЧЕНКО, д-р экон. наук, проф. каф. таможенных доходов и тарифного регулирования Российской таможенной академии  
Л.Б. ВАРДОМСКИЙ, д-р экон. наук, проф., руководитель Центра постсоветских исследований Института экономики Российской академии наук  
В.Т. ЕРЕМЕНКО, д-р техн. наук, проф., зав. каф. электроники и информационной безопасности Орловского государственного университета им. И.С. Тургенева  
В.А. ЩЕРБАКОВ, д-р физ.-мат. наук, проф. Института математики Академии наук Республики Молдова, проф. каф. алгебры, геометрии и методики преподавания математики Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко

**Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко.** Вестник Приднестровского университета / Приднестровский гос. ун-т. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2019

Сер.: Физико-математические и технические науки: № 3(63), 2019. – 392 с.  
E-ISSN 2345-1548

5:378.4(478-24)(082)

П 71

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

## ФИЗИКА. МАТЕМАТИКА

УДК 537.212:537.533.2

### БИПОЛЯРОННЫЕ СОСТОЯНИЯ В МОНОСЛОЕ ( $\delta$ -СЛОЕ), РАЗДЕЛЯЮЩЕМ ПОЛУБЕСКОНЕЧНЫЕ ПОЛЯРНЫЕ КРИСТАЛЛЫ

*С.И. Берил, А.С. Старчук*

*Теоретически исследовано взаимодействие двух электронов, движущихся в монослое ( $\delta$ -слое)\*, с поляризационными колебаниями примыкающих к нему с обеих сторон полярных кристаллов. Установлено, что при определенных значениях параметров кристаллов (диэлектрических проницаемостей, частот полярных оптических колебаний, эффективных масс электронов) взаимодействующие электроны в  $\delta$ -слое, образовавшие поляронные состояния, объединяются в биполяронные пары. Показано, что энергия связи биполяронных состояний лежит в интервале  $10^2 \div 10^4$  К, это, в свою очередь, позволяет реализовать высокотемпературную биполяронную сверхпроводимость\*\*.*

**Ключевые слова:** *монослой, биполяронные состояния, высокотемпературная сверхпроводимость.*

### BIPOLARONIC STATES IN A MONOLAYER ( $\delta$ -LAYER) SEPARATING SEMI-FINITE POLAR CRYSTALS

*S.I. Beryl, A.S. Starchuk*

*The interaction of two electrons moving in a monolayer ( $\delta$ -layer)\* with polarization oscillations of polar crystals adjacent to it on both sides is theoretically investigated. It is established that at certain values of crystal parameters (dielectric permittivity, frequency of polar optical oscillations, effective electron masses), interacting electrons in the  $\delta$ -layer, which formed polaron states, unite in bipolaron pairs. It is shown that the binding energy of bipolaronic states is in the interval  $10^2 \div 10^4$  K, which makes it possible to realize high-temperature bipolaronic superconductivity\*\*.*

**Keywords:** *quantum layer, bipolaronic states, high-temperature superconductivity.*

#### **Введение**

В работах [1–2] были установлены природа и механизм сверхпроводимости,

основанные на феномене возникновения элементарных возбуждений из спаренных электронов (куперовских пар). Однако в однородных и изотропных металлах

\* Шик А.Я. Полупроводниковые структуры с  $\delta$ -слоями // Физика и техника полупроводников. – 1992. – Вып. 26. – С. 1161–1181.

\*\* Высокотемпературная биполяронная сверхпроводимость впервые исследована в работе Schafroth M.R. Superconductivity of a charged in ideal Bose Gas // Phys. Rev. B. – 1955. – Vol. 100. – № 2. – P. 463–475.

температура сверхпроводящего перехода (критическая температура  $T_c$ ) оказалась очень низкой (по сравнению с температурой кипения жидкого азота). Как было показано в ряде работ, начало которым положило исследование, проведенное в [3], повышению критической температуры  $T_c$  могли бы способствовать неоднородность и анизотропия среды. В [4–8] рассматривались структуры, состоящие из металлических и диэлектрических слоев с экситонным, плазмонным и фононным механизмами возникновения электронных пар, находящихся как в одном, так и в разных слоях структуры.

Однако усиление электрон-фононного взаимодействия за счет разделения областей, в которых движутся электроны, образующие куперовские пары, и областей, в которых индуцируются поляризационные облака, дает возможность посредством подбора оптимальных геометрических (толщина) и материальных (диэлектрические проницаемости, оптические частоты) параметров обеспечить условия для формирования биполярных состояний с достаточно большими значениями энергии связи.

Возможность образования биполярных квазичастиц вследствие взаимодействия поляронов рассматривалась в [9]. В работах [10–12] биполярные состояния изучались при исследовании сверхтекучести.

Необходимо отметить, что, хотя механизмы образования биполярных и спаривания электронов в куперовские пары различаются методом описания, по сути, основой обоих эффектов является электрон-фононное взаимодействие. В работах [9, 13–15] изучены условия устойчивости биполярона в однородной среде при различных значениях силы электрон-фононного взаимодействия. Результаты исследований позволили установить, что критерий существования стабильного биполярона довольно сложный.

В [11] получены следующие критерии:

$$\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_\infty} > 20, \quad \alpha \geq 10, \quad (1)$$

где  $\varepsilon_0$  – статическая,  $\varepsilon_\infty$  – высокочастотная диэлектрические константы;  $\alpha$  – фрелиховская константа электрон-фононной связи.

В работе [15] неравенство (1) было несколько смягчено:

$$\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_\infty} > 10, \quad \alpha > 7,3. \quad (2)$$

Но даже эти условия оказались невыполнимыми для большинства полупроводниковых соединений. Поэтому существование стабильных биполярных состояний в однородных средах оставалось проблематичным.

В [16] нами было показано, что существенно более благоприятные условия для формирования полярных пар могут иметь место в слоистых структурах, особенно в композиционных многослойных структурах с квантовыми ямами, по причине, указанной выше: возможно обеспечить выбор параметров среды, в которой находятся электроны, независимо от параметров, описывающих поляризационные свойства соседних сред, обуславливающих возникновение поляронов и их спаривание в биполяроны.

Цель настоящей работы – исследовать взаимодействие двух электронов, движущихся в монослое ( $\delta$ -слое), с поляризационными колебаниями примыкающих к нему с обеих сторон полярных кристаллов.

## 1. Гамильтониан электрон-фононного взаимодействия в трехслойной структуре

Рассматривается трехслойная система (10|2|30), состоящая из двух полубесконечных полярных (10, 30) кристаллов и неполярного (2) полупроводникового слоя, расположенного между ними и имеющего

толщину  $d$  и диэлектрическую проницаемость  $\varepsilon_2$ ;  $\varepsilon_{i\infty} \equiv \varepsilon_i$  ( $i=1,3$ ) – высокочастотные диэлектрические проницаемости полярных кристаллов;  $\varepsilon_{i0}$  ( $i=1,3$ ) – статические диэлектрические проницаемости. Решение задачи о спектре колебательных возбуждений и об электрон-фононном взаимодействии в многослойных структурах с произвольным числом полярных и неполярных слоев приведено в работе [17] и в монографии [18].

Гамильтониан рассматриваемой системы с двумя электронами в слое 2 имеет вид

$$\hat{H} = \hat{K}_1 + \hat{K}_2 + V_{e_1-e_2}(|\mathbf{p}_2 - \mathbf{p}_1|, z_1, z_2) + V_{SA}(z_1, z_2) + \hat{H}_{ph}^S + \hat{H}_{e-ph}^S + V_B(z_1, z_2), \quad (3)$$

где  $\hat{K}_{1,2}$  – операторы кинетических энергий:

$$\hat{K}_n = \frac{\hat{P}_{\parallel n}^2}{2m_{\parallel}} + \frac{\hat{P}_{\perp n}^2}{2m_{\perp}}, \quad n=1,2. \quad (4)$$

Направление оси  $z$  выбрано так, чтобы оно было перпендикулярным границам слоя, начало координат помещено в центр слоя 2. Обозначения « $\parallel$ » и « $\perp$ » относятся соответственно к параллельному и перпендикулярному оси  $z$  направлениям.

Потенциальная энергия электронов, обусловленная как прямым электрон-электронным взаимодействием, так и взаимодействием каждого из электронов с быстрой поляризацией слоя и граничащих с ним кристаллов, имеет вид [19]

$$\begin{aligned} V_{e_1-e_2}(\rho, z_1, z_2) &= \\ &= \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_2} \int_0^\infty d\eta J_0(\eta\rho) \left\{ e^{-\eta|z_1-z_2|} + \right. \\ &+ \frac{2}{e^{2\eta d} - \delta_1\delta_3} [\delta_1\delta_3 \operatorname{ch} \eta(z_1 - z_2) + \\ &+ e^{\eta d} (f_1 \operatorname{ch} \eta(z_1 + z_2) + f_2 \operatorname{sh} \eta(z_1 + z_2))] \left. \right\}, \quad (5) \end{aligned}$$

где  $\varepsilon_0$  – электрическая постоянная;  $J_0(x)$  – функция Бесселя нулевого порядка;

$$\begin{aligned} \delta_{1,3} &= \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_{1,3}}{\varepsilon_2 + \varepsilon_{1,3}}; \quad f_1 = \frac{\varepsilon_2^2 - \varepsilon_1\varepsilon_3}{(\varepsilon_2 + \varepsilon_1)(\varepsilon_2 + \varepsilon_3)}; \\ f_2 &= \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_3)\varepsilon_2}{(\varepsilon_2 + \varepsilon_1)(\varepsilon_2 + \varepsilon_3)}. \quad (6) \end{aligned}$$

Потенциальная энергия каждого электрона с наведенной им быстрой поляризацией слоя и соседних кристаллов (так называемая энергия самовоздействия) может быть записана в виде [20]

$$\begin{aligned} V_{SA}(z_n) \Big|_{n=1,2} &= \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_2} \int_0^\infty d\eta \left( e^{2\eta d} - \delta_1\delta_3 \right)^{-1} \times \\ &\times \left\{ \delta_1\delta_3 + e^{2\eta d} (f_1 \operatorname{ch} 2\eta z_n + f_2 \operatorname{sh} 2\eta z_n) \right\}. \quad (7) \end{aligned}$$

В рассматриваемой трехслойной системе существуют две поверхностные поляризационные оптические моды, энергия которых описывается оператором [18]:

$$\hat{H}_{ph} = \sum_{\mathbf{q}, s=1,2} \hbar\Omega_s \hat{b}_{s,\mathbf{q}}^+ \hat{b}_{s,\mathbf{q}}, \quad (8)$$

где

$$\Omega_{1,2}^2 = \frac{1}{2} p_1 \pm \sqrt{\frac{1}{4} p_1^2 - p_2}; \quad (9)$$

$$\begin{aligned} p_1 &= \frac{1}{B} \left\{ \omega_1^2 \left[ \varepsilon_2^2 + \hat{\varepsilon}_2 (\varepsilon_3 + \varepsilon_{10}) + \varepsilon_3 \varepsilon_{10} \right] + \right. \\ &+ \omega_3^2 \left[ \varepsilon_2^2 + \hat{\varepsilon}_2 (\varepsilon_1 + \varepsilon_{30}) + \varepsilon_3 \varepsilon_{10} \right]; \quad (10a) \end{aligned}$$

$$p_2 = \frac{\omega_1^2 \omega_3^2}{\tilde{B}} \left[ \varepsilon_2^2 + \hat{\varepsilon}_2 (\varepsilon_{10} + \varepsilon_{30}) + \varepsilon_{30} \varepsilon_{10} \right]; \quad (10б)$$

$$\tilde{B} = \varepsilon_2^2 + \hat{\varepsilon}_2 (\varepsilon_1 + \varepsilon_3) + \varepsilon_1 \varepsilon_3; \quad (11a)$$

$$\hat{\varepsilon}_2 = \varepsilon_2 \operatorname{cth} 2\eta d. \quad (11б)$$

В соответствии с граничными условиями, полученными в работах [17, 18], электроны взаимодействуют в слое только с поверхностными оптическими модами полярных сред, оператор взаимодействия с которыми имеет вид

$$\begin{aligned} & \hat{H}_{ph}^s = \\ & = \sum_{\eta, n=1,2} C(\eta) e^{i\eta\rho} \left\{ [B_1 K_{13,22} + B_2 K_{13,24} F_{21}] \operatorname{ch} \eta z_n + \right. \\ & + [B_1 K_{23,22} + B_2 K_{23,24} F_{21}] \operatorname{sh} \eta z_n (\hat{b}_{1,-\eta}^+ + \hat{b}_{1,\eta}) + \\ & + [B_3 K_{13,22} F_{12} + B_4 K_{13,24}] \operatorname{ch} \eta z_n + \\ & \left. + [B_3 K_{23,22} F_{12} + B_4 K_{23,24}] \operatorname{sh} \eta z_n (\hat{b}_{2,-\eta}^+ + \hat{b}_{2,\eta}) \right\}, \end{aligned} \quad (12)$$

где

$$C(\eta) = \frac{e\sqrt{\hbar}}{4\sqrt{\varepsilon_0 \eta L_x L_y \operatorname{sh}\left(\frac{\eta d}{2}\right)}}; \quad (13)$$

$$B_{1,2} = \frac{\omega_{1,3} \sqrt{2(\varepsilon_{1,30} - \varepsilon_{1,3})}}{\sqrt{\Omega_1 (1 + F_{21}^2)}}; \quad (14)$$

$$B_{3,4} = \frac{\omega_{1,3} \sqrt{2(\varepsilon_{1,30} - \varepsilon_{1,3})}}{\sqrt{\Omega_2 (1 + F_{12}^2)}};$$

$$K_{13,22} = -\frac{\operatorname{th} \frac{\eta d}{2}}{\tilde{B}} \left( \varepsilon_3 \operatorname{cth} \frac{\eta d}{2} + \varepsilon_3 \right); \quad (15)$$

$$K_{23,22} = \frac{\varepsilon_2 \operatorname{th} \frac{\eta d}{2} + \varepsilon_3}{\tilde{B}};$$

$$K_{13,24} = -\frac{\operatorname{th} \frac{\eta d}{2}}{\tilde{B}} \left( \varepsilon_2 \operatorname{cth} \frac{\eta d}{2} + \varepsilon_1 \right); \quad (16)$$

$$K_{23,24} = \frac{\varepsilon_2 \operatorname{th} \frac{\eta d}{2} + \varepsilon_1}{\tilde{B}};$$

$$F_{12} = -\frac{\omega_1 \omega_3 \varepsilon_2 \sqrt{\varepsilon_{10} - \varepsilon_1} \cdot \sqrt{\varepsilon_{30} - \varepsilon_3}}{\operatorname{sh} \eta d \left[ \tilde{B} \Omega_2^2 - \omega_1^2 \left[ \varepsilon_2^2 + \hat{\varepsilon}_2 (\varepsilon_3 + \varepsilon_{10}) + \varepsilon_{10} \varepsilon_{30} \right] \right]}; \quad (17)$$

$$F_{21} = -\frac{\omega_1 \omega_3 \varepsilon_2 \sqrt{\varepsilon_{10} - \varepsilon_1} \cdot \sqrt{\varepsilon_{30} - \varepsilon_3}}{\operatorname{sh} \eta d \left[ \tilde{B} \Omega_1^2 - \omega_3^2 \left[ \varepsilon_2^2 + \hat{\varepsilon}_2 (\varepsilon_1 + \varepsilon_{30}) + \varepsilon_{10} \varepsilon_{30} \right] \right]}. \quad (18)$$

Потенциальная энергия электронов в прямоугольной яме с бесконечно высокими барьерами равна

$$V_B(z_n) \Big|_{n=1,2} = \begin{cases} 0, & -\frac{d}{2} < z_n < \frac{d}{2}; \\ \infty, & z_n \leq -\frac{d}{2}; z_n \geq \frac{d}{2}. \end{cases} \quad (19)$$

## 2. Энергия основного состояния биполярона

Рассмотрим квазидвумерную ситуацию как альтернативную трехмерной (объемной). Будем считать, что толщина  $d$  слоя 2 столь мала, что энергия размерного квантования намного больше энергии фононов и электрон-фононного взаимодействия. В этом приближении движение электрона вдоль оси  $z$  может рассматриваться как быстрое и волновые функции могут быть выбраны в виде, описывающем основное размерно-квантованное состояние:

$$\psi(z_1, z_2) = \frac{2}{d} \cos\left(\frac{\pi z_1}{d}\right) \cos\left(\frac{\pi z_2}{d}\right). \quad (20)$$

После усреднения гамильтониана (3) на волновой функции (20) мы исключаем переменные  $z_1$  и  $z_2$  и получаем «квазидвумерную» задачу с гамильтонианом

$$\hat{H}_1(\rho) = \langle \psi(z_1, z_2) | \hat{H}_1(\rho, z_1, z_2) | \psi(z_1, z_2) \rangle. \quad (21)$$

Поместим начало системы координат  $XOY$  в центр масс двухэлектронной системы (радиус-векторы электронов соответственно обозначим  $\rho_1$  и  $\rho_2$ ). Таким образом, развитая теория описывает локализованные состояния биполярона.

Выполним унитарное преобразование:

$$\hat{H}_2(\rho) = U_1^{-1} \hat{H}_1 U_1, \quad (22)$$

где оператор преобразования имеет вид

$$U_1 = \exp \left\{ \sum_{\mathbf{n}, s} f(\mathbf{n}, \boldsymbol{\rho}_1, \boldsymbol{\rho}_2) \hat{b}_{s, \mathbf{q}}^+ \hat{b}_{s, \mathbf{q}} \right\}. \quad (23)$$

Здесь  $f(\mathbf{n}, \boldsymbol{\rho}_1, \boldsymbol{\rho}_2)$  – вариационные амплитуды смещения операторов фоновых мод.

При усреднении полученного гамильтониана  $\hat{H}_2$  по фоновому вакууму  $|\varphi_0\rangle$  получим эффективный гамильтониан, не содержащий фоновых переменных:

$$\hat{H}_s(\boldsymbol{\rho}_1, \boldsymbol{\rho}_2) = \langle \varphi_0 | \hat{H}_2 | \varphi_0 \rangle. \quad (24)$$

Выберем вариационные амплитуды смещения в формуле (23) в виде, аналогичном [16]

$$f(\mathbf{n}, \boldsymbol{\rho}_1, \boldsymbol{\rho}_2) = \frac{C(\eta) F_s(\eta)}{\hbar \Omega_s} \times \left\{ \frac{e^{i\mathbf{n}\boldsymbol{\rho}_1} + e^{i\mathbf{n}\boldsymbol{\rho}_2}}{1 + \eta^2 R_s^2} + \frac{\lambda}{(1 + \eta^2 R_s^2 \beta^2)^2} \right\}, \quad (25)$$

где  $\lambda$  и  $\beta$  – вариационные параметры.

При  $\lambda = 0$  функция  $f(\mathbf{n}, \boldsymbol{\rho}_1, \boldsymbol{\rho}_2)$  принимает форму амплитуды Хакена с учетом специфического характера рассматриваемой системы. Множитель  $F_s$  находится из этого условия и имеет вид

$$F_1(\eta) = \frac{\pi^2 \operatorname{sh} \left( \frac{\eta d}{2} \right) [B_1 K_{13,22} + B_2 F_{21} K_{13,24}]}{\frac{\eta d}{4} \left( \frac{\eta^2 d^2}{16} + \pi^2 \right) \sqrt{\hbar \Omega_1}}; \quad (26a)$$

$$F_2(\eta) = \frac{\pi^2 \operatorname{sh} \left( \frac{\eta d}{2} \right) [B_3 K_{13,22} F_{12} + B_4 K_{13,24}]}{\frac{\eta d}{4} \left( \frac{\eta^2 d^2}{16} + \pi^2 \right) \sqrt{\hbar \Omega_2}}. \quad (26b)$$

Второе слагаемое в формуле (25) введено в работах [15, 21, 22], согласно

теории объемных биполярных и экситонных состояний с целью более точного описания распределения медленной поляризации, индуцированной полем двухзарядовой системы: электрон и дырка в экситоне или два электрона в биполяроне. В [17] показано, что вариационный параметр  $\lambda$  описывает величину поляризационного заряда, возникающего в двухэлектронной системе в дополнение к поляронному и локализованному вблизи центра масс, а вариационный параметр  $\beta$  учитывает размеры области, в которой распределен заряд. Теперь запишем эффективный гамильтониан:

$$\hat{H}_{eff}(\boldsymbol{\rho}, \boldsymbol{\rho}_1, \boldsymbol{\rho}_2) = E_0(d) - \frac{\hbar^2}{2m_{\perp}} \Delta_1 - \frac{\hbar^2}{2m_{\perp}} \Delta_2 + W_{eff}(\boldsymbol{\rho}, d) + W_p(\boldsymbol{\rho}_1, \boldsymbol{\rho}_2, d) + E_p(d). \quad (27)$$

Слагаемое

$$E_0(d) = \frac{\pi^2 \hbar^2}{m_{\parallel} d^2} + \langle V_{SA} \rangle$$

включает в себя энергию основного уровня размерного квантования

$$\left\langle \Psi(z_1, z_2) \left[ \left[ -\frac{\hbar^2}{2m_{\parallel}} \left( \frac{\partial^2}{\partial z_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial z_2^2} \right) \right] \right] \varphi(z_1, z_2) \right\rangle = \frac{\pi^2 \hbar^2}{m_{\parallel} d^2} \quad (28)$$

и энергию самовоздействия

$$\langle V_{SA} \rangle \equiv \langle \varphi(z_1, z_2) | V_{SA}(z_1, z_2) | \varphi(z_1, z_2) \rangle = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{\epsilon_2 d} \int_0^{\infty} dx \frac{1}{e^{2x} - \delta_1 \delta_3} \times \left\{ \delta_1 \delta_3 + f_1 \frac{\pi^2 e^x \operatorname{sh} x}{x(x^2 + \pi^2)} \right\}. \quad (29)$$

Слагаемое  $W_{eff}(\boldsymbol{\rho}, d)$  включает в себя энергию  $V_{e_1, e_2}(\boldsymbol{\rho}, d)$  (выражение (5)),

усредненную по волновой функции (20), и независящий от  $\lambda$  вклад электрон-фононного взаимодействия, возникающий в результате взаимодействия каждого из электронов с полярной поляризацией другого электрона и взаимодействия полярных поляризаций между собой:

$$W_{eff}(\rho, d) = V_{e_1, e_2}(\rho, d) - \frac{e^2}{16\pi\epsilon_0 d} \int_0^\infty J_0\left(\frac{x\rho}{d}\right) \{F_1^2(x)a_{11}(a_{11}-2) + F_2^2(x)a_{12}(a_{12}-2)\} dx, \quad (30)$$

$$\text{где } a_{1s}(x) = \frac{1}{1 + \frac{R_s^2 x^2}{d^2}}, \quad s=1,2. \quad (31)$$

Рассмотрим различные предельные случаи, допускающие получение  $W_{eff}(\rho, d)$  в аналитическом виде.

1. В пределе  $d \rightarrow 0$ ,  $\epsilon_{30} = \epsilon_3$  (один из кристаллов является неполярным) из выражения (30) получаем

$$W_{eff}^{2D}(\rho, d \rightarrow 0) = \frac{e^2}{2\pi\epsilon_0(\epsilon_1 + \epsilon_3)\rho} + \frac{e^2}{2\pi\epsilon_0 R_s} \left( \frac{1}{\epsilon_1 + \epsilon_3} - \frac{1}{\epsilon_{10} + \epsilon_3} \right) \times \int_0^\infty J_0\left(\frac{\rho x}{R_s}\right) \left( \frac{x^2 - 1}{x^2 + 1} \right) dx. \quad (32)$$

Интегрируя выражение (32), получаем

$$W_{eff}^{2D} = \frac{e^2}{2\pi\epsilon_0(\epsilon_1 + \epsilon_3)\rho} + \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 R_s} \left( \frac{1}{\epsilon_1 + \epsilon_3} - \frac{1}{\epsilon_{10} + \epsilon_3} \right) \times \left\{ -\frac{3\pi}{4} \left[ I_0\left(\frac{\rho}{R_s}\right) - L_0\left(\frac{\rho}{R_s}\right) \right] + \frac{\rho}{R_s} - \frac{\pi\rho}{8R_s} \left[ I_1\left(\frac{\rho}{R_s}\right) - L_1\left(\frac{\rho}{R_s}\right) \right] \right\}, \quad (33)$$

где  $R_s = (\hbar / (2m_\perp \Omega_s))^{1/2}$  – радиус полярона;  $I_n(x)$ ,  $L_n(x)$ ,  $n=0,1$  – модифицированные функции Бесселя и Струве соответственно.

Этот предел был исследован нами в работе [23].

2. Особый интерес представляет случай  $d \rightarrow 0$ , когда биполярон образуется на контакте двух полярных кристаллов в монослое ( $\delta$ -слое). В этом случае реализуется сильная связь локализованных в  $\delta$ -слое электронов с поверхностными оптическими колебаниями.

Полагая оба полярных кристалла одинаковыми, т. е.  $\epsilon_1 = \epsilon_3 \equiv \tilde{\epsilon}$ ,  $\epsilon_{10} = \epsilon_{30} \equiv \tilde{\epsilon}_0$ , получаем следующее выражение для потенциальной энергии электрон-электронного взаимодействия с учетом его динамического экранирования поверхностными поляризационными оптическими колебаниями полярных кристаллов:

$$W_{eff}^{2D} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \tilde{\epsilon} \rho} + \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 R_s} \left( \frac{1}{\tilde{\epsilon}} - \frac{1}{\tilde{\epsilon}_0} \right) \int_0^\infty J_0\left(\frac{\rho x}{R_s}\right) \left( \frac{x^2 - 1}{x^2 + 1} \right) dx. \quad (34)$$

Интегрируя, получим

$$W_{eff}^{2D} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \tilde{\epsilon} \rho} + \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 R_s} \left( \frac{1}{\tilde{\epsilon}} - \frac{1}{\tilde{\epsilon}_0} \right) \left\{ -\frac{3\pi}{4} \left[ I_0\left(\frac{\rho}{R_s}\right) - L_0\left(\frac{\rho}{R_s}\right) \right] + \frac{\rho}{2R_s} - \frac{\pi\rho}{8R_s} \left[ I_1\left(\frac{\rho}{R_s}\right) - L_1\left(\frac{\rho}{R_s}\right) \right] \right\}. \quad (35)$$

Графики функции (33), построенные для контактов кристаллов  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  и  $\text{BaO}$  (рис. 1, табл. 1) с вакуумом для  $m_e^* = m_0$ , показывают, что в пределах  $\rho \ll R_s$  и  $\rho \gg R_s$  взаимодействие между электронами имеет отталкивательный ха-



рактир, но в определенном интервале значений отношения  $\rho / R_s$ , отталкивание сменяется притяжением. Анализ аналогичного выражения для массивного кристалла, полученного Хакеном в работе [24],

$$W_{eff}^{3D}(r) = \frac{e^2}{\tilde{\epsilon} r} - \frac{e^2}{r} \left( \frac{1}{\tilde{\epsilon}} - \frac{1}{\tilde{\epsilon}_0} \right) \left\{ 1 - \frac{1}{2} \left( e^{-\frac{r}{R_{V1}}} + e^{-\frac{r}{R_{V2}}} \right) \right\} \quad (36)$$

показывает, что ни при каких значениях параметров  $\epsilon$ ,  $\epsilon_p$  (безынерционная и статическая диэлектрические проницаемости соответственно)  $W_{eff}^{3D}(r)$  как функция  $r$  не изменяет своего знака ( $R_{V_{1,2}} = (\hbar / (2m_{e_{1,2}}^* \omega_0))^{1/2}$ ).

Таким образом, возникновение притяжения между одноименными свободными зарядами через наведенную медленную поляризацию имеет место лишь в пространственно неоднородных системах, в которых возможно разделение областей с носителями зарядов и областей с поляризациями, вследствие которого осуществляется связывание носителей в пары и образование биполяронов.

3. В общем случае, когда полярные кристаллы являются различными, а слой между ними имеет конечную толщину  $d$ , расчет профиля потенциала следует выполнять по общим формулам (30)–(31).

Возникновение тенденции к уменьшению отталкивания на расстояниях между электронами порядка их поляронных радиусов является важным фактором образования биполяронов.

Слагаемое

$$W_p(\rho_1, \rho_2, d) = \sum_{l=1,2} |C(\eta) F_s(\eta)|^2 (2a_{1s} - 1) 2a_{2s} \cos(\eta \rho_l), \quad (37)$$

пропорциональное  $a_{2s}$ , определяется вторым слагаемым в формуле (25). Оно опи-

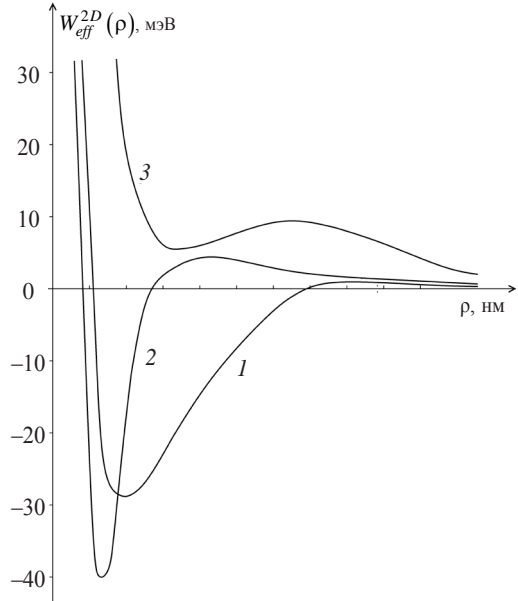


Рис. 1. Графики зависимостей  $W_{eff}^{2D}(\rho)$  для контактов кристаллов SrTiO<sub>3</sub> (кривая 1), TiO<sub>2</sub> (кривая 2) и BaO (кривая 3) с вакуумом для  $m_e^* = m_0$

Таблица 1  
Значения параметров кристаллических сред, образующих контакт

Параметр	Материал		
	SrTiO <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	BaO
$\epsilon_{10}$	1000	170	34
$\epsilon_1$	5	6	4
$\omega_1, 10^{13} \text{с}^{-1}$	1,42	2,42	3,3

сывает потенциальную энергию электрона с дополнительным поляризационным зарядом, индуцированным совместным действием обоих электронов (и отсутствующим в одноэлектронной системе) и расположенным в области центра масс двух-электронной системы.

Поскольку знак дополнительного заряда противоположен знаку электронов, а расстояние между ним и электронами меньше расстояния между электронами,  $W_p(\rho_1, \rho_2, d)$  вносит определенный вклад в эффект поляронного спаривания и образование биполярона.

Для контакта полярного кристалла с вакуумом плотность суммарного поверхностного заряда можно найти по формуле

$$\begin{aligned} \sigma(\mathbf{\rho}) &= 2\varepsilon_0 E_z|_{z=0} = -2\varepsilon_0 \left. \frac{\partial V_p}{\partial z} \right|_{z=0} = \\ &= \frac{e(\varepsilon_{10} - \varepsilon_1)}{2\pi(\varepsilon_1 + 1)(\varepsilon_{10} + 1)} \times \\ &\times \int_0^\infty \eta d\eta e^{-\eta z_0} \left( \frac{\lambda_1}{(1 + \beta_1^2 R_s^2 \eta^2)} [J_0(\eta|\mathbf{\rho}_1 - \mathbf{\rho}| + \right. \\ &\left. + J_0(\eta|\mathbf{\rho}_2 - \mathbf{\rho}|)] + \frac{\lambda_2 J_0(\eta\rho)}{(1 + \eta^2 \rho^2)^2} \right), \end{aligned} \quad (38)$$

где  $V_p$  – потенциал поля поляризации;  $z_0$  – расстояние от плоскости, в которой находятся электроны, до контакта;  $\mathbf{\rho} = (x, y)$  – радиус-вектор в плоскости контакта, отсчитываемый от центра масс электронов;

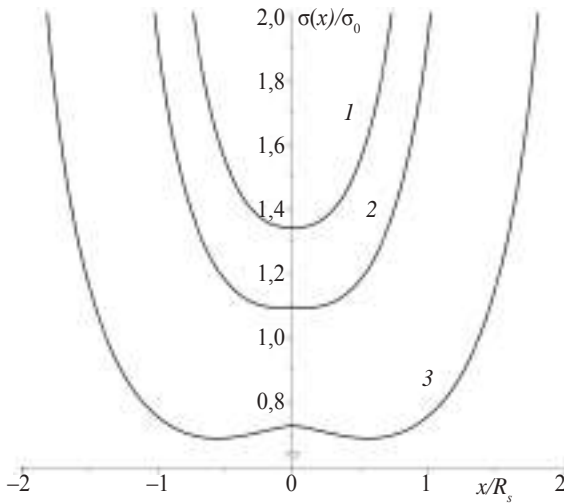


Рис. 2. Зависимость поверхностной плотности индуцированного заряда от координаты вдоль прямой, на которой находятся электроны. Плотность индуцированного заряда рассчитана по формуле (39) и выражена в единицах  $\sigma_0 = e(\varepsilon_{10} - \varepsilon_1) / (4\pi(\varepsilon_1 + 1)(\varepsilon_{10} + 1)R_s^2)$ , координата  $x$  – в единицах  $R_s$ . Кривая 1 соответствует расстоянию между электронами, вдвое превышающему  $R_s$ , кривая 2 –  $2,5R_s$ , кривая 3 –  $4R_s$ .

$\mathbf{\rho}_1, \mathbf{\rho}_2$  – двумерные радиус-векторы электронов;  $\lambda_1, \lambda_2, \beta_1, \beta_2$  – вариационные параметры.

Полагая  $\lambda_1 = \lambda_2 = \beta_1 = \beta_2 = 1, z_0 = 0$  и проводя интегрирование, получим явное выражение для  $\sigma(\mathbf{\rho})$ :

$$\begin{aligned} \sigma(\mathbf{\rho}) &= \frac{e(\varepsilon_{10} - \varepsilon_1)}{4\pi(\varepsilon_1 + 1)(\varepsilon_{10} + 1)R_s^2} \times \\ &\times \left\{ 2 \left[ K_0 \left( \frac{|\mathbf{\rho}_1 - \mathbf{\rho}|}{R_s} \right) + K_0 \left( \frac{|\mathbf{\rho}_2 - \mathbf{\rho}|}{R_s} \right) \right] + \right. \\ &\left. + \frac{\rho}{R_s} K_1 \left( \frac{\rho}{R_s} \right) \right\}. \end{aligned} \quad (39)$$

Здесь  $K_0(x), K_1(x)$  – функции Мак-Дональда.

Зависимости плотности индуцированного заряда от координаты  $x$ , взятой вдоль оси, на которой расположены электроны, показывают, что у поверхности полярных кристаллов возникают дополнительные положительные заряды (рис. 2, 3).

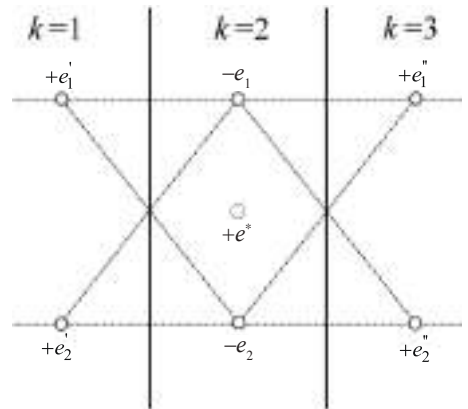


Рис. 3. Образование индуцированных зарядов в трехслойной системе. Здесь  $-e_1, -e_2$  – электроны, расположенные в среднем слое;  $+e_1', +e_1'', +e_2', +e_2''$  – заряды изображения, индуцированные электронами в соседних средах;  $+e^*$  – центр индуцированного положительного заряда

Интегрирование выражения (39) по  $\rho$  дает величину эффективного электрического заряда  $e^*$ , индуцированного электронами:

$$e^* = \frac{e(\varepsilon_{10} - \varepsilon_1)}{(\varepsilon_1 + \varepsilon_3)(\varepsilon_{10} + \varepsilon_3)}. \quad (40)$$

Не зависящая от координат часть потенциальной энергии

$$E_p(d) = \sum_{\eta, s} |C(\eta)F_s(\eta)|^2 \times \\ \times (2a_{1s}^2 - 4a_{1s} + 2a_{1s}^2 R_s^2 \eta^2 + a_{2s}^2) \quad (41)$$

учитывает поляронный эффект, т. е. энергию взаимодействия каждого из электронов с созданной им поляризацией и энергию упруго деформированной решетки.

Вариационная волновая функция электронной пары выбирается в виде

$$\varphi(\rho) = 2(3\pi)^{-1/2} \gamma^2 \rho e^{-\gamma\rho}, \quad (42)$$

где  $\gamma$  – вариационный параметр.

Энергию основного состояния биполярона найдем путем минимизации вариационного функционала энергии:

$$E(\gamma, \beta, \lambda) = \langle \varphi(\rho) | \hat{H}(\rho, \rho_1, \rho_2, d) | \varphi(\rho) \rangle. \quad (43)$$

Энергия связи биполярона определяется выражением

$$W_b = E_b - 2E_p, \quad (44)$$

где  $E_b$  – минимальное значение  $E(\gamma, \beta, \lambda)$ , т. е. энергия биполяронной системы;  $E_p$  – энергия отдельного полярона. При  $d \rightarrow 0$  и  $\gamma \rightarrow \infty$  для  $E_p$  получаем выражение

$$E_p = -\frac{\pi}{2} \sum_{s=1,2} \alpha_s \hbar \Omega_s. \quad (45)$$

### 3. Результаты расчетов и выводы

Обсудим результаты расчетов. Отметим, что выполнение критериев континуального приближения, принятого в разработанной теории, накладывает определенные ограничения на значения материальных параметров кристаллов и вариационных параметров  $\gamma$ ,  $\beta$ ,  $R_s$ . При уменьшении параметра  $\beta$  энергия взаимодействия индуцированного заряда  $e^*$  с электронами увеличивается вследствие усиления локализации дополнительного заряда (уменьшения  $\beta R_s$ ). Снижение энергии связи биполярона  $W_b$  ограничено повышением упругой энергии, пропорциональной  $a_s^2$ . Расчет показывает, что прохождение через минимум  $W_b$  осуществляется при  $\beta \approx 0,1-0,2$ , т. е. когда радиус дополнительного заряда  $\beta R_s$  становится намного меньше, чем радиус полярона  $R_s$ , поэтому при  $R_s \leq 10$  нм критерий применимости континуального приближения нарушается. В этом случае для проведения качественных оценок  $W_b$  можно зафиксировать  $\beta = a_0 / R_s$ , где  $a_0$  – постоянная решетки, и проводить минимизацию только по двум параметрам:  $\gamma$  и  $\lambda$ .

Нами были вычислены путем минимизации функционала  $E(\gamma, \lambda, \beta)$  по параметрам  $\gamma$ ,  $\lambda$ ,  $\beta$  значения биполяронной энергии связи на контакте вакуум – полярный кристалл и контакте двух полярных кристаллов ( $d \rightarrow 0$ ,  $\delta$ -слой) (табл. 2). Значения параметров контакта, использованные в расчетах, приведены в табл. 1. Для расчетов были выбраны кристаллы с достаточно большими значениями отношения  $\tilde{\varepsilon}_0 / \tilde{\varepsilon}$ . Как оказалось, для всех случаев, в которых  $\beta_{min} R_s < a_0$ , где параметр  $\beta$  не изменялся,  $\beta R_s$  находилось в диапазоне от 0,5 до 0,6 нм. Результаты аналогичных расчетов для трехслойных систем приведены в табл. 3.

Таблица 2

Результаты расчета биполарной энергии связи на контакте, полученные путем минимизации функционала  $E(\gamma, \lambda, \beta)$

Материалы	$\frac{m_e^*}{m_0}$	$R_s, \text{ \AA}$	$\gamma^{-1}, \text{ \AA}$	$\lambda$	$\beta$	$2E_p, \text{ мэВ}$	$\Sigma_p, \text{ мэВ}$	$E_k, \text{ мэВ}$	$\langle W_{эфф} \rangle, \text{ мэВ}$	$\langle W_p \rangle, \text{ мэВ}$	$\langle W_b \rangle, \text{ мэВ}$
Вакуум – SrTiO <sub>3</sub>	1	5,61	5,46	1,04	1	-1377,6	-1136,7	84,75	-43,94	-477,8	-196,0
Вакуум – TiO <sub>2</sub>	1	3,01	3,75	0,89	1	-2123,2	-1861,3	179,1	-32,69	-522,0	-112,7
Вакуум – BaO	1	8,13	9,37	0,94	1	-983,8	-848,8	28,7	77,9	-270,6	-29,1
Вакуум – TiCl	1	8,38	10,1	0,92	1	-768,4	-666,8	24,7	67,6	-200,5	-6,6
SrTiO <sub>3</sub> – TiO <sub>2</sub>	1	5,91	5,45	1,25	0,8	-709,6	-493,0	84,9	-13,7	-423,8	-135,9
SrTiO <sub>3</sub> – TiO <sub>2</sub>	0,1	18,7	12,9	1,85	0,4	-224,4	75,6	169,7	16,9	-594,1	-107,5
SrTiO <sub>3</sub> – BaO	1	5,97	5,19	1,29	0,8	-858,9	-575,8	95,1	-8,1	-553,1	-186,9
SrTiO <sub>3</sub> – BaO	0,25	11,9	6,46	2,09	0,4	-429,5	303,3	241,9	70,3	-1465,5	-420,0
SrTiO <sub>3</sub> – BaO	0,1	18,9	10,2	2,09	0,4	-271,6	191,8	240,9	44,1	-925,8	-177,3

Таблица 3

Результаты расчета энергии связи биполарных состояний в квантовых ямах ( $\epsilon_2 = 2$ )

Материалы	$\frac{m_e^*}{m_0}$	$d, \text{ нм}$	$R_s, \text{ \AA}$	$\alpha_s$	$\gamma^{-1}, \text{ нм}$	$\lambda$	$\beta$	$2E_p, \text{ мэВ}$	$\Sigma_p, \text{ мэВ}$	$\langle E_k \rangle, \text{ мэВ}$	$\langle W_p \rangle, \text{ мэВ}$	$\langle W_b \rangle, \text{ мэВ}$	$\langle W_{эфф} \rangle, \text{ мэВ}$
TiO <sub>2</sub>  КЯ BaO	0,1	1,5	22,4	0,83	1,83	1,14	0,14	-123,2	22,3	75,6	-290,0	-3,6	65,3
TiO <sub>2</sub>  КЯ BaO	0,1	1,3	22,2	0,83	1,52	1,34	0,13	-129,0	96,3	109,2	-450,4	-24,7	91,2
BaO КЯ TiCl	0,1	2,0	28,43	0,98	2,25	1,24	0,13	-93,3	39,5	49,6	-268,9	-7,3	73,2
BaO КЯ TiCl	0,1	1,5	28,43	0,98	1,67	1,57	0,12	-102,2	157,9	90,9	-521,8	-54,3	166,6
TiCl КЯ TiCl	0,1	2,0	45,3	1,43	2,01	1,79	0,10	-60,3	167,9	62,3	-458,8	-62,5	105,8

Как уже отмечалось ранее, условие  $W_{eff} < 0$  не является обязательным для возникновения биполяронов. Из результатов расчета (см. табл. 2) следует, что в стабильном биполяронном состоянии, как правило,  $W_{eff} > 0$ .

При расчете энергии связи биполярона в слое ( $d \neq 0$ ) объем вычислений существенно увеличивается, поэтому в табл. 3 значения всех полученных вариационных параметров указаны только для некоторых толщин, а на рис. 4 приведены зависимости энергии связи биполярона в трехслойной системе от толщины квантовой ямы (КЯ). Поскольку в многослойных структурах матричные элементы электрон-фононного взаимодействия не являются постоянными (согласно формуле (12) они являются функциями координаты  $z$ ), предельные значения ( $d \rightarrow 0$ ) согласно формуле (45) принимаются за количественную характеристику силы электрон-фононной связи.

Результаты выполненных расчетов позволяют сделать следующие выводы. Для реальных значений параметров двух- и трехслойных структур величина энергии связи биполярона лежит в интервале от десятков до сотен миллиэлектронвольт. Это означает, что биполяроны могут существовать при температурах от  $10^2$  до  $10^3$  К. Взаимодействие электронов с дополнительным поляризационным зарядом, расположенным вблизи центра масс системы, играет главную роль в формировании биполяронных состояний. Спариванию способствует ослабление отталкивания между электронами, которое при благоприятном соотношении параметров кристаллов переходит в притяжение. Энергия связи биполярона увеличивается с уменьшением толщины слоев ( $d/R_s \leq 1$ ). Довольно большие значения  $W_b$  получаются даже при  $d/R_s \sim 0,5$  (например, на рис. 4 кривая 4,  $d \approx 1,3$  нм). Максимальное значение энергии связи получено для полярона, возникающего в  $\delta$ -слое ( $d \rightarrow 0$ ).

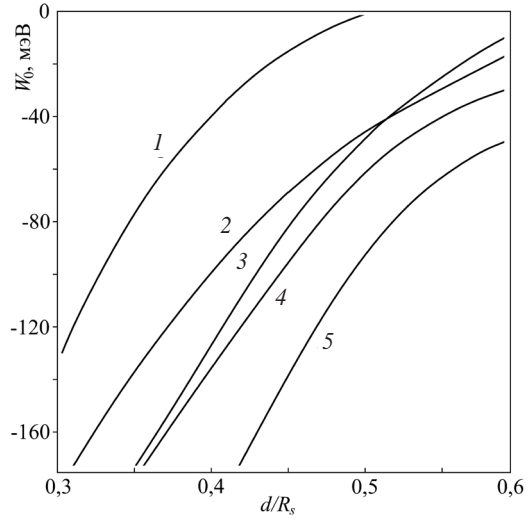


Рис. 4. Зависимость энергии связи биполярона от толщины квантовой ямы. Кривая 1 построена для структуры  $\text{SrTiO}_3$  – КЯ –  $\text{BaTiO}_3$  ( $\alpha_s = 0,44$ ;  $R_s = 1,12$  нм); кривая 2 – для  $\text{SrTiO}_3$  – КЯ –  $\text{TiCl}$  ( $\alpha_s = 0,77$ ;  $R_s = 20,1$  нм); кривая 3 – для  $\text{TiO}_2$  – КЯ –  $\text{BaO}$  ( $\alpha_s = 0,83$ ;  $R_s = 22,2$  нм); кривая 4 – для  $\text{BaO}$  – КЯ –  $\text{TiCl}$  ( $\alpha_s = 0,98$ ;  $R_s = 28,4$  нм); кривая 5 – для  $\text{SrTiO}_3$  – КЯ –  $\text{KF}$  ( $\alpha_s = 1,08$ ;  $R_s = 18,0$  нм)

Поскольку эффективное значение константы электрон-фононного взаимодействия  $\alpha_s \approx 1$ , развитая теория, относящаяся к области промежуточной связи, должна оставаться точной и давать хорошие результаты.

Представляется интересным провести аналогию между кристаллической структурой слоистых высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП), с одной стороны, и кристаллической структурой композиционной сверхрешетки, с другой. Она состоит в том, что слои  $\text{CuO}$  в сверхпроводнике соответствуют проводящим полупроводниковым слоям в сверхрешетке, а слои  $\text{BaO}$  (например, в ВТСП-соединении  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ) выступают в качестве полярных кристаллических слоев в сверхрешетке. В рамках этой аналогии на основе выполненных расчетов можно утверждать, что такие моды колебаний в

ВТСП-материалах, которые в макроскопическом пределе являются «поверхностными волнами», должны играть важную роль в эффекте электронного спаривания и образования биполярона. Для доказательства такого механизма спаривания в соединениях, обладающих высокотемпературной сверхпроводимостью, необходимы специальные экспериментальные и теоретические исследования спектров колебаний этих соединений для выявления в них колебательных возбуждений со специфическими предельными свойствами. Хотя экспериментальные исследования моделей многослойных структур перспективного типа проводились очень ограниченно, существуют экспериментальные доказательства того, что при переходе от однородных образцов (PbTe, PbS, PbSe) к многослойным структурам на их основе [25] критическая температура перехода в сверхпроводящее состояние значительно возрастает.

### Цитированная литература

1. **Bardeen J., Cooper L.N., Schrieffer J.R.** Microscopic Theory of Superconductivity. Phys. Rev. – 1957. – Vol. 106. – P. 162–164; Theory of Superconductivity Phys. Rev. – 1957. – Vol. 108. – P. 1175–1109.
2. **Боголюбов Н.Н., Толмачев В.В., Ширков Д.В.** Новое приближение в теории сверхпроводимости. – М.: Физматгиз, 1958.
3. **Little W.A.** Possibility of Synthesizing an Organic Superconductor // Phys. Rev. – 1964. – Vol. 134. – P. A1416–A1425.
4. **Гинзбург В.Л., Киржниц Д.А.** К вопросу о высокотемпературной и поверхностной сверхпроводимости // Докл. Акад. наук СССР. – 1967. – № 176. – С. 553–555.
5. **Гинзбург В.Л.** Проблема высокотемпературной сверхпроводимости // УФН. – 1968. – Т. 95. – С. 91–95.
6. **Гинзбург В.Л.** Проблема высокотемпературной сверхпроводимости. II // УФН. – 1970. – Т. 101. – С. 185–215.
7. **Allender D., Bray Y., Bardeen J.** Model for an Exciton Mechanism of Superconductivity // Phys. Rev. B. – 1973. – Vol. 7. – P. 1020–1028.
8. **Phillips J.C.** Superconductivity Mechanisms and Covalent Instabilities // Phys. Rev. Lett. – 1972. – Vol. 29 – P. 1551–1555.
9. **Пекар С.И.** Исследования по электронной теории кристаллов. – М.: Гостехиздат, 1951.
10. **Гинзбург В.Л.** Современное состояние теории сверхпроводимости. II. Микроскопическая теория // УФН. – 1952. – Т. 48. – С. 25–118.
11. **Винецкий В.Л., Пашицкий Э.А.** Сверхтекучесть заряженного бозе-газа и биполяронный механизм сверхпроводимости // Украинский физический журнал. – 1974. – № 20. – С. 338–341.
12. **Винецкий В.Л., Гитерман М.Ш.** К теории взаимодействия «лишних» зарядов в ионных кристаллах // ЖЭТФ. – 1957. – Т. 33. – С. 730–734.
13. **Винецкий В.Л., Пашицкий Э.А.** О биполяронных состояниях носителей тока в ионных кристаллах // ЖЭТФ. – 1961. – Т. 40, вып. 5. – С. 1459–1468.
14. **Aleksandrov A.S., Ranniger J.** Bipolaronic superconductivity // Phys. Rev. B. – 1981. – Vol. 24. – P. 1164–1170.
15. **Adamowski J.** Formation of Fröhlich bipolarons // Phys. Rev. B. – 1989. – Vol. 39. – P. 3649–3653.
16. **Берил С.И., Покатилов Е.П., Рябухин Г.Ю.** Биполяроны в структурах с квантовыми ямами // Деп. в Молд. НИИТИ. – 1990. – № 1196.
17. **Fomin V.M., Pokatilov E.P.** Phonons and the electron-phonon interaction in multilayer systems // Phys. Stat. Sol. (b). – 1985. – Vol. 132, № 1. – P. 69–82.
18. **Покатилов Е.П., Фомин В.М., Берил С.И.** Колебательные возбуждения, поляроны и экситоны в многослойных структурах и сверхрешетках. – Кишинев: Штиинца, 1990.
19. **Берил С.И., Покатилов Е.П., Фомин В.М. и др.** Экситоны Ванье–Мотта в многослойных системах // ФТП. – 1985. – Т. 19. – С. 412–417.

20. Pokatilov E.P., Beril S.I., Semenovskaya N.N. et al. Charge energy spectrum in multilayer structures and superlattices in a field of self-action potentials // Phys. Stat. Sol. (b). – 1990. – Vol. 158. – P. 165–174.

21. Bednarek S., Adamowski J., Suffczynski M. Effective Hamiltonian for few-particle systems in polar semiconductors // Solid State Commun. – 1971. – Vol. 21. – P. 1–3.

22. Adamowski J. Energy spectrum of the bound polaron // Phys. Rev. B. – 1985. – Vol. 32. – P. 2588–2595.

23. Pokatilov E.P., Beril S.I., Fomin V.M. et al. Bipolaron states in multilayer structures with quantum wells (part I) // Phys. Stat. Sol. (b). – 1992. – Vol. 169. – P. 429–441.

24. Haken H. Zur Quantumtheorie des Mehrerelectronen System im swingenden Gitter // Zeitschrift für Physik. – 1956. – Vol. 146. – P. 527–554.

25. Янсон И.К., Бобров Н.Л., Рыбальченко Л.Ф. и др. Микроконтактные измерения энергетической щели сверхпроводящих сверхрешеток на основе халькогенидов // Письма в ЖЭТФ. – 1989. – Т. 49. – С. 293–296.

УДК 620.3, 621.315.592

## ВЫСОКОЧАСТОТНОЕ ПЛАЗМЕННОЕ ОСАЖДЕНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК AlN НА РАЗЛИЧНЫХ ПОДЛОЖКАХ

В.С. Фещенко, К.Н. Зяблук, Э.А. Сенокосов, В.И. Чукица

Работа посвящена исследованию тонких пленок AlN, изготовленных с помощью плазменного осаждения из порошка AlN. Получены пленки толщиной 200 нм на различных подложках, исследованы их пьезоэлектрические свойства и структура поверхности. Показано, что пьезоэлектрический коэффициент  $d_{33}$  составляет для алмазной подложки 60 % от значения для однодоменного монокристаллического образца, что говорит о достаточно высоком качестве полученных слоев.

**Ключевые слова:** нитрид алюминия, плазменное осаждение, пьезоэлектрики, тонкие пленки, диэлектрическая мишень, реакционная камера, магнетрон.

## HIGH-FREQUENCY PLASMA DEPOSITION OF THIN-FILMLESS AlN ON DIFFERENT SUBSTRATES

V.S. Feshchenko, K.N. Zyablyuk, E.A. Senokosov, V.I. Chukita

The work is dedicated to the study of thin AlN films made by plasma deposition from AlN powder. 200 nm thick films on various substrates were obtained, the structure of the surface and their piezoelectric properties were studied. It was shown that the piezoelectric coefficient  $d_{33}$  for a diamond substrate is 60 % of the value for a single-domain monocrystal sample, which indicates a sufficiently high quality of the film obtained.

**Keywords:** aluminum nitride, plasma deposition, piezoelectric, thin films, dielectric target, reaction chamber, magnetron.

### Экспериментальные результаты

Одними из перспективных материалов в твердотельной электронике являются

тонкие пленки нитрида алюминия (AlN). Из них изготавливается широкий круг приборов – от фотодетекторов до пьезоэлектрических устройств. Как правило, вы-



сококачественные ориентированные кристаллические пленки AlN выращиваются методом химического осаждения из газовой фазы. Методом магнетронного осаждения алюминиевой мишени в атмосфере азота и методом плазмоактивированного атомно-слоевого осаждения выращиваются аморфные или поликристаллические пленки нитрида алюминия. Первый метод сложен и дорог, пленки, полученные двумя другими методами, имеют худшие характеристики. При этом все три способа требуют высокой температуры подложки (500–850 °С), что сдерживает развитие новых направлений микроэлектроники [1]. В связи с вышеизложенным целесообразно разработать технологию осаждения тонких пленок AlN на различные подложки.

Для осаждения нитрида алюминия использовался один из трех стандартных магнетронов приставки вакуумного универсального поста (ВУП) с некоторыми модификациями. Был изготовлен заземленный экран, закрывающий катод магнетрона снизу приставки, но расположенный с зазором в несколько миллиметров от него. Так удалось избавиться от нежелательного разряда, возникающего снизу приставки при подаче высокочастотного (ВЧ) напряжения. Вместо стандартного анода с загнутыми сверху краями из нержавеющей стали был изготовлен другой анод. На рис. 1 показана

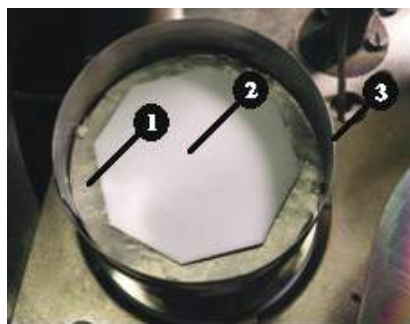


Рис. 1. Конструкция реакционной камеры:  
1 – верхняя плоскость катода;  
2 – диэлектрическая мишень; 3 – экран

на конструкция реакционной камеры для осаждения слоев AlN, которая устанавливалась в подколпачном пространстве вакуумного поста ВУП-6. Верхняя плоскость анода имеет форму кольца с внешним Ø60 мм и внутренним Ø46 мм, находящегося на одном уровне с верхней плоскостью катода (1). Диэлектрическая мишень (2) имеет больший размер по сравнению со стандартными – Ø40 мм; она полностью закрывает зазор между катодом и анодом и частично – внутренний радиус кольца анода, прижимное кольцо не используется. Таким образом, мишень закрывает максимальную зону высокочастотной плазмы, исключая паразитные осаждения. На внешнем радиусе кольца анода установлен экран (3) высотой 15 мм для предотвращения загрязнения магнетронной приставки исходными материалами.

Структурная схема питания ВЧ-магнетрона представлена на рис. 2. Источник питания – генератор (1) с питающим напряжением 380 В и током потребления 5,5 А рассчитан на выходную мощность до 1,5 кВт на частоте 13,56 МГц. Выход генератора соединен с согласующим устройством посредством коаксиального кабеля Alpha Wire 214/U (2) с волновым сопротивлением 50 Ом длиной 1,8 м. На входе согласующего устройства стоят детектор падающей волны (4) и детектор отраженной волны (5). Напряжения на выходе детекторов позволяют контролировать амплитуду сигнала и, следовательно, мощность ВЧ-разряда. Выход согласующего устройства соединен с входом ВЧ-магнетрона с помощью коаксиального кабеля РК-50-7-11 (7) длиной 1,3 м. Корпуса генератора и согласующего устройства заземлены на корпус ВУПа через оплетку кабелей.

Мишень (2) (см. рис. 1) из нитрида алюминия изготовили путем нанесения порошка AlN марки А100 на диэлектрическое основание. Осаждение слоев AlN производили с пластин толщиной 400–



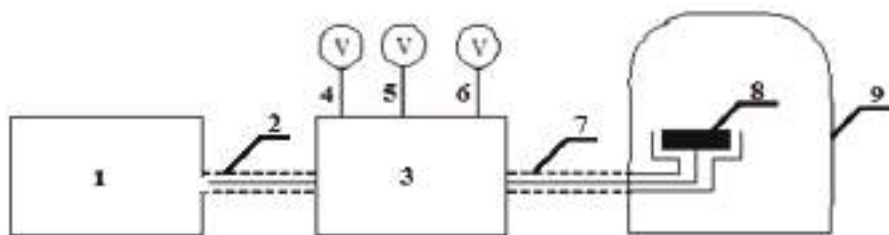


Рис. 2. Структурная схема питания ВЧ-магнетрона:

1 – генератор 13,56 МГц; 2 – кабель Alpha Wire 214/U; 3 – согласующее устройство; 4 – детектор падающей волны; 5 – детектор отраженной волны; 6 – питающее напряжение; 7 – кабель РК-50-7-11; 8 – ВЧ-магнетрон; 9 – колпак ВУПа

500 мкм. Исходный порошок наносили следующим образом: 5 г AlN растворили в 50 мл деионизованной воды, затем смесь взболтали и вылили в чашку Петри с основанием мишени и высушили. Толщина высохшего осадка составила 0,3–0,4 мм. Осаждение слоев производили в атмосфере аргона. В процессе осаждения порошка центральная часть мишени нагревается до высоких температур (рис. 3). Мишень из слоя порошка AlN лежит на катоде магнетрона, теплоотвод не используется.

После отработки технологии были найдены оптимальные условия осаждения пленок AlN:

- расстояние от мишени до нижней грани держателя 21–22 мм;
- давление Ar 8,5–9,5 атм;
- амплитуда падающей волны 1,0–1,1 В;
- амплитуда отраженной волны 0,58–64 В;
- автосмещение –120...–180 В;
- скорость напыления 300 нм/ч.

При заданном уровне мощности температура держателя образцов поддерживается на уровне 300 °С.

В результате эксперимента были получены пленки AlN на различных подложках: алмазе, кремнии и ситале.

На рис. 4 представлены изображения поверхности пленок AlN, осажденных на алмаз и ситал. Видно, что при одних и тех



Рис. 3. Осаждение слоев AlN в высокочастотном разряде

же технологических условиях осаждения шероховатость поверхности существенно отличается. При осаждении на монокристалл алмаза, кремния или металлический слой шероховатость минимальная. При осаждении на поликристаллический ситал возникают воронкообразные углубления, очевидно связанные с перепадом напряжений на границах зерен поликристалла.

Пьезоэлектрические свойства осажденных пленок исследовали с помощью сканирующего зондового микроскопа по методике, представленной в [2]. На рис. 5 видно, что пьезоэлектрический коэффициент для пленки на алмазе составляет  $d_{33} = 2,2$  пм/В, т. е. 60 % от значения для однодоменного монокристаллического образца. А пленка, осажденная на кремний, имеет  $d_{33} = 7,2$  пм/В, что соответствует

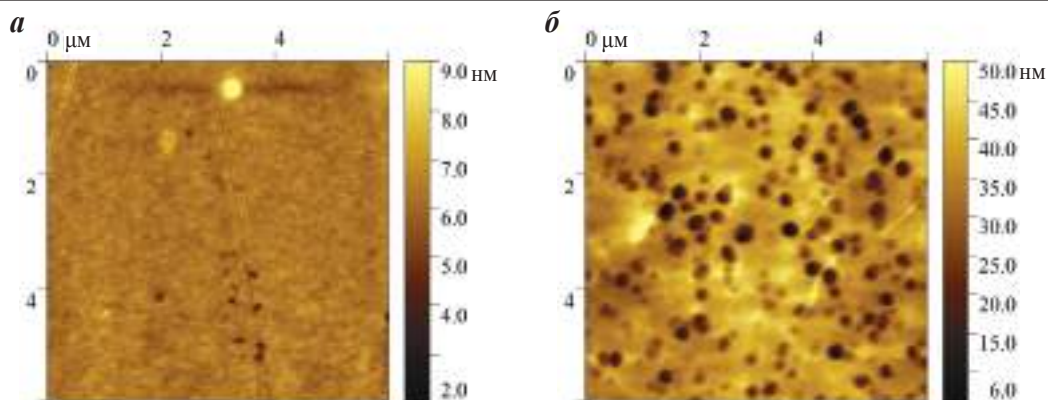


Рис. 4. Микрофотографии поверхности образцов, полученные с помощью сканирующего зондового микроскопа MFP-3D: *a* – AlN на алмазе, параметры шероховатости поверхности:  $Rms = 0,45$  нм,  $Ra = 0,27$  нм; *б* – AlN на силате, параметры шероховатости поверхности:  $Rms = 6,26$  нм,  $Ra = 4,64$  нм

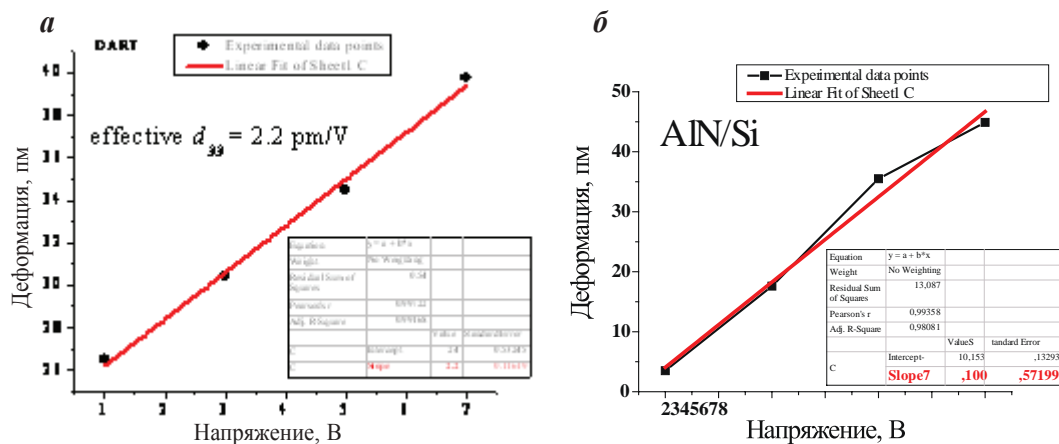


Рис. 5. Измерение пьезоэлектрического коэффициента  $d_{33}$ :  
*a* – AlN на алмазе; *б* – AlN на кремнии

высокоориентированной многодоменной структуре слоя AlN.

## Заключение

Разработана и изготовлена конструкция реакционной камеры для высокочастотного осаждения тонких слоев AlN на различных подложках. Она позволяет выращивать совершенные по структуре тонкие полупроводниковые слои AlN с контролируемыми технологическими

параметрами. Установлено, что качество слоев сильно зависит от материала подложки. В частности, показано, что пьезоэлектрический коэффициент  $d_{33}$  составляет для алмазной подложки 60 % от значения для однодоменного монокристаллического образца. Это говорит о достаточно высоком качестве полученных слоев. Результаты исследования свидетельствуют о возможности использования технологии высокочастотного плазменного осаждения тонких слоев AlN для изготовления пьезодатчиков, излучателей ультразвука и т. п.

**Цитированная литература**

1. Тарала В.А., Алтахов А.С., Амбарцумов М.Г. и др. Выращивание ориентированных пленок AlN на подложках сапфира методом плазмоактивированного атомно-слоевого осаждения // Письма в ЖТФ. – 2017. – Т. 43, вып. 1. – С. 67–73.

2. Киселев Д.А., Жуков Р.Н., Ксенич С.В. и др. Влияние ориентации кремниевой подложки на локальные пьезоэлектрические характеристики пленок  $\text{LiNbO}_3$  // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2016. – № 7. – С. 74–80.

УДК 681.782.473

**ЦИФРОВОЙ ДВУХКООРДИНАТНЫЙ  
ПОЗИЦИОННО-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ФОТОПРИЕМНИК  
НА ОСНОВЕ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЕВ CdSe/СЛЮДА**

В.И. Чуки́та, Э.А. Сенокосов, В.С. Фе́щенко

*Разработано устройство преобразования в цифровую форму выходного сигнала позиционно-чувствительного фотоприемника, изготовленного на основе эпитаксиального слоя CdSe/слюда. Оно позволяет в режиме реального времени с высокой точностью определять координаты облученной области фотоприемника и исследовать его параметры и характеристики.*

**Ключевые слова:** эпитаксиальный слой, позиционно-чувствительный фотоприемник, эквипотенциальная линия тока, микроконтроллер, дельта-сигма аналого-цифровой преобразователь, электронный коммутатор, программируемый усилитель, индикаторное устройство, координатная чувствительность, удельная спектральная чувствительность.

**DIGITAL TWO-COORDINATE POSITION-SENSITIVE PHOTO RECEIVER  
BASED ON EPITAXIAL CdSe / MICA LAYERS**

V.I. Chukita, E.A. Senokosov, V.S. Feshchenko

*A device for converting the output signal of a position-sensitive photodetector based on the CdSe / mica epitaxial layer into digital form has been developed. It allows real-time determination of the coordinates of the irradiated area of the photodetector with high accuracy and exploration of its parameters and characteristics.*

**Keywords:** epitaxial layer, position-sensitive photodetector, equipotential current line, microcontroller, delta-sigma analog-digital converter, electronic switch, programmable amplifier, indicator device, coordinate sensitivity, specific spectral sensitivity.

**Экспериментальные результаты**

Развитие современной элементной базы твердотельной электроники связано с разработкой новых типов фотоприемников, функционирование которых основано на использовании фотоэлектрических эффектов, приводящих к изменению электриче-

ских свойств материала и технологии их изготовления [1]. В частности, позиционно-чувствительные фотоприемники (ПЧФ) предназначены для обнаружения источника электромагнитного излучения оптического диапазона и определения координаты облучаемой области в режиме реального времени, а также для слежения за движущимися

оптическими объектами [2]. В работах [3, 4] приведена конструкция ПЧФ на основе фоточувствительных эпитаксиальных слоев CdSe/слюда, имеющая нетрадиционную схему расположения и коммутации электрических контактов, и результаты экспериментальных и теоретических исследований зависимости выходного сигнала ПЧФ от безразмерного радиуса оптического зондирования. Выходным сигналом таких ПЧФ, характеризующим координаты локальной засветки светоприемного элемента, является поперечная разность потенциалов, возникающая между двумя его контактами после засветки одной из областей фотоприемника, физические основы работы которого изложены в [3]. Такие ПЧФ могут составить альтернативу или конкуренцию существующим фотоэлементам.

Цифровые методы измерения электрических величин имеют ряд преимуществ перед традиционными аналоговыми способами. Во-первых, значительно повышается точность и скорость измерений, существенно уменьшаются габариты измерительного устройства и упрощается регистрация данных измерений. Во-вторых, цифровая форма результатов измерений дает возможность накопления и обработки большого массива данных в электронном виде, что значительно облегчает анализ полученной информации. Определение координат облученной области фотоприемного элемента вызывается необходимостью разработки эффективного измерительного устройства. Внедрение же средств вычислительной техники и создание информационно-измерительной системы позволяет с высокой точностью и скоростью обрабатывать выходные сигналы таких фотоприемников в режиме реального времени.

В связи с этим разработка и изготовление цифрового двухкоординатного позиционно-чувствительного фотоприемника на основе эпитаксиальных слоев CdSe/слюда

является актуальной задачей в развитии элементной базы современной электроники.

Для автоматизации исследования и применения ПЧФ на основе фоточувствительных слоев CdSe/слюда разработано устройство регистрации выходного сигнала ПЧФ, преобразования его в цифровую форму и передачи на персональный компьютер. С помощью разработанной программы оно собирает, обрабатывает и хранит полученные данные. Устройство позволяет с высокой скоростью и точностью получать результаты измерений и исключить субъективную ошибку оператора.

На рис. 1 приведена структурная схема цифрового устройства, используемая нами для определения двух координат облученной области фотоприемника и измерения параметров и характеристик исследуемых ПЧФ.

Для решения поставленной задачи выбран одноканальный низкочастотный 18-битный дельта-сигма аналого-цифровой преобразователь (АЦП) MCP3421 [5], работающий со скоростью 3,75 выборки в секунду. Основными его достоинствами являются высокая точность измерения, обусловленная низким уровнем собственного шума, и встроенный программируемый усилитель входного сигнала. Такие АЦП работают в диапазоне частот до сотен кГц и обладают линейной передаточной характеристикой и низкой потребляемой мощностью. Взаимодействие АЦП и микроконтроллера осуществляется при помощи двухпроводного последовательного интерфейса I<sup>2</sup>C. Элементом управления измерительного устройства служит микроконтроллер ATmega 32 PU [6]. Его отличительной особенностью является большой объем внутренней памяти, необходимой для решения поставленной задачи. Контроллер принимает результаты измерений в цифровой форме от внешнего АЦП, обрабатывает их согласно алгоритму его программы и передает непосредственно

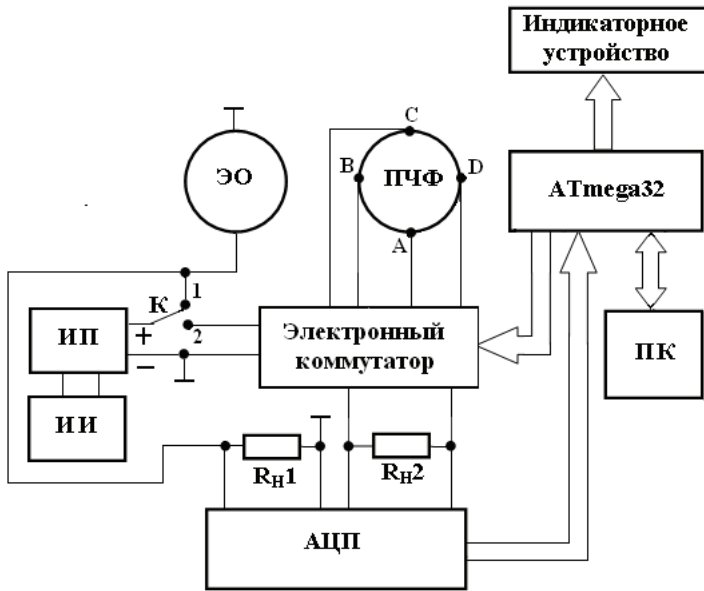


Рис. 1. Структурная схема устройства преобразования выходного сигнала ПЧФ в цифровую форму

в память персонального компьютера (ПК) для хранения и дальнейшей обработки.

В структурную схему устройства для проверки работоспособности и снижения погрешности измерения был введен эталонный образец (ЭО), формирующий при определенных условиях на выходе сигнал с известными высокостабильными параметрами (световой ток). В качестве ЭО использовался фоторезистор ФСД-1 [7].

Когда ключ (К) находится в положении 1, то происходит проверка работоспособности устройства. В это время ЭО подключен к источнику стабилизированного постоянного напряжения (ИП). В результате с резистора нагрузки  $R_{н1}$  снимается выходной сигнал, который с помощью АЦП преобразуется в цифровую форму. При переключении К в положение 2 стабилизированное напряжение подается к паре контактов А и С через замкнутые контакты электронного коммутатора, при этом положительная клемма ИП подключается к контакту С и через фотоприемный элемент пропускается входной ток  $I_{вх}$ . К другим контактам В и D, расположенным на эквипотенциаль-

ной линии тока, электронный коммутатор подключает сопротивление нагрузки  $R_{н2}$ , с которого снимается «поперечное» выходное напряжение  $U_{BD}$ , возникающее при локальной засветке зондом поверхности приемного элемента ПЧФ. Выходное напряжение  $U_{BD}$  соответствует определенной координате (X). В следующий момент времени электронный коммутатор подключает источник постоянного напряжения к контактам В и D, положительная клемма ИП подключается к контакту В, а с контактов А и С снимается выходной сигнал  $U_{AC}$ , соответствующий другой координате (Y). Управление электронным коммутатором осуществляется с помощью микроконтроллера по заданной программе. Время переключения электронного коммутатора устанавливается программно и составляет 40 мс, а время релаксации фотоприемного элемента соответствует величине 20 мс. Такой режим работы ПЧФ обеспечивает определение координат X и Y облучаемой поверхности фотоприемного элемента.

Для исследования параметров и характеристик ПЧФ использовались эпитак-

сиальные слои CdSe/слюда в форме диска радиусом  $R = 9$  мм и толщиной  $d = 40$  мкм. Они обладали  $n$ -типом проводимости, удельная величина которой при 300 К составляла  $8,0 \cdot 10^{-9} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ . При освещенности интегральным светом 200 лк кратность фотоответа исследованных слоев CdSe/слюда имела значение  $\approx 10^4$ .

Зондирование образцов осуществляли с помощью источника излучения (ИИ), представляющего собой твердотельный лазер LD – 76005W с длиной волны 670 нм и средней мощностью 3 мВт. Луч лазера направляли перпендикулярно поверхности приемного элемента и фокусировали в пятно радиусом  $a \approx 0,5$  мм. Текущие значения измеряемых величин контролировали на жидкокристаллическом символьном индикаторном устройстве ВС 1604. Оно создано на базе встроенного контроллера ST7066 [6]. В режиме реального времени на индикаторном устройстве отображается заданное значение темнового тока фотоприемника, его световой ток при определенной освещенности, выходное напряжение ПЧФ и координаты облученной области.

В соответствии с элементарной теорией токопротекания, развитой на основе решения уравнения Лапласа [8, 9], выходной сигнал напряжения  $U_{BD}$  исследуемых ПЧФ зависит от местоположения, радиуса и интенсивности  $L$  светового пятна, а также от величины  $I_{\text{вх}}$  и определяется выражением

$$U_{BD} = \frac{\delta\sigma}{\sigma} \cdot \frac{a^2}{R^2} \cdot \frac{I_{\text{вх}}}{\pi\sigma d} \cdot \frac{8r_{00}^2 \sin 2\Theta}{(1-r_{00}^4)^2 + 4r_{00}^4 \sin^2 2\Theta}, \quad (1)$$

где  $\delta\sigma$  – изменение фотопроводимости при локальной засветке образца в точке  $K(\vec{r}_0)$ ;  $a$  – радиус пятна засветки;  $r_{00} = r_0/R$  – безразмерный радиус оптического зондирования;  $r_0$  – модуль радиус-вектора пятна засветки;  $\theta$  – угол между вектором  $\vec{r}_0$  и положительным направлением оси  $X$ .

Величины  $R$  и  $d$  представляют собой радиус и толщину полупроводникового диска соответственно. Удельная темновая электропроводность фотоприемника обозначается через  $\sigma$ , а ее изменение при локальной засветке в точке  $K(\vec{r}_0)$ , как уже отмечалось, равно  $\delta\sigma$ . С помощью разработанного устройства нами исследовалась зависимость выходного сигнала ПЧФ CdSe/слюда от безразмерного радиуса оптического зондирования светоприемного элемента:  $U_{BD} = f(r_{00})$ . Сканирование лучом поверхности фотоэлемента осуществлялось в направлении от центра фотоприемного элемента к периферии вдоль диагонали первого квадранта. Интенсивность светового зонда обеспечивала относительно величину фотоответа в области засветки ПЧФ на уровне  $\delta\sigma/\sigma \ll 0,025$ , соответствующем условию  $\delta\sigma/\sigma \ll 1$ , которое необходимо для получения выражения (1). На этом основании выполнялось допущение об отсутствии размытия пятна возбужденных носителей заряда под действием внешнего электрического поля.

На рис. 2 (кривая 1) показана экспериментальная зависимость выходного напряжения ПЧФ CdSe/слюда от безразмерного радиуса оптического зондирования фотоэлемента, снятая при температуре 300 К и значении  $I_{\text{вх}} = 3,0$  мкА и  $\theta = \pi/4$ . Установлено, что при  $r_{00} = 0,77$  и  $I_{\text{вх}} = 3,0$  мкА максимальное значение выходного напряжения составляет  $U_{\text{max}} = 6,6$  В. Зависимости  $U_{BD} = f(r_{00})$ , рассчитанные по формуле (1) при значениях  $I_{\text{вх}} = (3,0; 2,0; 1,0)$  мкА и  $\theta = \pi/4$ , представлены соответственно на кривых 2, 3 и 4. Видно, что экспериментальная зависимость  $U_{BD} = f(r_{00})$  хорошо коррелирует с теоретическими расчетами, выполненными по формуле (1). Она проходит через максимум при  $r_{00} = 0,78$ , а экстремум теоретической зависимости соответствует значению  $r_{00} = 0,75$ , практически совпадающему с максимумом экспериментальной зависимости.



На рис. 3 показана экспериментальная зависимость выходного напряжения  $U_{BD}$ ,  $U_{AC}$  4-контактного ПЧФ на основе эпитаксиального слоя CdSe/слоида от координат  $X$ ,  $Y$  светового пятна фотоэлемента, снятая при температуре 300 К и значении  $I_{вх} = 0,1$  мкА. Видно, что зависимости выходного сигнала  $U_{BD}$ ,  $U_{AC}$  симметричны относительно осей  $X$  и  $Y$  и относительно начала декартовых координат  $X$  и  $Y$ , связанного с центром  $O$  фотоприемного элемента. Максимальное значение выходного сигнала

$U_{BD}$  составляет 0,22 В и соответствует засветке точки фотоприемного элемента с координатами (7; 0) мм. Минимальное значение сигнала  $U_{BD}$  составляет  $-0,22$  В и соответствует засветке точки фотоприемного элемента с координатами  $(-7; 0)$  мм. Область линейной зависимости сигналов  $U_{BD}$ ,  $U_{AC}$  от координат засветки ограничена окружностью радиусом  $r = 2,0$  мм, центр которой совпадает с центром фотоприемного элемента. Данную область можно разбить на два участка. В первом квадран-

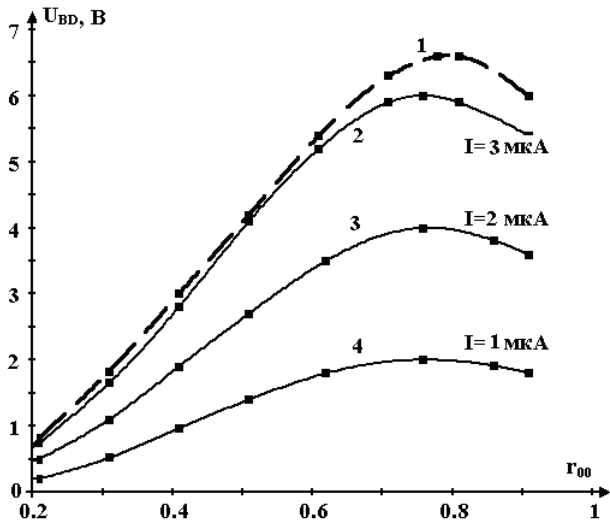


Рис. 2. Экспериментальная зависимость напряжения  $U_{BD} = f(r_{00})$  при  $I_{вх} = 3,0$  мкА и  $\theta = \pi/4$  (кривая 1). Теоретические зависимости напряжения  $U_{BD} = f(r_{00})$  при  $I_{вх} = (3,0; 2,0; 1,0)$  мкА и  $\theta = \pi/4$  (кривые 2; 3; 4)

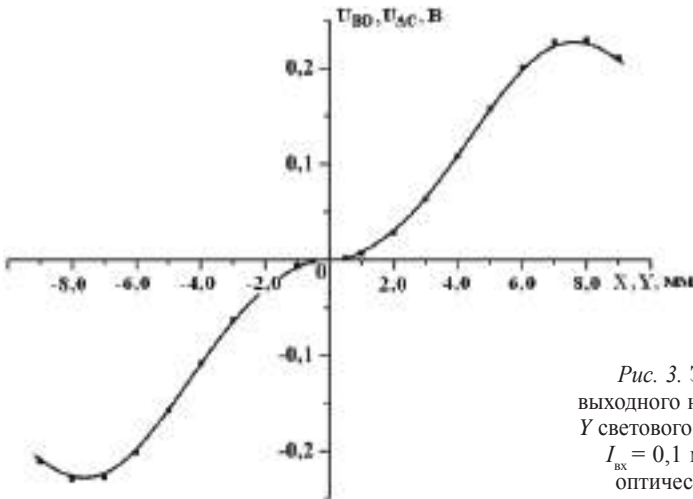


Рис. 3. Экспериментальная зависимость выходного напряжения  $U_{BD}$ ,  $U_{AC}$  от координат  $X$ ,  $Y$  светового пятна, снятая при 300 К и значении  $I_{вх} = 0,1$  мкА, для 4-контактного ПЧФ при оптическом зондировании фотоэлемента

те  $U_{BD}(x)$  линейно изменяется в интервале  $(2,0 \dots 7,0)$  мм, а в третьем квадранте  $(-2,0 \dots -7,0)$  мм. Выходные сигналы меняют знаки при переходе через нулевое значение координаты. Таким образом, анализ экспериментальных результатов позволяет сделать вывод, что выходные напряжения  $U_{BD} = U_x$  и  $U_{AC} = U_y$  однозначно характеризуют положение пятна засветки в области их линейности.

На возрастающем участке экспериментальной зависимости  $U_{BD} = f(r_{00})$  (см. рис. 2) при входном токе  $I_{вх} = 3$  мкА и  $\theta = \pi/4$  определена координатная чувствительность исследуемого образца ПЧФ на основе слоев CdSe/слоуда:

$$\eta = \frac{U_{max}}{\Delta r_{00} \cdot I_{вх} \cdot P} = \frac{6,7}{0,58 \cdot 3 \cdot 3} \approx 1,3 \frac{В}{мм \cdot мкА \cdot мВт},$$

где  $\Delta r_{00} = r_{max} - r_{min} = 0,78 - 0,2 = 0,58$  мм.

Удельная спектральная чувствительность при  $r_{00} = 0,78$  и  $\theta = \pi/4$  составила:

$$\eta = \frac{U_{max}}{I_{вх} \cdot P} = \frac{6,7}{3 \cdot 3} = 744 \cdot 10^{-3} \frac{В}{мкА \cdot мВт}.$$

### Заключение

Разработано устройство преобразования в цифровую форму выходного сигнала ПЧФ для передачи его на персональный компьютер. Оно позволяет в режиме реального времени контролировать фотоэлектрические параметры исследуемых ПЧФ:

- заданное значение темнового тока фотоприемника;
- световой ток при определенной освещенности;
- выходное напряжение ПЧФ;
- координаты облученной области.

Таким образом, разработанное устройство позволяет автоматически управлять

измерительным процессом, определять координаты облучаемой области в режиме реального времени, исследовать параметры и характеристики позиционно-чувствительных фотоприемников.

### Цитированная литература

1. **Фрайден Дж.** Современные датчики: справочник. – М.: Техносфера, 2005. – 588 с.
2. **Горн Л.С., Хазанов Б.И.** Позиционно-чувствительные детекторы. – М.: Энергоиздат, 1982. – 64 с.
3. **Сенокосов Э.А., Чукита В.И., Хамидуллин Р.А. и др.** Экспериментальное и теоретическое исследование характеристик позиционно-чувствительных фотоприемников на основе эпитаксиальных слоев n-CdSe/слоуда // Физика и техника полупроводников. – 2017. – Т. 51., вып. 5. – С. 689–694.
4. **Senokosov E.A., Chukita V.I., Khamidullin R.A. et al.** Position sensitivity characteristics of n-CdSe epitaxial layers grown on mica crystals in a quasi-clozed system. Inorganic Materials // Maik Nauka/ Interperiodica Publishing (Russian Federation). – 2016. – Vol. 52, № 8. – P. 762–764.
5. Microchip MCP3421 [DATASHEET] 18-Bit Analog-to-Digital Converter with I<sup>2</sup>C Interface and On-Board Reference.
6. Atmel Atmega32A [DATASHEET] Atmel-8159F-8-bit AVR Microcontroller Datasheet Complete-09/2015.
7. **Аксененко М.Д., Бараночников М.Л.** Приемники оптического излучения: справочник. – М.: Радио и связь, 1987. – 296 с.
8. **Сенокосов Э.А., Клюканов А.А., Усатый А.Н. и др.** Устройство для регистрации слабых световых сигналов // А.С. СССР № 1436796, приоритет от 12.08.86, опубл. 08.07.88.
9. **Клюканов А.А., Сенокосов Э.А., Усатый А.Н. и др.** Устройство для определения координаты светового пятна // А.С. СССР № 1499119, приоритет от 07.01.87, опубл. 07.08.89.



УДК 535.8

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-РАЗНОСТНЫХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ ОПИСАНИЯ МОДЕЛЬНЫХ ПОЛУБЕСКОНЕЧНЫХ СИСТЕМ СВЕТОВОДОВ

*К.Д. Ляхомская, П.В. Беспаленко, В.О. Капуци*

*Рассмотрены некоторые особенности решения дифференциально-разностных уравнений, описывающих распространение лазерного излучения в массиве световодов. Получены точные аналитические решения для пространственного распределения интенсивности излучения в произвольном световоде такой системы с помощью гипергеометрической функции.*

**Ключевые слова:** *световоды, ортогональные классические полиномы.*

## SOME PECULIARITIES OF SOLUTIONS OF DIFFERENTIAL-DIFFERENCE EQUATIONS FOR DESCRIBING OF MODEL SEMI-INFINITE LIGHT GUIDE SYSTEMS

*K.D. Liakhomskaia, P.V. Bepalenko, V.O. Kapushchi*

*The article considers some peculiarities of solutions of finite-difference equation, describing the spreading of laser emission in the light guide massive. The exact analytical solutions for the spatial distribution of the radiation intensity in an arbitrary light guide of such a system, using the hypergeometric function.*

**Keywords:** *light guide, orthogonal classic polynomial.*

Возможность управления распространением излучения в различных оптических системах, в частности в волоконно-оптических линиях связи, способствует непрекращающимся на протяжении уже нескольких десятилетий исследованиям линейных и нелинейных оптических эффектов в направленных ответвителях, представляющих собой массивы световодов. Массивы световодов, в которых каждый световод связан со своими ближайшими соседями, являются примерами дискретных оптических систем, в которых особенности распространения света определяются конечностью, полубесконечностью или бесконечностью рассматриваемой системы. Наиболее интересными и одновременно сложными являются полубесконечные системы световодов. Именно для таких модельных систем с помощью классических ортогональных полиномов в [1] были по-

лучены точные решения дифференциально-разностных уравнений, описывающих пространственное распределение амплитуды поля в произвольном световоде. Однако ранее полученные решения можно обобщить, используя взаимосвязь классических ортогональных полиномов, а соответствующие полубесконечные массивы световодов можно привести к обобщенному массиву, что позволяет найти совершенно новые точные решения.

### Метод решения задачи

Рассмотрим полубесконечную систему идентичных световодов, характеризующихся одной и той же постоянной распространения  $\beta$  (рис. 1). Стационарное распространение лазерного излучения в каждом из световодов описывается систе-

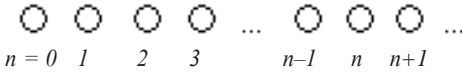


Рис. 1. Полубесконечный массив световодов

мой дифференциально-разностных уравнений вида

$$i \frac{dE_n}{dz} + \beta \cdot E_n + \kappa_{n-1,n} \cdot E_{n-1} + \kappa_{n,n+1} \cdot E_{n+1} = 0, (1)$$

где  $E_n$  – амплитуда поля волны в  $n$ -м световоде;  $n = 0, 1, 2, \dots$  – номер световода;  $z$  – координата вдоль оси каждого из световодов, отсчитываемая от его торца;  $\kappa_{n-1,n}$  – константа связи между световодами  $n-1$  и  $n$ .

Для случая, когда все световоды расположены в одной плоскости, константы связи  $\kappa_{n-1,n} = \kappa \cdot \kappa_n$  ( $n = 0, 1, 2, \dots$ ), причем  $\kappa_0 = 0$ ,  $\kappa_1 = 1$ , так что  $\kappa_{0,1} = \kappa$ . Полагая, что в (1)  $E_n = f_n \cdot \exp(i\beta z)$  и вводя  $x = \kappa z$ , получаем

$$i \frac{df_n}{dx} + \kappa_n f_{n-1} + \kappa_{n-1} f_{n+1} = 0. (2)$$

Граничное условие для системы (2) в случае, когда с торца накачивается только один  $j$ -й световод, представим в виде

$$f_n(x=0) = \delta_{nj}, (3)$$

где  $\delta_{nj}$  – символ Кронекера.

Нормированная интенсивность излучения в  $n$ -м световоде равна

$$I_n(x) = |f_n(x)|^2. (4)$$

Получить решение системы уравнений (2) для произвольных  $\kappa_n$  не представляется возможным. Однако можно получить решение задачи для широкого класса функций  $\kappa_n$ . Будем искать решение уравнения (2) при условии (3) в виде

$$f_n(x) = \int_b^a \sigma(y) \frac{P_n}{d_n} \frac{P_m}{d_m} \exp(irzy) dy, (5)$$

где  $P_n(x)$  – классический ортогональный полином со стандартизацией  $P_0(x) = 1$  и нормой  $d_n$ , т. е.

$$\int_b^a \sigma(x) P_n(x) P_m(x) dx = d_n^2 \delta_{n,m}. (6)$$

Подставляя (5) в (2), приходим к рекуррентному соотношению

$$\kappa_{n+1} \frac{P_{n+1}(x)}{d_{n+1}} + \kappa_n \frac{P_{n-1}(x)}{d_{n-1}} = rx \frac{P_n(x)}{d_n}, (7)$$

которому удовлетворяют ортонормированные полиномы. Выбирая различные полиномы  $P_n(x)$  и тем самым задавая их вес  $\sigma(x)$  и интервал  $[a, b]$ , из известных соотношений

$$r = \frac{k_1}{k_0} \frac{d_0}{d_1}, \quad \kappa_n = \frac{k_{n-1}}{k_n} \frac{d_n}{d_{n-1}} r, (8)$$

где  $k_n$  – коэффициент при члене  $x^n$  полинома, находим константу  $r$  и функциональную зависимость константы связи  $\kappa_n$ . Таким образом, мы определяем конкретную систему, которой соответствует решение (5). Выполняя интегрирование в (5), получаем для выбранной системы световодов решение  $f_n(x)$  в явном виде.

Рассмотрим некоторые модели полубесконечных массивов, называя их по имени классического полинома, дающего решение задачи.

## Массив Якоби

Полином Якоби I рода (гипергеометрический полином)  $P_n^{(\alpha, \beta)}(x)$  согласно [2–7] является обобщенным классическим полиномом, ортогональным на интервале  $[-1, 1]$  с весом  $\sigma = (1-x)^\alpha (1+x)^\beta$ . Нормы этих полиномов:

$$d_n = \left[ \frac{2^{\alpha+\beta+1} \Gamma(n+\alpha+1) \Gamma(n+\beta+1)}{(2n+\alpha+\beta+1)n! \Gamma(n+\alpha+\beta+1)} \right]^{1/2}; (9)$$

коэффициент при  $x^n$  равен  $k_n = \frac{(2n + \alpha + \beta)!}{2^n n!(n + \alpha + \beta)!}$ ,  $n = 1, 2, 3, \dots$

Подставляя в (8), получаем:

$$r = \left(1 + \frac{1}{2}(\alpha + \beta)\right) \sqrt{\frac{\alpha + \beta + 3}{(\alpha + 1)(\beta + 1)}}; \quad (10)$$

$$\kappa_n = \frac{2 + \alpha + \beta}{2n + \alpha + \beta} \times$$

$$\times \left[ \frac{(\alpha + n)(\beta + n)(\alpha + \beta + 3)(\alpha + \beta + n)n}{(\alpha + 1)(\beta + 1)(2n + \alpha + \beta + 1)(2n + \alpha + \beta - 1)} \right]^{1/2}. \quad (11)$$

Следовательно, в соответствии с (5) при условии, что накачка осуществляется в нулевой световод, получаем следующий интеграл:

$$f_n(x) = \frac{\Gamma(\alpha + \beta + 1)}{2^{\alpha + \beta + 1} \Gamma(\alpha + 1) \Gamma(\beta + 1)} \times$$

$$\times \left[ \frac{(\alpha + \beta + 1)(2n + \alpha + \beta + 1)(\alpha + \beta + 1)_n n!}{(\alpha + 1)_n (\beta + 1)_n} \right]^{1/2} \times \int_{-1}^1 (1 - y)^\alpha (1 + y)^\beta e^{irxy} P_n^{(\alpha, \beta)}(y) dy. \quad (12)$$

Решение данного интеграла принимает вид

$$f_n(x) = \frac{(-2rx)^n \Gamma(\alpha + \beta + 1)}{e^{irx} \Gamma(2n + \alpha + \beta + 2)} \times$$

$$\times \left[ \frac{(\alpha + \beta + 1)(2n + \alpha + \beta + 1)(\alpha + 1)_n (\beta + 1)_n (\alpha + \beta + 1)_n}{n!} \right]^{1/2} \times \Phi(n + \alpha + 1, 2n + \alpha + \beta + 2; -2irx). \quad (13)$$

Тогда интенсивность в  $n$ -м световоде будет иметь вид

$$I_n(x) = \frac{(2rx)^{2n}}{n!} \left( \frac{\Gamma(\alpha + \beta + 1)}{\Gamma(2n + \alpha + \beta + 2)} \right)^2 \times (\alpha + 1)_n (\beta + 1)_n (\alpha + \beta + 1)_n (\alpha + \beta + 1) \times (2n + \alpha + \beta + 1) \times (\Phi(n + \alpha + 1, 2n + \alpha + \beta + 2; -2irx))^2, \quad (14)$$

где  $(\alpha + 1)_n$  – символ Похгаммера;  $\Phi(a, c; x)$  – вырожденная гипергеометрическая функция.

Решение значительно упрощается, если  $\alpha = \beta$ . Подставляя и упрощая вид весовой функции, нормы и коэффициента при  $x^n$ , получаем следующий вид значений (8):

$$r = \sqrt{2\alpha + 3}, \quad \kappa_n = \sqrt{\frac{(2\alpha + 3)(2\alpha + n)n}{(2n + 2\alpha - 1)(2n + 2\alpha + 1)}}. \quad (15)$$

Тогда легко вычисляется интеграл:

$$f_n(x) = (-1)^n \frac{\sqrt{\pi}}{\Gamma(\alpha + 1)} \times$$

$$\times \left[ \frac{(2n + 2\alpha + 1)\Gamma(n + \alpha + 1)\Gamma(2\alpha + 1)}{n!} \right]^{1/2} \times \frac{J_{n + \alpha + 1/2}(rx)}{(2(rx))^{\alpha + 1/2}}, \quad (16)$$

а для интенсивности света в  $n$ -м световоде получаем

$$I_n(x) = \frac{\pi(2n + 2\alpha + 1)\Gamma(n + \alpha + 1)\Gamma(2\alpha + 1)}{(\Gamma(\alpha + 1))^2 n!} \times \frac{J_{n + \alpha + 1/2}^2(rx)}{(2(rx))^{2\alpha + 1}}. \quad (17)$$

Решения (16), (17) с параметром  $\alpha$  при значениях  $\alpha = -1, -1/2, 1/2, 0$  и  $\infty$  переходят в известные решения для массивов из двух световодов, Чебышева I и II рода, Лежандра и Эрмита соответственно. Кроме того, при выражении параметра  $\alpha = \lambda - 1/2$  получаем несколько видоизмененные решения для массива Генбауэра  $C_n^\lambda(x)$ .

### Гипергеометрическая функция Гаусса

Любое однородное линейное дифференциальное уравнение второго порядка, имеющее три особые точки (0,  $\infty$ , 1), можно свести к гипергеометрическому уравнению

$$z(1 - z) \frac{d^2 u}{dz^2} + (c - (a + b + 1)z) \frac{du}{dz} - abu = 0.$$

Решение данного уравнения принимает вид

$$u = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(a)_n (b)_n z^n}{(c)_n n!} = F(a, b; c; z), \quad (18)$$

где  $F(a, b; c; z)$  – гипергеометрический ряд от переменной  $z$  и трех параметров  $a, b, c$  ( $c > 0$ ) [3–5].

Классические ортогональные полиномы, которые ортогональны на интервале  $[-1, 1]$ , являются решениями однородных дифференциальных уравнений второго порядка, следовательно, они могут быть выражены через гипергеометрический ряд. Тогда решение нашей задачи может быть обобщено как «гипергеометрический массив Гаусса», который при этом включает в себя большинство уже найденных массивов.

Исходя из [2–7] полином Гегенбауэра связан с гипергеометрической функцией соотношением

$$\frac{(2\lambda)_n}{n!} C_n^\lambda(x) = F\left(-n, n + 2\lambda; \lambda + \frac{1}{2}; \frac{1-x}{2}\right).$$

Тогда, подставляя гипергеометрическую функцию в рекуррентное соотношение данного полинома, получаем выражение, которое также легко находится для полиномов Лежандра и Чебышева I и II рода:

$$bF(a+1, b+1; c; z) + (-a)F(a-1, b-1; c; z) = (b-a)(1-2z)F(a, b; c; z), \quad (19)$$

$$\text{где } \begin{cases} a = -n, \\ b = n + 2\lambda, \\ c = \lambda + \frac{1}{2}, \\ z = \frac{1-x}{2}, \end{cases} \text{ или } \begin{cases} n = -a, \\ \lambda = \frac{1}{2}(a+b), \\ c = \frac{1}{2}(a+b+1), \\ x = 1-2z. \end{cases} \quad (20)$$

Отсюда следует, что решения для гипергеометрического массива, соотношения между параметрами которого пред-

ставлены в (19), соответствуют решениям массива Гегенбауэра порядка  $\lambda$ .

Рассмотрим массив Якоби в общем виде ( $\alpha \neq \beta$ ). Рекуррентное соотношение, которому соответствует данный полином, значительно усложнено, поэтому рекурсия для гипергеометрического ряда также будет усложнена.

$$\begin{aligned} & \binom{n+\alpha}{\alpha} P_n^{(\alpha, \beta)}(x) = \\ & = F\left(-n, n + \alpha + \beta + 1; \alpha + 1; \frac{1-x}{2}\right), \quad (21) \end{aligned}$$

тогда получаем

$$\begin{aligned} & 2b(b-a-1)(c-a)F(a+1, b+1; c; z) + \\ & + 2(b-c)(b-a+1)(-a) \times \\ & \times F(a-1, b-1; c; z) = (b-a) \times \\ & \times ((c-1)^2 + (b+a-c)^2 + (1-2z)((b-a)^2 - 1)), \quad (22) \end{aligned}$$

$$\text{где } \begin{cases} a = -n, \\ b = n + \alpha + \beta + 1, \\ c = \alpha + 1, \\ z = \frac{1-x}{2}, \end{cases}$$

$$\text{следовательно } \begin{cases} n = -a, \\ \alpha = c - 1, \\ \beta = a + b - c, \\ x = 1 - 2z. \end{cases} \quad (23)$$

Из систем (23) следует, что мы не можем вывести явную связь между параметрами  $a, b$  и  $c$ ; однако они имеют тесную связь со значениями порядков полинома  $\alpha$  и  $\beta$ . Тогда можно сделать вывод, что любой ряд гипергеометрических функций, в которых параметры  $a$  и  $b$  – целые числа с разными знаками, зависящие от  $n$ , является полиномом Якоби. Исходя из этого некоторые авторы [3] называют данный полином гипергеометрическим.

Подставляя систему (23) в выражения (10) и (11), получаем обобщенные выражения для  $r$  и  $\kappa_n$  (при условии  $a \leq 0, b \geq 0$ ):

$$r = \left(1 + \frac{1}{2}(a+b-1)\right) \sqrt{\frac{a+b+2}{c(a+b-c+1)}}; \quad (24)$$

$$\kappa_n = \frac{a+b+1}{b-a-1} \times$$

$$\times \sqrt{\frac{(-a)(b-1)(b-c)(c-a-1)(a+b+2)}{c(a+b-c+1)(b-a-2)(b-a)}}. \quad (25)$$

Тогда интенсивность в  $n$ -м световоде равна интенсивности в массиве Якоби (14).

### Функция параболического цилиндра

Функция параболического цилиндра  $D_n(x)$  является частным случаем вырождения гипергеометрической функции Гаусса. Данные функции были введены как идеализация ортонормированных функций, поскольку они ортогональны на всем промежутке  $(-\infty, \infty)$  с единичным весом ( $\sigma=1$ ) и сравнительно простой нормой  $d_n = \sqrt{n! \sqrt{2\pi}}$ .

Функции параболического цилиндра тесно связаны с полиномами Эрмита [3–7]. Таким образом, ряд последовательности можно использовать исходя из связи

$$D_n(x) = 2^{-\frac{n}{2}} e^{-\frac{x^2}{4}} H_n\left(\frac{x}{\sqrt{2}}\right). \quad (26)$$

Тогда  $k_n = \sqrt{2^n}$ . Подставляя эти выражения в (8), получаем:

$$r = \sqrt{2}, \quad \kappa_n = \sqrt{n}, \quad (27)$$

что совпадает со значениями для массива Эрмита [1].

Вычисляя теперь интеграл (5), получаем решение

$$f_n(x) = i^n \frac{e^{-2x^2}}{\sqrt{2^n n!}} H_n(2x). \quad (28)$$

Тогда интенсивность в  $n$ -м световоде определяется выражением

$$I_n(x) = \frac{e^{-4x^2}}{2^n n!} H_n^2(2x). \quad (29)$$

### Обсуждение полученных результатов

На рис. 2 представлено пространственное распределение интенсивности света в массивах световодов, полученных с использованием массива Якоби, при условии, что накачка происходит в торец нулевого световода (здесь и далее на всех рисунках интенсивность накачиваемого с торца световода при  $x=0$  равна единице). Видно, что при значении параметра  $\alpha=0$  массив переходит к массиву Лежандра и распределение интенсивности полностью совпадает с массивом Лежандра, полученным в [1] (рис. 2, а). При  $\alpha=1/2$  решение (17) переходит к решению для массива Чебышева II рода, и на рис. 2, б получается та же динамика, что и в указанной работе. Наконец, при  $\alpha=-1/2$  система переходит к массиву Чебышева I рода (рис. 2, в).

На рис. 3 представлено пространственное распределение интенсивности света в массиве функции параболического цилиндра  $D_n(x)$  при накачке в нулевой, четвертый и восьмой световоды. Видно, что перекачка излучения происходит аналогично перекачке в массиве Эрмита [1]. Однако так как излучение в массиве  $D_n(x)$  экспоненциально затухает в 4 раза быстрее, чем в массиве Эрмита, то в перекачке излучения будет участвовать лишь малое число световодов. Если накачка производится в ненулевой световод (рис. 3, б, в), то с увеличением  $n$  число световодов, участвующих в перекачке интенсивности, постепенно увеличива-

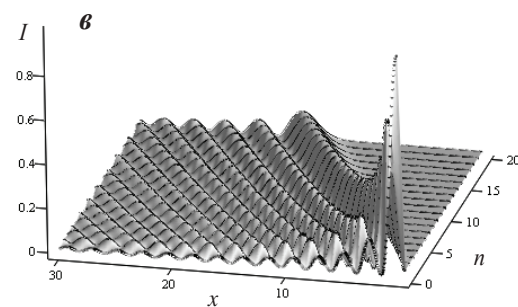
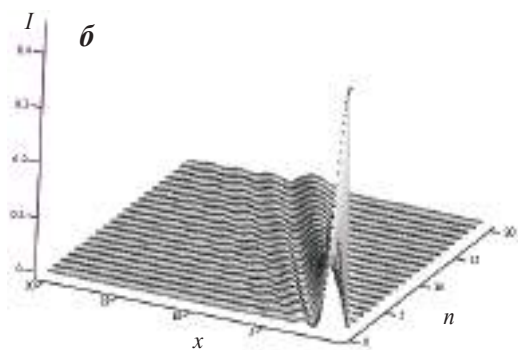
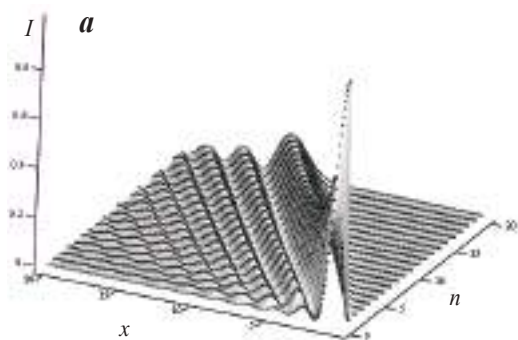


Рис. 2. Пространственное распределение интенсивности излучения в световодах полубесконечного массива Якоби ( $\alpha = \beta$ ) при накачке с торца нулевого световода и параметрах  $\alpha = 0$  (а),  $\alpha = 1/2$  (б) и  $\alpha = -1/2$  (в)

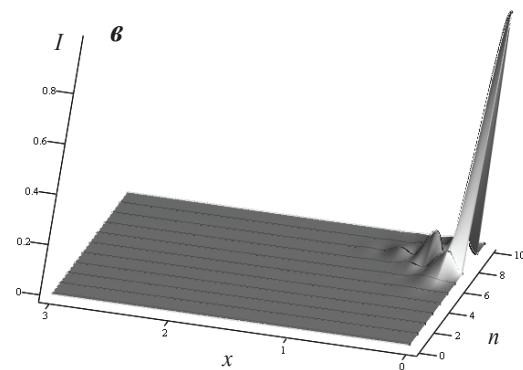
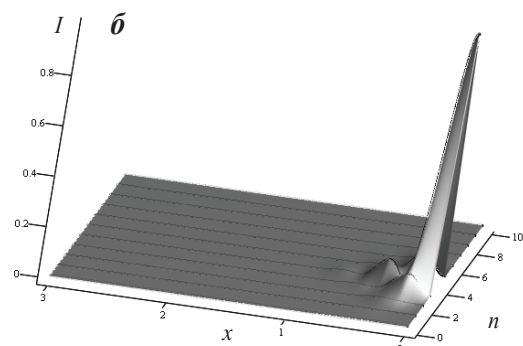
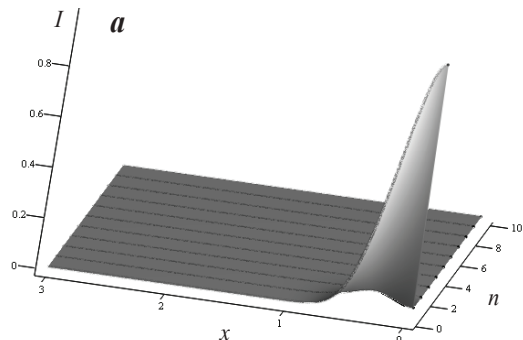


Рис. 3. Пространственное распределение интенсивности излучения в световодах полубесконечного массива функции параболического цилиндра  $D_n(x)$  при накачке с торца нулевого (а), четвертого (б) и восьмого (в) световодов

ется, при этом растет количество максимумов интенсивности вдоль каждого из них. В отличие от всех ранее рассмотренных массивов здесь не образуется сложная интерференционная картина (так как

интенсивность очень быстро затухает), получается лишь небольшая система «всплесков» интенсивности, увеличивающаяся с повышением номера накачиваемого световода.

## Заключение

Рассмотрены точные аналитические решения для системы дифференциально-разностных уравнений, описывающих стационарное пространственное распределение амплитуд интенсивностей полей в полубесконечном массиве световодов с помощью гипергеометрического ряда, что представляет собой обобщенный случай решения аналогичной задачи с использованием классических ортогональных полиномов.

## Цитированная литература

1. Хаджи П.И., Ляхомская К.Д., Орлов О.К. Особенности распространения света

в полубесконечных массивах световодов // Квантовая электроника. – 2006. – Т. 36, № 10. – С. 791–797.

2. Градштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. – М.: Наука, 1971.

3. Бейтмен Г., Эрдейи А. Высшие трансцендентные функции. – М.: Наука, 1968.

4. Кузнецов Д.С. Специальные функции. – М.: Высшая школа, 1965.

5. Прудников А.П., Брычков Ю.А., Маричев О.И. и др. Интегралы и ряды. – Л.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.

6. Суетин П.К. Классические ортогональные многочлены. – М.: Наука, 1979.

7. Бейтмен Г., Эрдейи А. Таблицы интегральных преобразований. – М.: Наука, 1970.

УДК 535.2

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ В НЕЛИНЕЙНОМ ДВУХКАНАЛЬНОМ *PT*-СИММЕТРИЧНОМ СВЕТОВОДЕ

К.Д. Ляхомская, О.А. Обручков

*Теоретически исследованы особенности распространения стационарного лазерного излучения в *PT*-симметричном двухканальном нелинейном направленном световоде. Получены решения системы дифференциальных уравнений, описывающих поле распространяющегося излучения. Показано, что пространственные профили интенсивности распространяющегося излучения в зависимости от значений параметров нелинейности и коэффициента усиления характеризуются периодическим или аperiodическим режимом.*

**Ключевые слова:** *PT-симметрия, световод, пространственный профиль интенсивности.*

## TRANSMISSION OF RADIATION IN A NONLINEAR TWO-CHANNEL *PT*-SYMMETRICAL OPTICAL FIBER

K.D. Liakhomskaia, O.A. Obruchkov

*The article investigates the peculiarities of the stationary distribution of laser radiation in *PT*-symmetric two-channel nonlinear directional light guide. The solutions of the system of differential equations describing the field of radiative transfer are obtained. It is shown, that the spatial profiles of the intensity of the radiative transfer depending on the values of the nonlinearity parameters and the gain are characterized by periodic or aperiodic modes.*

**Keywords:** *PT-symmetry, light guide, spatial intensity profile.*



В последнее время значительно возрос интерес к квантово-механическим системам, характеризующимся неэрмитовым гамильтонианом, но при этом обладающим полностью вещественным спектром при выполняющихся условиях  $PT$ -симметрии [1–2]. Такие системы могут быть рассмотрены в оптике. Например, к ним относятся оптоволокна с притоком и оттоком энергии. Данные системы открывают новые возможности в формировании оптических сигналов и управлении ими, дают возможность усиливать сигналы, что необходимо для их передачи на большие расстояния. Так, в работах [3–5] найдены решения для системы взаимосвязанных волноводов с притоком и оттоком энергии солитонного типа, исследована их устойчивость и динамика.

Известно, что в большинстве случаев дискретные системы обладают потенциалом Пайерлса–Набарро (пПН), что снижает подвижность сигналов в таких системах. В работах [6–9] было показано, что в некоторых случаях можно модифицировать дискретную модель таким образом, чтобы получить точные решения. В данных моделях отсутствует пПН и модификация системы позволяет изучить динамику взаимодействия солитонов более точно, при этом солитоны в таких системах движутся без излучения энергии.

В [10] анализируется система трех двумерных нелинейных уравнений Шредингера, связанных линейными членами и кубической (фокусирующей) или квантовой (дефокусирующей) нелинейностью. В частности, рассматривается модель нелинейных оптических волноводов (триплетов) со сбалансированным усилением и потерями в  $PT$ -симметричном случае.

В [11] рассмотрен асимметричный активный элемент связи, состоящий из двух связанных разнородных волноводов с усилением и потерями. Показано, что система обладает невязанной динамикой, обеспечивающей направленную передачу энергии и

функциональность оптической изоляции. В [12] предложен механизм реализации точного управления симметрией по четности ( $PT$ ) с использованием периодически модулированного нелинейного оптического элемента связи со сбалансированным усилением и потерями. Показано, что при некоторых значениях параметров модуляции можно получить точные аналитические решения для двухмодовых уравнений, описывающих динамику таких нелинейных ответвителей. Эти решения представляют собой наглядные примеры того, что нарушение нелинейности  $PT$ -симметрии обеспечивает аналитический подход в управлении оптическим сигналом в нелинейных  $PT$ -симметричных структурах.

### Постановка задачи. Основные уравнения

В качестве среды с  $PT$ -симметрией нами рассмотрена система из двух нелинейных световодов (нелинейность керровского типа), один из которых характеризуется усилением распространяющегося излучения, другой – потерями (рис. 1).

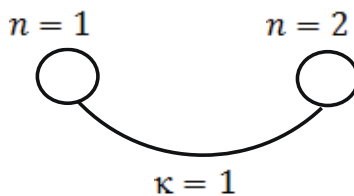


Рис. 1. Схема задачи

Система дифференциальных уравнений, описывающих амплитуды поля волны, которая распространяется в каждом из световодов, имеет вид

$$\begin{cases} i\dot{U}_1 = -U_2 - \delta|U_1|^2 U_1 - \beta|U_2|^2 U_1 - i\gamma U_1, \\ i\dot{U}_2 = -U_1 - \delta|U_2|^2 U_2 - \beta|U_1|^2 U_2 + i\gamma U_2, \end{cases} \quad (1)$$



где  $U_1(U_2)$  – амплитуда поля волны в первом (во втором) световоде;  $\delta$  и  $\beta$  – коэффициенты керровской нелинейности;  $\gamma$  – коэффициент усиления (потерь).

Решение системы (1) ищем в виде

$$\begin{cases} U_1 = A_1 e^{i\varphi_1}, \\ U_2 = A_2 e^{i\varphi_2}, \end{cases} \quad (2)$$

где  $A_1(A_2)$  – амплитуда поля распространяющегося излучения в  $n=1$  ( $n=2$ ) световоде;  $\varphi_1(\varphi_2)$  – фаза поля распространяющегося излучения в  $n=1$  ( $n=2$ ) световоде.

Введем разность фаз  $\Psi = \varphi_1 - \varphi_2$ .

Подставляем (2) в (1), получаем систему дифференциальных уравнений вида:

$$\begin{cases} \dot{A}_1 = A_2 \sin(\varphi_1 - \varphi_2) - \gamma A_1, \\ \dot{A}_2 = -A_1 \sin(\varphi_1 - \varphi_2) + \gamma A_2, \\ \dot{\Psi} = -\frac{n}{A_1 A_2} \cos \Psi + (\delta - \beta)n. \end{cases} \quad (3)$$

Для решения систем уравнений (2) и (3) удобно ввести следующие обозначения:

$$\begin{cases} n_1 = A_1^2, \\ n_2 = A_2^2, \end{cases} \quad (4)$$

где  $n_1(n_2)$  – интенсивность поля излучения в  $n=1$  ( $n=2$ ) световоде;

суммарные и разностные интенсивности:

$$\begin{cases} N = n_1 + n_2, \\ n = n_1 - n_2. \end{cases} \quad (5)$$

Также введем величины:

$$\begin{cases} Q = -2A_1 A_2 \sin \Psi, \\ R = 2A_1 A_2 \cos \Psi. \end{cases} \quad (6)$$

С учетом введенных обозначений получим:

$$\begin{cases} \dot{n} = -2Q - 2\gamma N, \\ \dot{N} = -2\gamma n, \\ \dot{Q} = 2n - (\delta - \beta)nR, \\ \dot{R} = (\delta - \beta)nQ. \end{cases} \quad (7)$$

Из системы уравнений (7) можно получить интеграл движения, связывающий все основные величины задачи:

$$Q^2 + R^2 + n^2 = N^2. \quad (8)$$

Предположим, что накачивается первый световод системы, т. е. начальное условие имеет вид:  $n_{10} \neq 0; n_{20} = 0$ . Из интеграла движения (8) можно получить скорости изменения интенсивностей распространяющегося излучения:

$$\dot{n}_1 = -2\gamma n_1 - \sqrt{4n_1 n_2 - (\delta - \beta)^2 n_1^2 n_2^2}, \quad (9)$$

$$\dot{n}_2 = 2\gamma n_2 + \sqrt{4n_1 n_2 - (\delta - \beta)^2 n_1^2 n_2^2}, \quad (10)$$

а также найти связь между суммарной и разностной интенсивностями:

$$n^2 = N^2 - \frac{16}{(\delta - \beta)^2} \sin^2 \left( \frac{|\delta - \beta|}{4\gamma} (n_{10} - N) \right). \quad (11)$$

Введем следующие обозначения и нормировки:  $n_1 n_2 = x$ ,  $y = \frac{n}{n_{10}}$  и  $x = \frac{N}{n_{10}}$ , тогда получим

$$y^2 = x^2 - \frac{16}{(\delta - \beta)^2 n_{10}^2} \sin^2 \left( \frac{|\delta - \beta| n_{10}}{4\gamma} (1 - x) \right). \quad (12)$$

Из выражения (12) следует, что квадрат скорости изменения нормированной суммарной интенсивности излучения имеет вид

$$x^2 - 4\gamma^2 \left( x^2 - \frac{16}{n_{10}^2 (\delta - \beta)^2} \sin^2 \left( \frac{|\delta - \beta| n_{10}}{4\gamma} (1 - x) \right) \right) = 0. \quad (13)$$

Полученное выражение (13) представляет собой закон сохранения энергии для нелинейного осциллятора, потенциальная энергия которого равна

$$W(x) = -x^2 + \frac{1}{C^2} \sin^2 \left( \frac{C}{\gamma} (1 - x) \right), \quad (14)$$

где константа  $C = \frac{|\delta - \beta| n_{10}}{4}$  определяется из начальных условий.

### Обсуждение полученных результатов

Рассмотрим влияние параметров нелинейностей ( $\delta$  и  $\beta$ ) и коэффициента усиления (затухания)  $\gamma$  на поведение потенциальной энергии системы двух нелинейных световодов, которая определяется выражением (14) и обуславливает соответствующие профили интенсивностей распространяющегося излучения.

На рис. 2, *a* представлена зависимость потенциальной энергии  $W$  системы двух световодов от нормированной суммарной интенсивности излучения  $x$  для значений параметров нелинейностей  $\delta = 0,0001$ ,  $\beta = 0,0001$  и коэффициента усиления (поглощения)  $\gamma = 0,1$ . Видно, что график потенциальной энергии  $W(x)$  представляет собой параболу ветвями вверх. Как известно, физическими являются те решения уравнения (14), при которых выполняется условие  $W(x) < 0$ . Данные значения параметров заключены в узкий интервал в окрестности точки, соответствующей заданным начальным условиям, поэтому пространственные профили интенсивности распространяющегося излучения в первом ( $n_1(z)$ ) и во втором ( $n_2(z)$ ) световодах (рис. 2, *b*) соответствуют периодическому режиму полной перекачки энергии излучения из накачиваемого первого световода во второй. При этом значения амплитуды распространяющегося излучения в обоих световодах достигают величины накачки, равной единице.

При увеличении коэффициента усиления (поглощения)  $\gamma$  потенциальная энергия  $W(x)$  системы двух световодов как и в предыдущем случае соответствует периодическому режиму распространения излучения в системе, но при этом наблюдается трансформация пространственных профилей интенсивностей излучения. Так, для  $\gamma = 0,85$  и значений  $\delta = 0,1$ ,  $\beta = 0,1$  (рис. 2, *в, г*) частота распространения из-

лучения уменьшается в два раза, а амплитуды колебаний более чем в три раза превосходят величину накачки. Отметим, что полная перекачка энергии осуществляется на единственном участке по всей длине световодов при  $z \approx 1,1$ .

На рис. 2, *д, е* представлены зависимости потенциальной энергии системы от нормированной суммарной интенсивности излучения  $x$  для значений параметров нелинейностей  $\delta = 0,1$ ,  $\beta = 0,1$  и коэффициента усиления (поглощения)  $\gamma = 1,1$ . Выбранное значение  $\gamma$  относится к аperiodическому режиму поведения соответствующих пространственных профилей распространяющегося излучения, что определяется видом потенциальной энергии задачи – функции  $W(x)$ , так как она представляет собой правую нисходящую ветвь параболы (рис. 2, *д*). При этом величины интенсивностей полей возрастают по экспоненциальному закону, в десятки раз превосходя величину накачки световодов (рис. 2, *е*). Это обусловлено, прежде всего тем, что вклад слагаемого, отвечающего за усиление ( $+i\gamma U_2$ ) в системе уравнений (1), преобладает по значимости над вкладом двух слагаемых, ответственных за нелинейный характер взаимодействия полей, распространяющихся в системе.

Численный анализ решений системы (1) показывает, что аperiodический режим у торцов ответвителя может существовать и при  $\gamma \leq 1$ , но при условии, что один из параметров нелинейности  $\delta$  или  $\beta$  принимает значения  $\geq 1$ .

При существенном увеличении одного из параметров нелинейности, например  $\beta = 3$ ,  $\delta = 0,1$ , и небольшом значении коэффициента усиления (поглощения)  $\gamma = 0,1$  меняется вид потенциальной энергии. Как видно из рис. 2, *ж*  $W(x)$  представляет собой нисходящую ветвь параболы, на которую «нанизываются» колебания малой амплитуды. При этом точка, соответствующая начальному условию, попа-

дает на минимум одного из тактов колебаний, что свидетельствует о периодическом характере пространственных профилей распространяющегося излучения. Так, на

рис. 2, з представлена сложная структура пространственных профилей. В отличие от ранее рассмотренного случая (см. рис. 2, б) она является двоякопериодической:

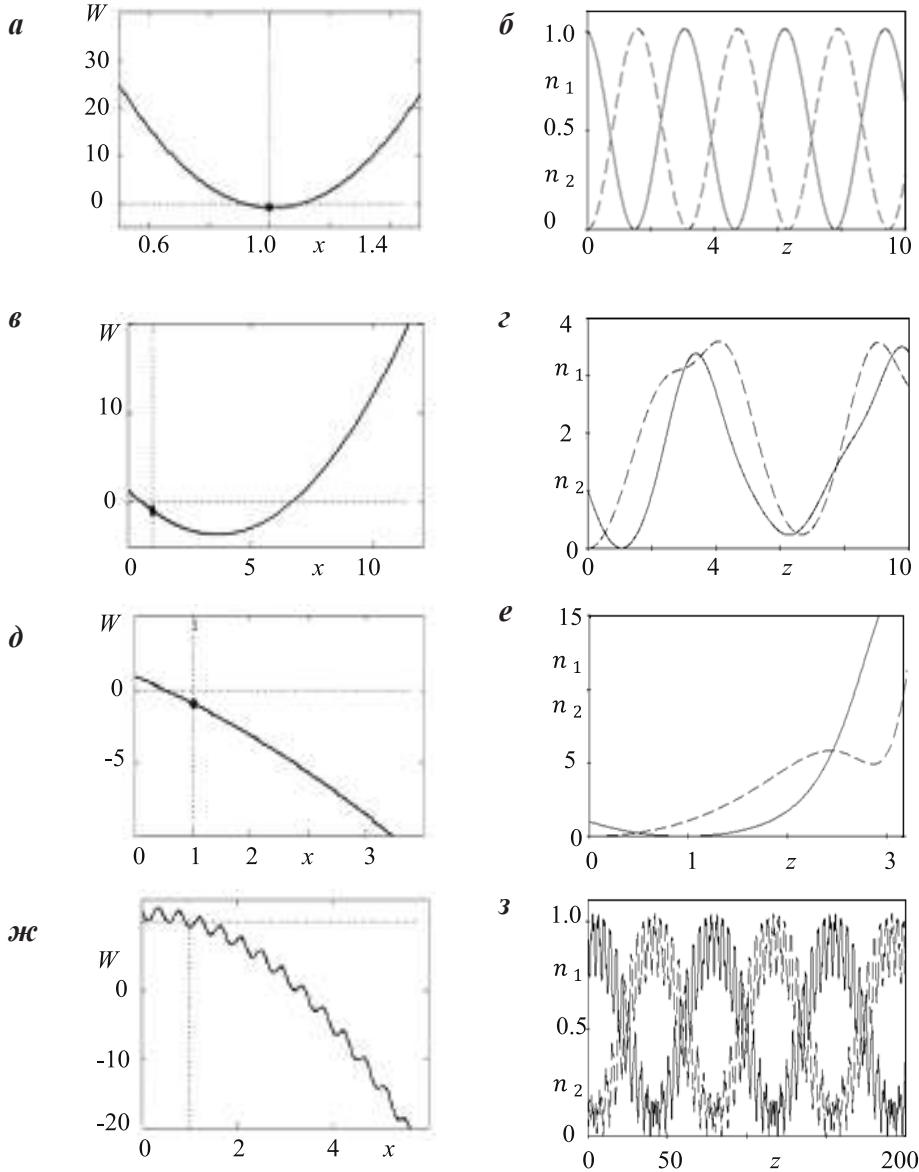


Рис. 2. Зависимость потенциальной энергии системы от нормированной суммарной интенсивности излучения  $W(x)$  (а, в, д, ж) и пространственные профили интенсивности в первом ( $n_1(z)$  – сплошная) и втором ( $n_2(z)$  – пунктир) световодах (б, з, е, з) для следующих значений параметров: а, б –  $\delta = 0,0001$ ,  $\beta = 0,0001$  и  $\gamma = 0,1$ ; в, з –  $\delta = 0,1$ ,  $\beta = 0,1$  и  $\gamma = 0,85$ ; д, е –  $\delta = 0,1$ ,  $\beta = 0,1$  и  $\gamma = 1,1$ ; ж, з –  $\delta = 0,1$ ,  $\beta = 3$  и  $\gamma = 0,1$

колебания малой амплитуды, но большой частоты «нанизываются» на «основные», амплитуда которых ввиду малости значения параметра  $\gamma$  незначительно превосходит величину накачки.

Таким образом, поведение зависимости потенциальной энергии системы от суммарной интенсивности излучения при различных значениях параметров нелинейностей  $\delta$ ,  $\beta$  и коэффициента усиления (поглощения)  $\gamma$  свидетельствует о возможности существования как периодического, так и аперриодического режима распространения излучения в двухканальном нелинейном направленном ответвителе.

### Заключение

Рассмотрено распространение излучения в среде с  $PT$ -симметрией. В качестве такой среды выбрана система из двух световодов, один из которых характеризуется усилением распространяющегося излучения, другой – потерями.

Получены численные решения системы дифференциальных уравнений, описывающих поле распространяющегося излучения при накачке одного из световодов.

Показано, что пространственные профили интенсивности распространяющегося излучения в таком двухканальном нелинейном световоде с  $PT$ -симметрией характеризуются периодическим или аперриодическим режимом в зависимости от значений параметров нелинейностей и коэффициента усиления.

### Цитированная литература

1. **Bender C.M., Boettcher S.** Real Spectra in Non-Hermitian Hamiltonians Having  $PT$  Symmetry // *Phys. Rev. Lett.* – 1998. – Vol. 80. – P. 5243.
2. **Bender C.M.** Making Sense of Non-Hermitian Hamiltonians // *Rep. Prog. Phys.* – 2007. – Vol. 70. – P. 947.
3. **Dmitriev S.V., Suchkov S.V., Sukhorukov A.A. et al.** Scattering of linear and nonlinear waves in a waveguide array with a  $PT$ -symmetric defect // *Phys. Rev.* – 2011. – Vol. A84. – P. 013833.
4. **Suchkov S.V., Malomed B.A., Dmitriev S.V. et al.** Localized Excitations in Nonlinear Complex Systems. Current State of the Art and Future Perspectives // *Phys. Rev.* – 2011. – Vol. E84. – P. 046609.
5. **Dmitriev S.V., Sukhorukov A.A., Kivshar Yu.S.** Binary parity-time-symmetric nonlinear lattices with balanced gain and loss // *Opt. Lett.* – 2010. – Vol. 35. – P. 2976–2978.
6. **Dmitriev S.V., Kevrekidis P.G., Khare A. et al.** Exact static solutions to a translationally invariant discrete model // *Physics A: Math. Theor.* – 2007. – Vol. 40. – P. 6267.
7. **Roy I., Kevrekidis P.G., Saxena A.J. et al.** Soliton collision in discrete  $PT$ -symmetric systems without Peierls-Nabarro potential // *Phys. Rev.* – 2007. – Vol. E76. – P. 026601.
8. **Dmitriev S.V., Kevrekidis P.G., Sukhorukov A.A. et al.** Exact static solutions for discrete  $\phi^4$  models free of the Peierls-Nabarro potential // *Phys. Lett.* – 2006. – Vol. A356. – P. 324.
9. **Kevrekidis P.G., Dmitriev S.V., Sukhorukov A.A.** On a class of spatial discretizations of equations of the nonlinear Schrödinger type // *Mathematics and Computers in Simulation.* – 2007. – Vol. 74. – P. 343.
10. **Feijoo D., Zezyulin D.A., Konotopov V.V.** Two-dimensional solitons in conservative and  $PT$ -symmetric triple-core waveguides with cubic-quintic nonlinearity // *Phys. Rev.* – 2015. – Vol. E 92. – P. 062909.
11. **Kominis Y., Bountis T., Flach S.** The Asymmetric Active Coupler: Stable Nonlinear Supermodes and Directed Transport. – URL: [www.nature.com/scientificreports](http://www.nature.com/scientificreports)
12. **Yang B., Luo X., Hu Q.L. et al.** Exact control of parity-time symmetry in periodically modulated nonlinear optical couplers // *Phys. Rev.* – 2015. – Vol. A 94 (4). – P. 043828.

УДК 53.044

## ДИНАМИКА ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОСЦИЛЛЯЦИЙ ПОЛЯРИТОНОВ В МИКРОРЕЗОНАТОРЕ В УСЛОВИЯХ ТОЧНОГО РЕЗОНАНСА И РАВЕНСТВА НУЛЮ НАЧАЛЬНОЙ РАЗНОСТИ ФАЗ

О.Ф. Васильева, А.П. Зинган, В.В. Васильев

*Изучена динамика поляритонов в микрорезонаторе в режиме параметрического осциллятора, когда два поляритона накачки превращаются в поляритоны сигнальной и холостой мод и обратно. При этом накачка осуществляется двумя лазерными импульсами с близкими частотами. Найдены аналитические решения системы нелинейных дифференциальных уравнений. Получен периодический режим превращения пары поляритонов накачки в поляритоны сигнальной и холостой мод, а также режим покоя системы.*

**Ключевые слова:** поляритоны накачки, поляритоны сигнальной и холостой мод, периодическая эволюция, режим покоя.

## DYNAMICS OF PARAMETRIC OSCILLATIONS OF POLARITONS IN A MICROCAVITY IN THE CONDITIONS OF EXACT RESONANCE AND EQUAL ZERO OF THE INITIAL DIFFERENCE OF PHASES

O.F. Vasilieva, A.P. Zingan, V.V. Vasiliev

*The dynamics of polaritons in a microcavity in the parametric oscillator mode is studied, when two polaritons of the pump turn into polaritons of the signal and idler modes and back. In this case, the pumping is carried out by two lasers with similar frequencies. Analytical solutions of a system of nonlinear differential equations are obtained. The periodic mode of transformation of a pair of pump polaritons into polaritons of the signal and idler modes is obtained, as well as the rest mode of the system.*

**Keywords:** pump polariton, signal and idler mode polaritons, periodic evolution, rest mode.

### Введение

Со времени первого наблюдения конденсаты экситон-поляритонов служат мощным инструментом для исследования фундаментальных явлений квантовой физики и неравновесной динамики. Смешанные экситон-фотонные состояния в плоских полупроводниковых микрорезонаторах с квантовыми ямами в активном слое представляют собой новый класс квазидвумерных квазичастиц с уникальными свойствами [1–13]. Такие состояния называются микрорезонаторными экситон-поляритонами. Они возникают благодаря сильной связи экситонов с собственными модами электромагнитного излучения микрорезонатора. В условиях сильной

связи экситонная и фотонная моды расталкиваются и появляются верхняя и нижняя микрорезонаторные поляритонные моды. Непараболичность нижней поляритонной ветви допускает возникновение параметрического процесса, в результате которого два поляритона накачки рассеиваются в сигнальную и холостую моды с сохранением энергии и импульса. Поэтому огромный интерес вызывает поляритон-поляритонное рассеяние, благодаря которому экситон-поляритонная система демонстрирует сильно нелинейные свойства [6–13].

Бозонная конденсация микрорезонаторных поляритонов сопровождается их релаксацией из ансамбля возбужденных состояний в единое квантовое состояние. Избыток энергии передается кристалличе-

ской решетке, что в конечном итоге приводит к нагреву структуры. Образование конденсата вызывает локальное увеличение температуры, вследствие чего происходит красное смещение энергии экситонов, обеспечивающее механизм самозахвата поляритонов.

Формирование локализованных состояний поляритонных сверхтекучих жидкостей было исследовано как теоретически, так и экспериментально в различных микрорезонаторных системах. Наиболее наглядными примерами являются яркие [14, 15] и темные [16] солитоны, которые образуются в областях отрицательной и положительной эффективной массы низкополяритонной дисперсионной ветви, соответственно диссипативные солитоны и вихри [17, 18]. В [19] теоретически изучен новый тип локализованных состояний – коллективные бозонные поляроны. Это новое топологическое состояние формируется под неоднородной нерезонансной накачкой и представляет собой терминальную линию, соединяющую встречные потоки поляритонов с ярким солитоноподобным пиком интенсивности в точке их соприкосновения. Используя управляемую диссипативную модель Гросса–Питаевского, ученые [19] предсказали новый тип стабильного локализованного решения, поддерживаемого термически индуцированным самозахватом в одномерной структуре микрорезонатора. Режим самозахвата поляритонов накачки был теоретически предсказан также в [20] при учете одномодовых и межмодовых постоянных взаимодействий поляритонов накачки, сигнальной и холостой мод соответственно. Экспериментально было обнаружено проявление термически индуцированного самозахвата конденсата [21] при возбуждении когерентного поляритона короткими оптическими импульсами. Вместо ожидаемой диффузии вдали от места возбуждения в этих экспериментах наблю-

дался коллапс поляритонной жидкости в узкое место. Данная локализация была интерпретирована в терминах коллективного поляритонного эффекта, вызванного локальным нагревом кристаллической решетки.

Описание поляритонных параметрических осцилляторов и усилителей представлено в ряде работ [2, 5, 7, 8, 12, 13, 21]. Экситон-экситонные взаимодействия играют ключевую роль в сильных нелинейностях, присутствующих в поляритонных системах микрорезонатора. Первой попыткой контроля этих взаимодействий было использование концепции диполяритонов [22] путем включения двойных асимметричных квантовых ям в электрически смещенный микрорезонатор. Как прямые, так и непрямые экситоны соединяются с одной и той же модой резонатора, образуя новый тип поляритона с аналогичными свойствами по отношению к экситон-поляритонной системе. В [23] теоретически исследована динамика диполяритонов с учетом трех каналов рассеяния. Получены аперiodические и периодические режимы эволюции диполяритонов накачки в диполяритоны сигнальной и холостой мод. В [24] путем объединения широких квантовых ям в простом волноводе наблюдалось образование диполярных поляритонов. Основным ограничением исследуемых поляритонных систем в отличие от их атомных аналогов для изучения сильно коррелированных явлений и физики многих тел выступает относительно слабое двухчастичное взаимодействие по сравнению с хаосом. В [25] показаны новые возможности усиления таких локальных взаимодействий и нелинейностей путем настройки экситон-поляритонного дипольного момента в электрически смещенных полупроводниковых микрорезонаторах, включающих широкие квантовые ямы.

Микрорезонаторные экситон-поляритоны обладают бистабильностью при низких оптических мощностях благодаря силь-



ным нелинейностям [26]. Поляризационная зависимость нелинейностей вызывает поляризационную мультистабильность [27, 28], которая может быть использована для создания спиновых запоминающих устройств [29], логических вентилей [30, 31] или переключателей [32]. Спин и интенсивность оптически захваченных поляритонных конденсатов изучаются при стационарной эллиптически поляризованной нерезонансной накачке. Наблюдаются три различных эффекта: 1) инверсия спина, когда конденсация происходит в противоположном направлении от накачки; 2) спин и гистерезис интенсивности при сканировании мощности накачки; 3) резкий переход «спин–коллапс» в конденсате. В [33] показано, что эти эффекты сильно зависят от размера ловушки и положения образца и связаны с небольшими различиями в энергии между компонентами спина конденсата.

В [34] впервые экспериментально продемонстрирована спонтанная генерация двумерных экситон-поляритонов рентгеновскими лучами. Рентгеновские волны принадлежат к семейству локализованных пакетов, которые способны поддерживать свою форму без распространения даже в линейном режиме. Это позволяет сохранять форму и размер пакета при очень низких плотностях и очень длительном времени по сравнению, например, с солитонными волнами, что всегда требует нелинейности для компенсации диффузии. В [34] использована нелинейность поляритонов и уникальная структурированная дисперсия, включающая кривизны как положительной, так и отрицательной массы, чтобы инициировать асимметричное четырехволновое смешение в импульсном пространстве. Это в конечном итоге способствует самообразованию пространственного фронта рентгеновской волны. При проведении экспериментов по сверхбыстрой визуализации наблюдалось изменение формы исходного гауссова пакета в

рентгеновский импульс и его распространение даже для исчезающих малых плотностей.

В [20, 35, 36] при исследовании свойств оптического параметрического осциллятора использовались два одинаковых фотона накачки на нижней ветви поляритонного закона дисперсии. Однако в [37–39] было показано, что два различных пучка накачки можно конвертировать в два вырожденных на частоте фотона сигнальной и холостой мод. Наличие двух различных пучков накачки предоставляет большие возможности для генерации сигнального и холостого пучков с наперед заданными свойствами.

### **Постановка задачи. Основные уравнения**

Цель данной работы – изучить изменение во времени плотности поляритонов при накачке нижней ветви в двух близких по энергии точках закона дисперсии. Будем считать, что оба пучка накачки различаются по амплитуде (интенсивности), однако энергии фотонов различаются слабо. Рассмотрим ситуацию на временах порядка либо меньших времени релаксации возбуждений среды. Мы полагаем, что с помощью ультракоротких импульсов резонансного лазерного излучения в микрорезонаторе создается система когерентных экситон-поляритонов. Микрорезонатор обеспечивает пространственное ограничение области существования поляритонов, которые взаимно превращаются друг в друга. Квантовая яма, в которой возникают поляритоны, вставляется в брэгговскую структуру, характеризующуюся определенным пропусканием, отражением и потерями [8, 9, 12, 40, 41]. Особенности эволюции системы будут проявляться в генерации вторичных субимпульсов либо периодического излучения на частотах экситон-поляритонов.

Далее мы рассматриваем ситуацию, когда поляритоны возбуждаются на нижней ветви закона дисперсии под «магическим» углом (рис. 1). В [4, 5] показано, что процесс параметрического рассеяния двух поляритонов накачки в сигнальную и холостую моды описывается гамильтонианом вида

$$\frac{1}{\hbar}H = \omega_{p_1} \hat{a}_{p_1}^+ \hat{a}_{p_1} + \omega_{p_2} \hat{a}_{p_2}^+ \hat{a}_{p_2} + \omega_s \hat{a}_s^+ \hat{a}_s + \omega_i \hat{a}_i^+ \hat{a}_i + \mu \left( \hat{a}_s^+ \hat{a}_i^+ \hat{a}_{p_1} \hat{a}_{p_2} + \hat{a}_{p_1}^+ \hat{a}_{p_2}^+ \hat{a}_s \hat{a}_i \right), \quad (1)$$

где  $\omega_{p_1}, \omega_{p_2}, \omega_s$  и  $\omega_i$  – собственные частоты поляритонов накачки сигнальной и холостой мод соответственно;  $\hat{a}_{p_1}, \hat{a}_{p_2}, \hat{a}_s, \hat{a}_i$  – операторы уничтожения поляритонов;  $\mu$  – константа параметрической поляритон-поляритонной конверсии.

С помощью (1) легко получить систему гайзенберговских уравнений для операторов  $\hat{a}_{p_1}, \hat{a}_{p_2}, \hat{a}_s, \hat{a}_i$ . Усредняя эту систему уравнений и используя приближение среднего поля (mean field approximation), применимость которого обоснована в [42], в условиях точного резонанса ( $\omega_{p_1} + \omega_{p_2} - \omega_s - \omega_i = 0$ ) для комплексных амплитуд поляритонов  $a_{p_1} = \langle \hat{a}_{p_1} \rangle$ ,  $a_{p_2} = \langle \hat{a}_{p_2} \rangle$ ,  $a_s = \langle \hat{a}_s \rangle$  и  $a_i = \langle \hat{a}_i \rangle$  можно получить следующую

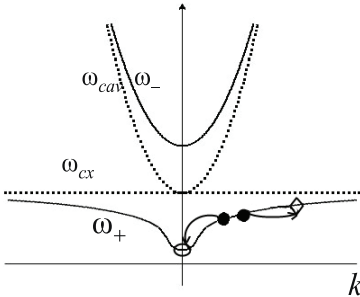


Рис. 1. Энергии поляритонов верхней и нижней ветвей ( $\omega_{\pm}$ ). Дисперсия собственных частот микрорезонатора  $\omega_{cav}$  и экситона  $\omega_{ex}$ .

Два поляритона накачки рассеиваются в сигнальную и холостую моды

систему нелинейных эволюционных уравнений:

$$\begin{aligned} i\dot{a}_{p_1} &= \mu a_{p_2}^* a_s a_i, & i\dot{a}_{p_2} &= \mu a_{p_1}^* a_s a_i, \\ i\dot{a}_s &= \mu a_{p_1} a_{p_2} a_i^*, & i\dot{a}_i &= \mu a_{p_1} a_{p_2} a_s^*. \end{aligned} \quad (2)$$

Решения уравнений (2) ищем в виде:  $a_{p_1} = A_{p_1} \exp(i\varphi_{p_1})$ ,  $a_{p_2} = A_{p_2} \exp(i\varphi_{p_2})$ ,  $a_s = A_s \exp(i\varphi_s)$ ,  $a_i = A_i \exp(i\varphi_i)$ , где  $A_{p_1}, A_{p_2}, A_s, A_i$  и  $\varphi_{p_1}, \varphi_{p_2}, \varphi_s, \varphi_i$  – действительные амплитуды и фазы соответствующих поляритонных состояний. В результате для амплитуд и разности фаз  $\theta = \varphi_{p_1} + \varphi_{p_2} - \varphi_s - \varphi_i$  мы получаем систему нелинейных эволюционных уравнений:

$$\begin{aligned} \dot{A}_{p_1} &= -\mu A_{p_2} A_s A_i \sin \theta, \\ \dot{A}_{p_2} &= -\mu A_{p_1} A_s A_i \sin \theta, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\dot{A}_s = \mu A_{p_1} A_{p_2} A_i \sin \theta,$$

$$\dot{A}_i = \mu A_{p_1} A_{p_2} A_s \sin \theta,$$

$$\dot{\theta} = \mu \left( \frac{A_{p_1} A_{p_2} A_i}{A_s} + \frac{A_{p_1} A_{p_2} A_s}{A_i} - \frac{A_{p_1} A_s A_i}{A_{p_2}} - \frac{A_{p_2} A_s A_i}{A_{p_1}} \right) \cos \theta.$$

Систему уравнений (3) дополним начальными условиями:  $A_{p_1}|_{t=0} = A_{p_1 0}$ ,  $A_{p_2}|_{t=0} = A_{p_2 0}$ ,  $A_s|_{t=0} = A_{s 0}$ ,  $A_i|_{t=0} = A_{i 0}$  и  $\theta|_{t=0} = \theta_0$ .

Из (3) легко получить следующие интегралы движения:

$$A_{p_1}^2 - A_{p_2}^2 = A_{p_1 0}^2 - A_{p_2 0}^2,$$

$$A_s^2 - A_i^2 = A_{s 0}^2 - A_{i 0}^2,$$

$$A_{p_1}^2 + A_s^2 = A_{p_1 0}^2 + A_{s 0}^2, \quad (4)$$

$$A_{p_2}^2 + A_i^2 = A_{p_2 0}^2 + A_{i 0}^2,$$

$$\cos \theta = \frac{A_{p_1 0} A_{p_2 0} A_{s 0} A_{i 0}}{A_{p_1} A_{p_2} A_s A_i} \cos \theta_0.$$



Вводя далее плотности поляритонов  $N_{p_1} = A_{p_1}^2$ ,  $N_{p_2} = A_{p_2}^2$ ,  $N_s = A_s^2$ ,  $N_i = A_i^2$  и используя полученные интегралы движения, систему уравнений (4) можно привести к одному нелинейному дифференциальному уравнению, описывающему временную эволюцию плотности поляритонов накачки  $N_{p_1}$ :

$$\dot{N}_{p_1}^2 + W(N_{p_1}) = E_0, \quad (5)$$

где

$$W(N_{p_1}) = -N_{p_1}(N_{p_2} - N_{p_1} + N_{p_1}) \times \\ \times (N_{s0} + N_{p_1} - N_{p_1})(N_{i0} + N_{p_1} - N_{p_1}); \quad (6)$$

$$E_0 = -N_{p_1}N_{p_2}N_{s0}N_{i0} \cos^2 \theta_0. \quad (7)$$

Здесь  $W(N_{p_1})$  играет роль потенциальной,  $\dot{N}_{p_1}^2$  – кинетической,  $E_0$  – полной энергии нелинейного осциллятора. Колебания осциллятора происходят в той области значений  $N_{p_1}$ , в которой  $W(N_{p_1}) \leq E_0$ . Вид решения существенно определяется корнями алгебраического уравнения четвертой степени  $W(N_p) = E_0$ , которые зависят от значений начальных параметров системы  $N_{p_1}$ ,  $N_{p_2}$ ,  $N_{s0}$ ,  $N_{i0}$  и  $\theta_0$ .

Из (6) и (7) видно, что если в начальный момент времени одна из плотностей поляритонов равна нулю, то динамика системы не зависит от начальной разности фаз, поэтому далее будем предполагать, что в начальный момент времени в системе присутствуют поляритоны накачки обоих импульсов и поляритоны сигнальной и холостой мод.

Ранее в работе [39] было получено решение уравнения (5) для случая  $\theta_0 = \frac{\pi}{2}$ . Показано, что при накачке нижней поляритонной ветви в двух близких точках возможен периодический процесс превращения пары поляритонов накачки в

поляритоны сигнальной и холостой мод, тогда как при накачке поляритонной ветви в одной точке закона дисперсии в условиях точного резонанса при начальной разности фаз, равной  $\theta_0 = \frac{\pi}{2}$ , наблюдался только аperiodический режим эволюции превращения пары поляритонов накачки в поляритоны сигнальной и холостой мод [20, 35, 36].

В данной работе рассмотрим случай  $\theta_0 = 0$ . Уравнение  $W(N_p) = E_0$  имеет четыре действительных корня, которые мы расположим в порядке убывания их значений и обозначим соответственно  $y_1 > y_M > y_m > y_4$ . На рис. 2 представлены корни уравнения для потенциальной энергии. Видно, что в этом случае один из корней уравнения  $W(N_p) = E_0$  совпадает

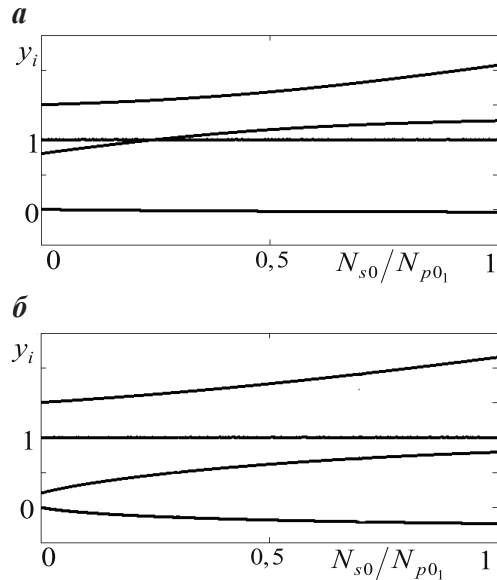


Рис. 2. Зависимость корней уравнения  $W(N_p) = E_0$  от нормированной начальной плотности поляритонов сигнальной моды  $N_{s0}/N_{p01}$  при фиксированных начальных плотностях поляритонов накачки второго импульса и поляритонов холостой моды:  
 а –  $N_{p02}/N_{p01} = 0,2$ ,  $N_{i0}/N_{p01} = 0,5$ ;  
 б –  $N_{p02}/N_{p01} = 0,8$ ,  $N_{i0}/N_{p01} = 0,5$

с начальным условием  $y_i = N_{p0_1}$ . Поэтому решение не будет содержать фазового сдвига.

В случае когда в начальный момент времени плотность одного из импульсов накачки, например второго импульса, меньше либо равна начальной плотности поляритонов холостой моды  $N_{p0_2} \leq N_{i0}$ , при определенном соотношении между начальными параметрами системы решение уравнения (5) имеет вид:  $N_{p_1}(\tau) = 1$ . Это означает, что при отличных от нуля плотностях всех поляритонов в системе невозможна нетривиальная эволюция, так как начальные плотности поляритонов не изменяются во времени. На фазовой плоскости  $(N_{p_1}, \dot{N}_{p_1})$  этому случаю соответствует фазовый центр. На графике зависимости потенциальной энергии  $W(N_{p_1})$  нелинейного осциллятора от  $N_{p_1}$  этому случаю соответствует движение частицы, находящейся в минимуме потенциальной ямы, с нулевой кинетической энергией. Частица в этом случае не может сдвинуться с начального положения, так как ее скорость равна нулю.

В отсутствие вырождения двух средних корней уравнения  $W(N_p) = E_0$  возникают два случая эволюции. Уравнение  $W(N_p) = E_0$  имеет четыре действительных корня. В зависимости от соотношения между параметрами  $N_{p0_2}$ ,  $N_{i0}$ ,  $N_{s0}$  в первом случае корни упорядочиваются так, что  $y_1 > N_{p0_1} > y_m > y_4$ , а во втором –  $y_1 > y_m > N_{p0_1} > y_4$  (рис. 2, а). В первом случае плотность поляритонов накачки первого импульса изменяется в пределах  $y_m \leq N_{p_1} \leq N_{p0_1}$ , тогда так во втором – в пределах  $N_{p0_1} \leq N_{p_1} \leq y_m$ . Следовательно, в зависимости от параметров возможны колебания плотности поляритонов накачки в первом случае под фоном с амплитудой  $A = N_{p0_1} - y_m$ , а во втором – над фоном с амплитудой  $A = y_m - N_{p0_1}$ , где плотность фона равна начальной плотности поляритонов накачки  $N_{p0_1}$ . При ра-

венстве двух средних корней уравнения  $W(N_p) = E_0$  колебания отсутствуют, амплитуда колебаний оказывается равной нулю и, следовательно, плотность поляритонов накачки первого импульса сохраняется во времени. То есть в системе наблюдается режим покоя.

Решение уравнения (5) в первом случае имеет вид

$$N_{p_1} = \frac{N_{p0_1} - \frac{y_1(N_{p0_1} - y_m)}{y_1 - y_m} \operatorname{sn}^2 \sqrt{(y_1 - y_m)(N_{p0_1} - y_4)} \tau}{N_{p0_1} - \frac{N_{p0_1} - y_m}{y_1 - y_m} \operatorname{sn}^2 \sqrt{(y_1 - y_m)(N_{p0_1} - y_4)} \tau}, \quad (8)$$

где  $\operatorname{sn}(x)$  – эллиптическая функция Якоби с модулем  $k$  [43, 44], амплитуда  $A$  и период  $T$  колебаний равны:

$$k^2 = \frac{(y_1 - y_4)(N_{p0_1} - y_m)}{(y_1 - y_m)(N_{p0_1} - y_4)},$$

$$A = N_{p0_1} - y_m, \quad (9)$$

$$T = \frac{2K(k)}{\sqrt{(y_1 - y_m)(N_{p0_1} - y_4)}}.$$

Во втором случае соответственно получаем

$$N_{p_1} = \frac{N_{p0_1} - \frac{y_4(y_m - N_{p0_1})}{y_m - y_4} \operatorname{sn}^2 \sqrt{(y_1 - N_{p0_1})(y_m - y_4)} \tau}{N_{p0_1} - \frac{y_m - N_{p0_1}}{y_m - y_4} \operatorname{sn}^2 \sqrt{(y_1 - N_{p0_1})(y_m - y_4)} \tau}, \quad (10)$$

где

$$k^2 = \frac{(y_1 - y_4)(y_m - N_{p0_1})}{(y_1 - N_{p0_1})(y_m - y_4)},$$

$$A = y_m - N_{p0_1}, \quad (11)$$

$$T = 2K(k) / \sqrt{(y_1 - N_{p0_1})(y_m - y_4)}.$$

Если в (8) положить  $y_m = N_{p0_1}$  либо в (10) –  $y_M = N_{p0_1}$ , то мы получим решение  $N_{p_1}(\tau) = 1 = \text{const}$ .

Из (8) и (10) следует, что плотность поляритонов накачки эволюционирует периодически (рис. 3). При этом, как уже отмечалось, колебания плотности происходят и под фоном, и над фоном. Амплитуда колебаний, которая определяется как разность двух средних корней уравнения  $W(N_p) = E_0$ , при фиксированных  $N_{i0}$  и  $N_{p0_2}$  сначала убывает с ростом начальной плотности поляритонов сигнальной моды  $N_{s0}$ , затем обращается в нуль (при этом два средних корня совпадают) и далее монотонно растет

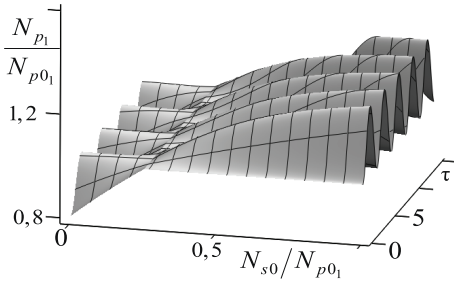


Рис. 3. Временная эволюция плотности поляритонов накачки первого импульса  $N_{p_1}/N_{p0_1}$  в зависимости от начальной плотности поляритонов сигнальной моды  $N_{s0}/N_{p0_1}$  при фиксированных начальных плотностях поляритонов накачки второго импульса  $N_{p0_2}/N_{p0_1} = 0,2$  и поляритонов холостой моды  $N_{i0}/N_{p0_1} = 0,5$ . Здесь  $\tau = \frac{\mu t}{N_{p0_1}}$

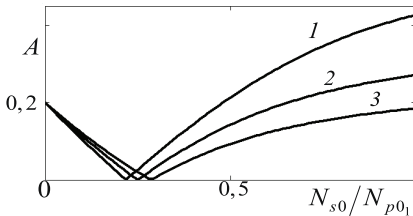


Рис. 4. Амплитуда колебаний плотности поляритонов накачки первого импульса  $N_{p_1}/N_{p0_1}$  в зависимости от  $N_{s0}/N_{p0_1}$  при  $N_{p0_2}/N_{p0_1} = 0,2$  и разных значениях  $N_{i0}/N_{p0_1}$ , равных 0,7 (1); 0,5(2); 0,4 (3)

(рис. 4). При увеличении начальной плотности поляритонов холостой моды  $N_{i0}$  режим покоя возникает при меньшем значении начальной плотности поляритонов сигнальной моды  $N_{s0}$ . Что касается периода колебаний, то с увеличением  $N_{s0}$  период колебаний монотонно сокращается.

В случае когда  $N_{p0_2} > N_{i0}$ , вырожденные средние корни не наблюдается (рис. 2, б) и эволюция системы представляет собой периодическое попарное превращение поляритонов накачки в поляритоны сигнальной и холостой мод. Решение уравнения (5) будет иметь такой же вид, как (8). На рис. 5, 6 представлена временная

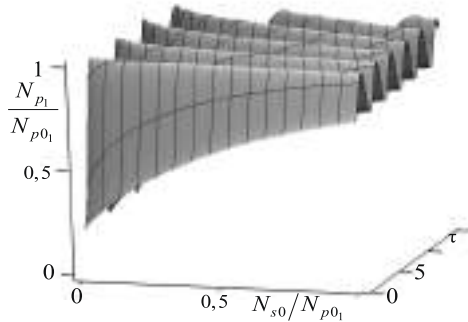


Рис. 5. Временная эволюция плотности поляритонов накачки первого импульса  $N_{p_1}/N_{p0_1}$  в зависимости от начальной плотности поляритонов сигнальной моды  $N_{s0}/N_{p0_1}$  при фиксированных начальных плотностях поляритонов накачки второго импульса  $N_{p0_2}/N_{p0_1} = 0,8$  и поляритонов холостой моды  $N_{i0}/N_{p0_1} = 0,5$ . Здесь  $\tau = \frac{\mu t}{N_{p0_1}}$

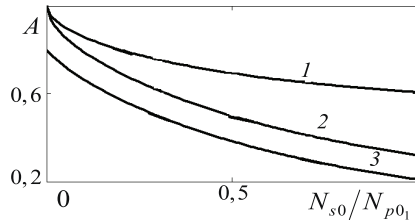


Рис. 6. Амплитуда колебаний плотности поляритонов накачки первого импульса  $N_{p_1}/N_{p0_1}$  в зависимости от  $N_{s0}/N_{p0_1}$  при: 1 –  $N_{p0_2}/N_{p0_1} = 1$ ,  $N_{i0}/N_{p0_1} = 0,2$ ; 2 –  $N_{p0_2}/N_{p0_1} = 1$ ,  $N_{i0}/N_{p0_1} = 0,5$ ; 3 –  $N_{p0_2}/N_{p0_1} = 0,8$ ,  $N_{i0}/N_{p0_1} = 0,5$

эволюция и амплитуда колебаний плотности поляритонов накачки первого импульса. Видно, что амплитуда колебаний в этом случае будет тем больше, чем выше плотность поляритонов накачки второго импульса  $N_{p0_2}$  и меньше плотность поляритонов холостой моды  $N_{i0}$ .

### Заключение

Таким образом, при накачке нижней поляритонной ветви в двух близких точках закона дисперсии возможен периодический процесс превращения пары поляритонов накачки в поляритоны сигнальной и холостой мод, а также покой системы. Режим покоя будет наблюдаться только в случае, когда одна из начальных плотностей поляритонов накачки меньше либо равна начальной плотности поляритонов холостой моды. Необходимо отметить, что при накачке поляритонной ветви в одной точке закона дисперсии в условиях точного резонанса при начальной разности фаз, равной  $\theta_0 = 0$ , также наблюдался периодический режим эволюции превращения пары поляритонов накачки в поляритоны сигнальной и холостой мод и покой системы при отличных от нуля начальных параметрах системы [20, 35, 36].

### Цитированная литература

1. **Kavokin A.V., Malpuech G.** Thin Films and Nanostructures. Cavity polaritons / edited by V.M. Agranovich and D. Taylor. – Amsterdam, 2003.
2. **Deng H., Haug H., Yamamoto Y.** // Rev. Mod. Phys. – 2010. – Vol. 82. – P. 1489.
3. **Kavokin A.** // Appl. Phys. – 2007. – Vol. A 89. – P. 241.
4. **Glazov M.M., Kavokin K.V.** // Phys. Rev. – 2006. – Vol. B 73. – P. 245317.
5. **Shelykh I.A., Johne R., Solnyshkov D.D. et al.** // Phys. Rev. – 2007. – Vol. B 76. – P. 155308.
6. **Whittaker D.M.** // Phys. Rev. – 2001. – Vol. B 63. – P. 193305.
7. **Ciuti C., Schwendimann P., Deveaud B. et al.** // Phys. Rev. – 2000. – Vol. B 62. – P. 4825.
8. **Savvidis P.G., Baumberg J.J., Stevenson R.M. et al.** // Phys. Rev. Lett. – 2000. – Vol. 84. – P. 1547.
9. **Baumberg J.J., Savvidis P.G., Stevenson R.M. et al.** // Phys. Rev. – 2000. – Vol. B 62. – P. 16247.
10. **Ciuti C.** // Phys. Rev. – 2004. – Vol. B 69. – P. 245304.
11. **Schwendimann P., Ciuti C., Quattropani A.** // Phys. Rev. – 2003. – Vol. B 68. – P. 165324.
12. **Savvidis P.G., Baumberg J.J., Porras D. et al.** // Phys. Rev. – 2002. – Vol. B 65. – P. 073309.
13. **Shelykh I.A., Kavokin A.V., Malpuech G.** // Phys. Status Solidi. – 2005. – Vol. B 242. – P. 2271.
14. **Egorov O.A., Skryabin D.V., Yulin A.V. et al.** // Phys. Rev. Lett. – 2009. – Vol. 102. – P. 153904.
15. **Walker P.M., Tinker L., Skryabin D.V. et al.** // Nat. Commun. – 2015. – Vol. 6. – P. 8317.
16. **Yulin A.V., Egorov O.A., Lederer F. et al.** // Phys. Rev. – 2008. – Vol. A 78. – P. 061801.
17. **Ostrovskaya E.A., Abdullaev J., Desyatnikov A.S. et al.** // Phys. Rev. – 2012. – Vol. A 86. – P. 013636.
18. **Ostrovskaya E.A., Abdullaev J., Fraser M.D. et al.** // Phys. Rev. Lett. – 2013. – Vol. 110. – P. 170407.
19. **Chevstov I.Yu., Khudaiberganov T.A., Alodjants A.P. et al.** // Phys. Rev. – 2018. – Vol. B 98. – P. 115302.
20. **Васильева О.Ф., Хаджи П.И.** // Оптика и спектроскопия. – 2013. – Т. 115. – С. 922.
21. **Dominici L., Petrov M., Matuszewski M. et al.** // Nat. Commun. – 2015. – Vol. 6. – P. 8993.
22. **Cristofolini P., Christmann G., Tsiatzos S.I. et al.** // Science. – 2012. – Vol. 336. – P. 704.

23. Хаджи П.И., Васильева О.Ф., Белосов И.В. // ЖЭТФ. – 2018. – Т. 153, вып. 2. – С. 179.
24. Rosenberg I., Mazuz-Harpaz Y., Rapaport R. et al. // Phys. Rev. – 2016. – Vol. B 93. – P. 195151.
25. Tsintzos S.I., Tzimis A., Stavrinidis G. et al. // Phys. Rev. Lett. – 2018. – Vol. 121. – P. 037401.
26. Baas A., Karr J-Ph., Eleuch H. et al. // Phys. Rev. – 2004. – Vol. A 69. – P. 023819.
27. Gippius N.A., Shelykh I.A., Solnyshkov D.D. et al. // Phys. Rev. Lett. – 2007. – Vol. 98. – P. 236401.
28. Paraiso T.K., Wouters M., Leger Y. et al. // Nat. Mater. – 2010. – Vol. 9. – P. 655.
29. Cerna R., Leger Y., Paraiso T.K. et al. // Nat. Commun. – 2013. – Vol. 4. – P. 2008.
30. Liew T.C.H., Kovokin A.V., Shelykh I.A. // Phys. Rev. Lett. – 2008. – Vol. 101. – P. 016402.
31. Espinosa-Ortega T., Liew T.C.H. // Phys. Rev. – 2013. – Vol. B 87. – P. 195305.
32. Amo A., Liew T.C.H., Adrados C. et al. // Nat. Photon. – 2010. – Vol. 4. – P. 361.
33. Del Valle-Inchan Redondo Y., Sigurdson H., Ohadi H. et al. // Phys. Rev. – 2019. – Vol. B 99. – P. 165311.
34. Gianfrate A., Dominici L., Voronych O. et al. // arXiv: 1703.02313v2 (2018).
35. Хаджи П.И., Васильева О.Ф. // Оптика и спектроскопия. – 2011. – Vol. 111. – P. 831; ФГТ. – 2011. – Vol. 53. – P. 1216.
36. Khadzhi P.I., Vasilieva O.F. // Journal of Nanophotonics. – 2012. – Vol. 6. – P. 061805; Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics. – 2014. – Vol. 9. – P. 295.
37. Mc Konstrie C.J., Radic S., Raymer M.G. // Opt. Express, 2004. – Vol. 12. – P. 5037.
38. Okawachi Y., Luke M.Yu.K., Carvalho D.O. et al. // Opt. Lett. – 2015. – Vol. 40. – P. 5267.
39. Васильева О.Ф., Зинган А.П., Хаджи П.И. // Оптика и спектроскопия. – 2018. – Vol. 125. – P. 425.
40. Tartakovskii A.I., Krizhanovskii D.N., Malpuech G. et al. // Phys. Rev. – 2003. – Vol. B 67. – P. 165302.
41. Tartakovskii A.I., Krizhanovskii D.N., Kurysh D.A. et al. // Phys. Rev. – 2002. – Vol. B 65. – P. 081308.
42. Пятаевский Л.П. // УФН. – 1998. – Vol. 168. – P. 641.
43. Градштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. – М.: ГИФМЛ, 1963.
44. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1971.

УДК 538.91

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ МАССИВОВ СЛАБОСВЯЗАННЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК

*Р.А. Хамидуллин, Е.И. Брусенская, Л.В. Дудник*

*Исследованы состояния носителей заряда в линейных массивах слабосвязанных квантовых точек с учетом возможной анизотропии свойств материала квантовых точек. Вычислены спектральные характеристики поглощения света в линейных массивах слабосвязанных квантовых точек.*

**Ключевые слова:** квантовая точка, анизотропия, поглощение света.

## RESEARCH OF LINEAR ARRAYS OF LOOSELY COUPLED QUANTUM DOTS

*R.A. Khamidullin, E.I. Brusenskaya, L.V. Dudnik*

*Quantum states of charge carriers in the linear arrays of loosely coupled quantum dots are investigated taking into account possible anisotropy of properties of material of quantum dot. Spectral characteristics of light absorption in the linear arrays of loosely coupled quantum dots are calculated.*

**Keywords:** *quantum dot, anisotropy, absorption of light.*

Основной современной оптоэлектроники являются приборы, в которых используются квантово-размерные структуры. Современная технология позволяет создавать наносистемы с разнообразными оптическими, кинетическими и другими свойствами [1, 2].

Наиболее сильно эффект размерного квантования выражен в случае квантовых точек (КТ), так как движение носителей заряда ограничено сразу в трех направлениях и их состояния оказываются квазинульмерными (с дискретным спектром энергии), вследствие чего они обладают уникальными физическими свойствами [1–3]. Обычно используются массивы самоорганизованных или принудительно созданных КТ, которые разделены барьерами, но в общем случае могут быть туннельно связаны между собой.

Чтобы лучше разобраться в особенностях свойств этих систем, рассмотрим линейный массив (цепочку) слабосвязанных (туннельно) квантовых точек. Также учтем возможную анизотропию свойств материала КТ, используя метод эффективной массы и считая компоненты тензора обратных эффективных масс различными.

Для простоты рассмотрим КТ прямоугольной формы с размерами вдоль осей координат  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$  соответственно  $a$ ,  $b$  и  $c$ . Если предположить, что движение носителей заряда (для определенности электронов) ограничено прямоугольными потенциальными барьерами бесконечной высоты

$$U(x, y, z) = U_1(x, y, z) = \begin{cases} 0 & \text{при } 0 < x < a \text{ и } 0 < y < b \text{ и } 0 < z < c; \\ \infty & \text{вне обл. } 0 < x < a \text{ и } 0 < y < b \text{ и } 0 < z < c; \end{cases}$$

то решением уравнения Шредингера для электронов в КТ

$$-\frac{\hbar^2}{2} \left\{ \frac{1}{m_1} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{1}{m_2} \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{1}{m_3} \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right\} \Psi + U(x, y, z) \Psi = E \Psi$$

( $m_i$  – компоненты диагонального тензора эффективных масс электронов в кристалле ( $i = 1, 2, 3$ )), удовлетворяющим условию нормировки

$$\int |\Psi|^2 dV = 1,$$

будут огибающие волновых функций

$$\Psi_{n_1 n_2 n_3}(x, y, z) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{\pi n_1 x}{a} \sqrt{\frac{2}{b}} \sin \frac{\pi n_2 y}{b} \sqrt{\frac{2}{c}} \sin \frac{\pi n_3 z}{c},$$

$$n_1, n_2, n_3 = 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

с собственными значениями энергии

$$E_{n_1 n_2 n_3} = \frac{\pi^2 \hbar^2 n_1^2}{2m_1 a^2} + \frac{\pi^2 \hbar^2 n_2^2}{2m_2 b^2} + \frac{\pi^2 \hbar^2 n_3^2}{2m_3 c^2},$$

$$n_1, n_2, n_3 = 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$

В реальных массивах КТ разделены потенциальными барьерами конечных высоты  $U_0$  и ширины  $l$  и КТ оказываются



туннельно связанными между собой. Таким образом, считая КТ расположенными с периодом  $d$  вдоль оси  $Ox$ , ограничивающий потенциал вдоль оси  $Ox$  при  $0 < y < b$  и  $0 < z < c$  можно аппроксимировать следующим выражением (модель Кронига–Пенни) [4]:

$$U(x, y, z) = \begin{cases} 0 & \text{при } nd < x < a + nd; \\ U_0 & \text{при } nd - l < x < nd, \end{cases}$$

где  $n$  – целое.

Тогда в соответствии с теоремой Блоха огибающие волновых функций электронов имеют вид [4, 5]

$$\begin{aligned} \Psi_{K n_1 n_2 n_3}(x, y, z) = \\ = \frac{e^{iKx}}{\sqrt{L}} u_{K n_1}(x) \sqrt{\frac{2}{b}} \sin \frac{\pi n_1 x}{b} \sqrt{\frac{2}{c}} \sin \frac{\pi n_1 x}{c}, \\ n_1, n_2, n_3 = 1, 2, 3, \dots \end{aligned}$$

Здесь

$$\begin{aligned} -\frac{\pi}{d} \leq K \leq \frac{\pi}{d}. \\ u_{K n_1}(x + d) = u_{K n_1}(x), \end{aligned}$$

а периодическая функция, аналогичная блоховской, для  $n_1$ -минизоны имеет вид

$$u_{K n_1}(x) = \sum_j e^{-iK(x-jd)} \varphi_{n_1}(x - jd),$$

где  $\varphi_{n_1}(x - jd)$  – часть волновой функции одиночной КТ, описывающая движение электрона вдоль оси  $Ox$ .

Рассматривая слабую связь КТ, в первом приближении потенциальные барьеры можно заменить на  $\delta$ -образные. В этом случае  $l \rightarrow 0$  (т. е.  $d = a$ ) и  $U_0 \rightarrow \infty$ , но  $\Omega_0 = \frac{ml}{\hbar^2}(U_0 - E)$  остается конечным. Тогда при  $0 < y < b$  и  $0 < z < c$

$$U(x, y, z) = \frac{\hbar^2}{m} \Omega_0 \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(x + nd).$$

Собственные значения энергии сильно связанных электронов определяются соотношением [5]

$$\begin{aligned} E_{K n_1 n_2 n_3} = \frac{\Delta_{n_1}}{2} [(-1)^{n_1} \cos Kd - 1] + \\ + \frac{\pi^2 \hbar^2 n_1^2}{2m_1 a^2} + \frac{\pi^2 \hbar^2 n_2^2}{2m_2 b^2} + \frac{\pi^2 \hbar^2 n_3^2}{2m_3 c^2}, \quad (3) \\ n_1, n_2, n_3 = 1, 2, 3, \dots \end{aligned}$$

Таким образом, энергетический спектр электрона в массиве КТ оказывается не дискретным, а представляет собой систему узких минизон, как в сверхрешетках в квантующем магнитном поле. Ширина минизон  $\Delta_{n_1}$  возрастет при увеличении номера минизоны и при уменьшении потенциального барьера между КТ.

Функция плотности состояний электронов  $g(E)$  в массиве КТ

$$\begin{aligned} g(E) = \sum_{\alpha} \delta(E - E_{\alpha}) = \\ \frac{L}{\pi d} \sum_{n_1, n_2, n_3} \left[ \left( \frac{\Delta_{n_1}}{2} \right)^2 - \left( E - E_{n_1, n_2, n_3} + \frac{\Delta_{n_1}}{2} \right)^2 \right]^{-1/2} \times \\ \times \text{sign} \left( E - E_{n_1, n_2, n_3} + \frac{\Delta_{n_1}}{2} \right), \quad (4) \end{aligned}$$

где

$$E_{n_1, n_2, n_3} = \frac{\pi^2 \hbar^2 n_1^2}{2m_1 a^2} + \frac{\pi^2 \hbar^2 n_2^2}{2m_2 b^2} + \frac{\pi^2 \hbar^2 n_3^2}{2m_3 c^2},$$

является не системой  $\delta$ -образных пиков, а представляет собой систему узких раздвоенных бесконечно высоких пиков.

Аналогичные выражения для дырок получаются в результате замены параметров электронов на соответствующие дырочные (с индексом  $v$ ). Энергия дырок отрицательна и смещена вниз на ширину запрещенной зоны  $E_g$  материала КТ.

Рассмотрим теперь поглощение света частоты  $\Omega$  системой КТ. При распространении света вдоль цепочки КТ имеет

смысл говорить об усредненном для всей системы коэффициенте поглощения света  $K(\Omega)$ . При распространении света перпендикулярно цепочке КТ можно говорить о вероятности поглощения фотона в КТ, которая равна соответствующему размеру КТ, умноженному на  $K(\Omega)$ , рассчитанный для одной КТ. При этом для лучшего анализа роли слабой связи КТ в цепочке пренебрегаем рассеянием носителей (низкие температуры) и неоднородным уширением, связанным с разбросом КТ как по размерам, так и по ориентации и неперриодичностью расположения КТ в массиве.

Вычислим  $K(\Omega)$  для «межзонного» поглощения света системой КТ из формулы Кубо аналогично [3]:

$$K(\Omega) = \frac{4\pi e_0^2}{V n_0 c_0 \hbar \Omega} \left| \frac{\mathbf{P}_{cv} \xi}{m_0} \right|^2 \sum_{\alpha^{(c)}, \beta^{(v)}} \left| \langle \alpha^{(c)} | \beta^{(v)} \rangle \right|^2 \times \int_{-\infty}^{\infty} dt \exp \left\{ \frac{it}{\hbar} (\hbar \Omega - E_{\alpha}^{(c)} + E_{\beta}^{(v)}) \right\}, \quad (5)$$

где  $e_0$  – элементарный заряд;  $V$  – объем квантовой системы;  $n_0$  – показатель преломления света;  $c_0$  – скорость света в вакууме;  $\mathbf{P}_{cv}$  – матричный элемент оператора импульса на блоховских функциях;  $\xi$  – единичный вектор поляризации электромагнитной волны;  $m_0$  – масса свободного электрона; набор квантовых чисел  $\alpha = (n, M, \nu)$ .

С учетом правил отбора при «межзонном» поглощении света должно выполняться условие

$$\langle \alpha^{(c)} | \beta^{(v)} \rangle = \delta_{\alpha\beta}.$$

Тогда после интегрирования выражения (5) получаем

$$K(\Omega) = \frac{K_0}{\Omega} \times \sum_{n_1, n_2, n_3} \left[ \left( \frac{\Delta_{n_1}^{(c,v)}}{2} \right)^2 - (\hbar \Omega - \Delta_{n_1, n_2, n_3}^{(c,v)})^2 \right]^{-1/2} \text{sign}(\Delta), \quad (6)$$

где

$$K_0 = \frac{8\pi e_0^2}{bcd n_0 c_0} \left| \frac{\mathbf{P}_{cv} \xi}{m_0} \right|^2;$$

$$\Delta_{n_1}^{(c,v)} = \Delta_{n_1}^{(c)} + \Delta_{n_1}^{(v)};$$

$$\Delta_{n_1, n_2, n_3}^{(c,v)} = E_g + \frac{\pi^2 \hbar^2 n_1^2}{2\mu_1 a^2} + \frac{\pi^2 \hbar^2 n_2^2}{2\mu_2 b^2} + \frac{\pi^2 \hbar^2 n_3^2}{2\mu_3 c^2} - \frac{\Delta_{n_1} + \Delta_{n_1}^{(v)}}{2};$$

$$\frac{1}{\mu_i} = \frac{1}{m_i} + \frac{1}{m_i^{(v)}} \quad (i = 1, 2, 3).$$

Таким образом, согласно соотношению (6), как и для функции плотности состояний  $g(E)$  в (4),  $K(\Omega)$  является не системой  $\delta$ -образных пиков, а системой узких раздвоенных бесконечно высоких пиков в полосе шириной  $\Delta_{n_1}^{(c,v)}$ , равной сумме ширин соответствующих минизон в  $c$ - и  $\nu$ -зонах.

## Выводы

Энергетический спектр электрона в массиве КТ не дискретный, а является системой узких минизон, как и в сверхрешетках в квантующем магнитном поле. Ширина минизон возрастает с увеличением их номера и при уменьшении потенциального барьера между КТ.

Функция плотности состояний  $g(E)$  и коэффициент поглощения света  $K(\Omega)$  являются не системами  $\delta$ -образных пиков, а последовательностью узких раздвоенных бесконечно высоких пиков. Полуширина полос этих пиков зависит от ширины соответствующих минизон в  $c$ - и  $\nu$ -зонах, так же как и в сверхрешетках в квантующем магнитном поле.

**Цитированная литература**

1. Пул-мл. Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии: пер. с англ. – М.: Мир материалов и технологий, 2006. – 336 с.
2. Игнатъев И.В., Козин И.Э. Динамика носителей в полупроводниковых квантовых точках. – СПб.: С.-Петербург. гос. ун-т, 2005. – 128 с.
3. Синявский Э.П., Брусенская Е.И., Бурлачук А.В. Влияние электрон-фононного

взаимодействия на оптические свойства квантовых точек // Вестник Приднестр. ун-та. Сер.: Физ.-мат. и техн. науки. – 2013. – № 3(53). – С. 53–58.

4. Флюгге З. Задачи по квантовой механике: пер. с англ. Т. 1. – М.: Мир, 1974. – 344 с.

5. Левич В.Г., Вдовин Ю.А., Мямлин В.А. Курс теоретической физики. Т. 2. – М.: Физматгиз. – 1962. – 820 с.

УДК 512.556

**НЕДИСКРЕТНАЯ ТОПОЛОГИЗАЦИЯ  
НЕКОТОРЫХ СЧЕТНЫХ ГРУПП**

В.И. Арнаут, Г.Н. Ермакова

*Статья является продолжением исследований [3], и в ней доказывается, что если для любого конечного подмножества  $S$  счетной группы  $G$  имеется в группе  $G$  бесконечное число элементов, каждый из которых коммутирует с любым элементом из множества  $S$ , то группа  $G$  допускает недискретную хаусдорфову групповую топологию.*

**Ключевые слова:** центр группы, групповая топология, хаусдорфова топология, базис окрестностей единицы, решетка групповых топологий, коатомы.

**NON-DISCRETE TOPOLOGIZATIONS  
OF SOME COUNTABLE GROUPS**

V.I. Arnautov, G.N. Ermakova

*If for any finite subset  $S$  of a countable group  $G$  there is an infinite set of elements of the group  $G$ , each of which commutes with any element of the set  $S$ , then the group  $G$  admits a non-discrete, Hausdorff, group topology.*

**Keywords:** center of group, group topology, Hausdorff topology, a basis of neighborhoods of the unit, lattice of group topologies, coatoms.

**1. Предварительные определения  
и известные результаты**

Для получения достаточных условий, при которых счетная группа  $G$  допускает недискретную хаусдорфову групповую топологию, нам понадобятся следующие утверждения:

**ТЕОРЕМА 1** (см., например, [1], теорема V.1). Пусть на группе  $G(\cdot)$  задана такая непустая совокупность  $B$  подмножеств, что выполняются следующие условия:

1.  $e \in V$  для любого множества  $V \in B$ .
2. Для любых множеств  $V_1, V_2 \in B$  существует такое множество  $V_3 \in B$ , что  $V_3 \subseteq V_1 \cap V_2$ .

3. Для любого множества  $V_1 \in B$  существует такое множество  $V_2 \in B$ , что  $V_2 \cdot V_2 \subseteq V_1$ .

4. Для любого множества  $V_1 \in B$  существует такое множество  $V_2 \in B$ , что  $V_2^{-1} \subseteq V_1$ .

5. Для любого множества  $V_1 \in B$  и любого элемента  $g \in G$  существует такое множество  $V_2 \in B$ , что  $g \cdot V_2 \cdot g^{-1} \subseteq V_1$ .

Тогда на группе  $G(\cdot)$  существует единственная топология  $\tau$  такая, что  $(G(\cdot), \tau)$  является топологической группой, а совокупность  $B$  – базисом окрестностей единицы в этой топологической группе.

**ТЕОРЕМА 2** (см., например, [1], теорема VI.17). Всякая бесконечная коммутативная группа допускает недискретную хаусдорфову групповую топологию.

**Определение 1.** Пусть  $G(\cdot)$  – группа и  $x$  – некоторая переменная. Выражение вида  $g_1 \cdot x^{k_1} \cdot g_2 \cdot x^{k_2} \cdot \dots \cdot g_s \cdot x^{k_s} \cdot g_{s+1}$ , где  $g_i \in G$  для любого натурального числа  $1 \leq i \leq s+1$  и  $k_j$  – целое число для любого натурального числа  $1 \leq j \leq s$ , назовем словом от переменной  $x$  над группой  $G(\cdot)$ .

**Определение 2.** Если  $f(x)$  – некоторое слово от переменной  $x$  над группой  $G(\cdot)$ , то выражение вида  $f(x) = g$ , где  $g \in G$ , называется уравнением над группой  $G(\cdot)$ .

**Определение 3.** Элемент  $a$  группы  $G(\cdot)$  называется корнем уравнения  $f(x) = g$  над группой  $G(\cdot)$ , если  $f(a) = g$ .

**ТЕОРЕМА 3** (см., например, [1], теорема VI.10). Для того чтобы счетная группа  $G(\cdot)$  допускала недискретную хаусдорфову групповую топологию  $\tau$ , необходимо и достаточно, чтобы для любого конечного множества  $M = \{f_1(x) = a_1, \dots, f_m(x) = a_m\}$  уравнений над группой  $G(\cdot)$ , для которого единица  $e$  не является корнем любого

из этих уравнений, в группе  $G(\cdot)$  существовал элемент  $d \neq e$ , который не является корнем любого из этих уравнений.

## 2. Основные результаты

**Лемма 1.** Если центр  $Z$  счетной группы  $G$  является бесконечным, то на группе  $G$  существует недискретная хаусдорфова групповая топология.

**Доказательство.** Так как  $Z$  является бесконечной коммутативной группой, то согласно теореме 2 группа  $Z$  допускает недискретную, хаусдорфову, групповую топологию  $\tau$ . Если  $B$  – некоторый базис фильтра окрестностей единицы в топологической группе  $(Z, \tau)$ , то совокупность  $B$  подмножеств группы  $Z$  удовлетворяет условиям 1–4 теоремы 1 и  $\bigcap_{V \in B} V = \{e\}$ .

Так как  $g \cdot V \cdot g^{-1} = V$  для любых  $g \in G$  и  $V \in B$ , то совокупность  $B$  подмножеств группы  $G$  удовлетворяет условиям 1–5 теоремы 1 и, значит, на группе  $G$  существует такая групповая топология  $\hat{\tau}$ , что эта совокупность является базисом фильтра окрестностей единицы в топологической группе  $(G, \hat{\tau})$ .

Так как  $\bigcap_{V \in B} V = \{e\}$ , то  $\hat{\tau}$  является хаусдорфовой топологией.

**ТЕОРЕМА 4.** Если в счетной группе  $G$  для любого конечного подмножества  $S$  имеется бесконечное множество элементов, каждый из которых коммутирует с любым элементом из  $S$ , то группа  $G$  допускает недискретную, хаусдорфову, групповую топологию.

**Доказательство.** Допустим противное, т. е. что существует такая счетная группа  $G$ , которая удовлетворяет условиям теоремы, но не допускает недискретную, хаусдорфову, групповую топологию. Тогда согласно теореме 3 существует конечное множество  $M = \{f_1(x) = a_1, \dots, f_m(x) = a_m\}$

уравнений над группой  $G$ , для которого единица  $e$  не является корнем любого из этих уравнений, а любой элемент  $d \in G \setminus \{e\}$  является корнем некоторого из этих уравнений.

Существует конечное подмножество  $S$  группы  $G$ , содержащее все элементы группы  $G$ , каждый из которых имеется в записи хотя бы одного из уравнений из множества  $M = \{f_1(x) = a_1, \dots, f_m(x) = a_m\}$ .

По индукции построим такую бесконечную последовательность  $h_1, h_2, \dots$  элементов группы  $G$ , что для любого натурального числа  $i$  элемент  $h_i$  коммутирует с любым элементом из множества  $S$  и с любым элементом  $h_j$ .

В качестве элемента  $h_1$  возьмем единицу группы  $G$  и допустим, что уже определены попарно различные элементы  $h_1, h_2, \dots, h_n$ , каждый из которых коммутирует с любым элементом из множества  $S$  и с любым из построенных элементов  $h_j$  для  $1 \leq i \leq n$ .

Согласно условию теоремы для множества  $S \cup \{h_1, h_2, \dots, h_n\}$  в группе  $G$  имеется бесконечное множество  $S_n$  элементов, каждый из которых коммутирует с любым элементом из множества  $S \cup \{h_1, h_2, \dots, h_n\}$ .

В качестве элемента  $h_{n+1}$  возьмем некоторый элемент из множества  $S_n \setminus (S \cup \{h_1, h_2, \dots, h_n\})$ . Тогда каждый элемент из множества  $\{h_1, h_2, \dots, h_{n+1}\}$  коммутирует с любым элементом из множества  $S$  и с любым из построенных элементов  $h_j$  для  $1 \leq i \leq n+1$ .

Итак, мы построили бесконечную последовательность  $h_1, h_2, \dots$  попарно различных элементов группы  $G$ , каждый из которых коммутирует с любым элементом из множества  $S$  и с любым из построенных элементов  $h_j$ .

Если  $G_1$  – подгруппа группы  $G$ , которая порождена множеством  $\{h_1, h_2, \dots\} \cup S$ , то  $f_i(x) = a_i$  является уравнением над группой  $G_1$  для любого  $1 \leq i \leq m$ .

Так как любой элемент группы  $G_1$  можно записать в виде произведения элементов из множества  $\{g, g^{-1}, h_i, h_i^{-1} \mid g \in S, i = 1, 2, \dots\}$ , то любой элемент из множества  $\{h_1, h_2, \dots\}$  коммутирует с любым элементом группы  $G_1$  и, значит, центр группы  $G_1$  является бесконечным.

Тогда согласно лемме 1 группа  $G_1$  допускает некоторую недискретную, хаусдорфову, групповую топологию и согласно теореме 3 в группе  $G_1$  имеется элемент  $a$ , который не является корнем любого из уравнений из множества  $M = \{f_1(x) = a_1, \dots, f_m(x) = a_m\}$ . Так как  $G_1$  является подгруппой группы  $G$ , то  $a \in G$ .

Получили противоречие с выбором множества  $M = \{f_1(x) = a_1, \dots, f_m(x) = a_m\}$  уравнений над группой  $G$ .

Этим теорема полностью доказана.

Из [2] (теорема 3.1) следует:

**Следствие 1.** Если в счетной группе  $G$  для любого конечного подмножества  $S$  имеется бесконечное множество элементов, каждый из которых коммутирует с любым элементом из множества  $S$ , то верны следующие утверждения:

1. Группа  $G$  допускает континуум недискретных, хаусдорфовых, групповых топологий, в каждой из которых топологическая группа обладает счетным базисом фильтра окрестностей единицы и такими, что любые две из них сравнимы между собой.

2. Группа  $G$  допускает континуум недискретных, хаусдорфовых, групповых топологий, в каждой из которых топологическая группа обладает счетным базисом фильтра окрестностей единицы и такими, что  $\sup\{\tau_1, \tau_2\}$  является дискретной топологией для любых двух из этих топологий.

3. Решетка всех групповых топологий на группе  $G$  содержит  $2^c$  коатомов.

*Пример.* Построим пример счетной группы  $\tilde{G}$ , в которой центр является конечным множеством, но для любого конечного подмножества  $S$  в группе  $\tilde{G}$  имеется бесконечное подмножество элементов, каждый из которых коммутирует с любым элементом из множества  $S$ .

Если  $G$  – конечная простая некоммутативная группа (в качестве группы  $G$  можно взять, например, группу обратимых матриц порядка  $2 \times 2$  над двухэлементным полем), то ее центром является одноэлементное множество  $\{e\}$ .

Рассмотрим группу  $\tilde{G}$ , которая является прямой суммой  $\sum_{i=1}^{\infty} G_i$  счетного числа групп  $G_i$ , каждая из которых изоморфна группе  $G$ .

Легко проверить, что центром группы  $\tilde{G}$  является одноэлементное множество  $\{e\}$ . Так как для любого элемента  $\tilde{g} \in \tilde{G}$  является конечным множество  $\{i \mid pr_i(\tilde{g}) \neq e\}$ , то для любого конечного подмножества  $S$  в группе  $\tilde{G}$  имеется бесконечное подмножество элементов, каждый из которых коммутирует с любым элементом из множества  $S$ .

### Цитированная литература

1. Арнаутов В.И., Ермакова Г.Н. Введение в теорию топологических групп. – Кишинев, 2013.
2. Arnautov V.I., Ermacova G.N. On the number of group topologies on countable groups // *Matematica*. – 2014. – Vol. 2(72). – P. 3–16.

УДК 378.147

## МОДИФИКАЦИИ $h$ -ИНДЕКСА ХИРША

*П.В. Герасименко*

*Предложены модификации  $gh$ -индекс и  $hp$ -индекс, в основе которых лежит индекс Хирша. Модификации определены как евклидова норма векторов, компонентами которых являются введенные в работе индексы  $g$  и  $p$ , а также  $h$ -индекс Хирша.*

**Ключевые слова:** научная работа, публикация, цитирование, индекс, рейтинг, автор, ученый.

## MODIFICATIONS OF HIRSCH $h$ -INDEX

*P.V. Gerasimenko*

*Modifications of the  $gh$ -index and  $hp$ -index are proposed, which are based on the Hirsch index. Modifications are defined as the Euclidean norm of vectors whose components are the indices  $g$  and  $p$  put in the work, as well as the Hirsch  $h$ -index.*

**Keywords:** scientific work, publication, citation, index, rating, author, scientist.

Оценка творческой деятельности ученых зависит от многих факторов, но сегодня она определяется количеством цитирований опубликованных научных трудов. Известно, что значимость каждой

работы зависит от того, в каком издании она опубликована, является она цитированием или самоцитированием, а также от того, сколько человек указано в числе авторов. Несмотря на то что количество



цитирований не заменяет этих факторов, его используют при оценке творческой деятельности ученого.

В качестве показателя цитируемости в мире принят  $h$ -индекс Хирша [1]. Согласно определению, который дал ему Хирш, «исследователь имеет индекс  $h$ , если из его  $N$  статей цитируются как минимум  $h$  раз каждая, в то время как оставшиеся  $(N - h)$  статей цитируются не более, чем  $h$  раз».

Индексу  $h$  можно придать геометрическую интерпретацию, а именно целое числовое значение  $h$  следует рассматривать как длину стороны квадрата размером  $h$  единиц. Данный квадрат целесообразно назвать квадратом Хирша. Следует отметить, что если ученый имеет  $S$  цитирований, то количество цитирований, равное  $(S - h^2)$ , не будет участвовать в формировании квадрата Хирша, а следовательно, и в определении  $h$ -индекса.

Таким образом,  $h$ -индекс учитывает только цитирования, находящиеся в наибольшем квадрате, длины сторон которого соответствуют, во-первых, числу статей и, во-вторых, числу цитирований этих статей. Тем самым площадь такого квадрата равна  $h^2$ . Работы, которые формируют квадрат Хирша, следует называть базовыми.

Итак, одним из существенных недостатков индекса Хирша является неучет им большого количества цитирований, т. е. тех, которые не формируют квадрат Хирша. Они делятся на две группы. Первая –

содержит цитирования, которые относятся к базовым работам, но не входят в базовый квадрат. Попытка включить в расчет часть этой группы была выполнена в [2] и [3]. В них в развитие идеи Хирша были предложены  $g$ -индекс и  $j$ -индекс. Однако они не сумели учесть все цитирования, расположенные над квадратом Хирша, а включили только часть из них. При этом появились дополнительные недостатки.

Вторая группа невключенных цитирований относится к небазовым работам. Она возникает, прежде всего, при оценивании научной деятельности молодых ученых и ученых, у которых индекс Хирша невысокий.

Анализ количественных показателей цитирования публикаций ученых по данным РИНЦ на июнь 2019 года (табл. 1) свидетельствует, что у большого количества авторов, а именно у 337, число цитирований составляет от 40 до 395, но при этом у всех них число Хирша 4 и менее. Ряд ученых имеют достаточно много работ, но они процитированы небольшое количество раз. Обычно таким исследователям присваивается одинаковый  $h$ -индекс, и они составляют огромные группы. Ранжирование провести сложно, так как по индексу Хирша ученые занимают одно место.

В настоящей работе предлагаются  $gh$ -индекс и  $hp$ -индекс, которые рекомендуется применять при оценке творческой деятельности заслуженных и молодых ученых.

Таблица 1

Основные показатели цитирования

Индекс Хирша	24–11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Количество ученых	29	7	7	12	25	34	20	54	82	112	89	29
Количество ученых по группам	29	105						337				29
Минимальное количество цитирований	383	65						1				0
Максимальное количество цитирований	3544	903						395				4
Среднее количество цитирований	973	244						40				1

Рейтинг 12 молодых ученых по  $h$ -индексу Хирша и по  $hp$ -индексу

Рейтинг по $h$ -индексу	Количество публикаций	Количество цитирований	$h$ -индекс	$hp$ -индекс	Рейтинг по $hp$ -индексу
1	45	98	3	6,708	3
2	24	43	3	4,899	6
3	34	113	3	5,831	4
4	21	56	3	4,583	7
5	34	37	3	5,831	5
6	45	67	3	6,708	3
7	17	131	3	4,123	8
8	8	24	3	2,828	10
9	47	83	3	6,856	2
10	14	22	3	3,742	9
11	34	39	3	5,831	4
12	81	46	3	9,000	1

Перед введением модифицированных индексов цитирования целесообразно структурировать суммарное общее количество цитирований  $S$ , представив его в виде трех слагаемых.

Первое слагаемое соответствует  $h$ -индексу Хирша цитирований, т. е. тем цитированиям, которые входят в квадрат Хирша. Он формируется из базовых публикаций ученого.

Второе слагаемое представляет собой цитирования, которые относятся к цитированиям базовых публикаций, но не входят в квадрат Хирша. Их число обозначим через  $g^2$ . Условно по аналогии с  $h$ -индексом, который соответствует квадрату Хирша, имеет смысл полагать, что число  $g^2$  формирует квадрат со сторонами  $\sqrt{g^2}$ . Следует назвать его квадратом значимости базовых публикаций ученого и ввести  $g$ -индекс значимости базовых работ.

Наконец третье слагаемое включает те цитирования, которые относятся к внебазовым публикациям. Можно обозначить их число как  $p^2$  и аналогично ввести квадрат цитирований внебазовых публикаций ученого. Тогда  $\sqrt{p^2} = p$  – индекс внебазовых работ.

Таким образом, предлагаемые  $gh$ -индекс и  $hp$ -индекс определяются как евклидовы нормы векторов, компонентами которых являются соответственно  $g, h$ -индексы и  $h, p$ -индексы. Индекс  $h$  тот же, что и  $h$ -индекс Хирша; индекс  $g$  показывает значимость базовых работ; индекс  $p$  соответствует активности научной работы ученого.

В табл. 2 представлены рейтинги 12 молодых ученых, оцененные по  $h$ -индексу Хирша и по  $hp$ -индексу.

На основании сравнительных рейтингов можно заключить, что предлагаемые индексы могут дифференцировать и улучшить оценку научной деятельности ученых, справедливо установить их рейтинги.

### Цитированная литература

1. **Hirsch J.E.** An index to quantify an individuals scientific research output // Proc. Nat. Sci. – 2005. – Vol. 102. – P. 16569–16572.
2. **Egghe L.** Theory and practice of the  $g$ -index // Scientometrics. – 2006. – Vol.69(1). – P. 131–152.
3. **Михайлов О.В.** Нужна модификация самого популярного индекса цитируемости // Вестник Российской академии наук. – 2013. – № 10. – С. 943–944.

УДК 512.548.7:003.26

## ОБОБЩЕНИЯ АЛГОРИТМА МАРКОВСКОГО

*В.А. Щербаков, Н.Н. Малютина*

*Настоящая работа посвящена построению обобщенных алгоритмов Марковского для различных квазигрупп. Рассмотрены обобщения криптоалгоритма Марковского, основанные на использовании  $n$ -арных группоидов, которые обратимы, по крайней мере, на одном месте.*

**Ключевые слова:** квазигруппа, группоид, криптоалгоритм, парастрофы, алгоритм Марковского, ключ, трансляция.

## GENERALIZATIONS OF THE MARKOVSKI ALGORITHM

*V.A. Shcherbacov, N.N. Malyutina*

*The article is devoted to the construction of generalized Markovski algorithms for various quasigroups. The generalizations of the Markovski cryptoalgorithm based on the use of the  $n$ -ary groupoids, which are invertible in at least one place, are considered.*

**Keywords:** quasigroup, groupoid, cryptoalgorithm, parastrophs, Markovski algorithm, key, translation.

Потоковые шифры являются важным классом алгоритмов шифрования. Они шифруют отдельные символы открытого текстового сообщения по одному, используя шифрование, которое меняется со временем.

Блочные же шифры, как правило, одновременно шифруют группы символов текстового сообщения, используя фиксированное шифрование. Потоковые шифры обычно быстрее, чем блочные шифры в аппаратном обеспечении, и имеют менее сложную аппаратную схему. Они более уместны, а в некоторых случаях даже обязательны, когда буферизация ограничена или когда символы должны обрабатываться индивидуально по мере их поступления на обработку [1].

В [2] при построении блочного стандарта шифрования используются квазигрупповые понятия (изотопия, квазигрупповая операция). В [3, 4] С. Кошельны показал, как могут быть созданы потоковые шифры на основе квазигрупп (неполей), которые являются более эффективными и более безопасными, чем основанные на группах (полях).

В [5] С. Марковский и соавторы предложили использовать квазигруппы для безопасного кодирования. Вероятно, алгоритм Марковского и его обобщения в настоящее время являются наиболее известными и наиболее используемыми потоковыми шифрами на основе квазигрупп.

Интенсивно проводились улучшения и исследования алгоритма Марковского [6]. Вклад в изучение этого вопроса внесли А. Крапеж, В. Бакева, В. Димитрова и А. Поповска-Митрович.

Некоторые модификации, делающие алгоритм Марковского более устойчивым к известным атакам, можно найти в [7, 8]. В [5] предлагается использовать алгоритм Марковского для безопасного шифрования файловой системы.

В [9] авторы вводят потоковый шифр с почти открытым ключом, основанный на квазигруппах для определения подходящего шифрования и дешифрования. Они учитывают безопасность этого метода. Показано, что ключ (квазигруппы) может быть открытым и при этом обладать достаточной безопасностью.

В [10] представлена криптосистема с открытым ключом, использующая обобщенные потоковые шифры на основе квазигрупп. Показано, что такая криптосистема позволяет безопасно передавать как криптограмму, так и секретную часть ключа шифрования по одному и тому же небезопасному каналу.

Иногда только использование других записей математического факта приводит к обобщению.

Рассмотрим обобщения криптоалгоритма Марковского [6, 11], основанные на использовании  $n$ -арного группоида [12], который обратим на одном месте. Ясно, что такой криптоалгоритм, который основывается на применении бинарных или  $n$ -арных квазигрупп, обладает лучшим «смешивающим свойством», чем предложенный ранее алгоритм [13].

Но с другой стороны, хорошо известно [14], что бинарная ( $n$ -арная) квазигруппа, используемая в алгоритме Марковского, является ключевой. Понятно, что количество  $i$ -обратимых  $n$ -группоидов (число  $n$  фиксировано) больше, чем количество  $n$ -арных квазигрупп (число  $n$  фиксировано). Это и послужило толчком к построению обобщения алгоритма Марковского.

Известно, что алгоритм Марковского неустойчив относительно некоторых видов криптографических атак. В наших планах улучшить предложенный алгоритм.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 1.**  $n$ -арный группоид  $(Q, f)$  называется обратимым на  $i$ -м месте,  $i = 1, n$ , если уравнение  $f(a_1, \dots, a_{i-1}, x_i, a_{i+1}, \dots, a_n) = a_{n+1}$  разрешимо единственным образом для всех элементов  $a_1, \dots, a_{i-1}, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1} \in Q$ .

В этом случае операция  $(i, n+1)f(a_1, \dots, a_{i-1}, a_{n+1}, a_{i+1}, \dots, a_n) = x_i$  также определяется единственным образом, и мы имеем:

$$f(a_1, \dots, a_{i-1}, (i, n+1)f(a_1, \dots, a_{i-1}, a_{n+1}, a_{i+1}, \dots, a_n), a_{i+1}, \dots, a_n) = a_{n+1};$$

$$(i, n+1)f(a_1, \dots, a_{i-1}, f(a_1, \dots, a_{i-1}, x_i, a_{i+1}, \dots, a_n), a_{i+1}, \dots, a_n) = x_i.$$

**Алгоритм 1.** Пусть  $Q$  – непустой конечный алфавит и  $k$  – натуральное число,  $u_i, v_i \in Q, i \in \{1, \dots, k\}$ . Определим  $n$ -арный группоид  $(Q, f)$ , который обратим на  $n$ -м месте. Ясно, что группоид  $(Q, (n, n+1)f)$  определяется однозначным образом.

Выберем фиксированные элементы  $l_1^{(n-1)}$  ( $l_i \in Q$ ), которые назовем лидерами.

Пусть  $u_1, u_2, \dots, u_k$  – это кортеж длины  $k$  символов из  $Q$ . Для данной последовательности предлагается следующая процедура шифрования:

$$v_1 = f(l_1^{(n-1)}, u_1),$$

$$v_2 = f(l_n^{(2n-2)}, u_2),$$

...

$$v_{n-1} = f(l_{n^2-3n+3}^{(n-1)^2}, u_{n-1}),$$

$$v_n = f(v_1^{(n-1)}, u_n),$$

$$v_{n+1} = f(v_2^n, u_{n+1}),$$

$$v_{n+2} = f(v_3^{n+1}, u_{n+2}),$$

...

В результате мы получим следующий зашифрованный текст:

$$v_1, v_2, \dots, v_{n-1}, v_n, v_{n+1} \dots$$

Алгоритм дешифровки будет построен аналогично бинарному случаю:

$$u_1 = (n, n+1)f(l_1^{(n-1)}, v_1),$$

$$u_2 = (n, n+1)f(l_n^{(2n-2)}, v_2),$$

...

$$u_{n-1} = (n, n+1)f(l_{n^2-3n+3}^{(n-1)^2}, v_{n-1}),$$

$$u_n = (n, n+1)f(v_1^{(n-1)}, v_n),$$

$$u_{n+1} = (n, n+1)f(v_2^n, v_{n+1}),$$

$$u_{n+2} = (n, n+1)f(v_3^{n+1}, v_{n+2}),$$

...

Действительно, например:

$$\begin{aligned} & {}^{(n,n+1)}f(v_1^{(n-1)}, v_n) = {}^{n,n-1} \quad {}^{n-1} \\ & = {}^{(n,n+1)}f(v_1^{(n-1)}, f(v_1^{n-1}, u_n)) = u_n. \end{aligned}$$

*Пример 1.* Построим тернарный группоид  $(R_3, f)$ ,  $R_3 = \{0, 1, 2\}$ , который определен над кольцом  $(R_3, +, \cdot)$  классов вычетов по модулю 3 и который обратим на третьем месте. Мы определим тернарную операцию  $f$  на множестве  $R_3$  следующим образом:

$$f(x_1, x_2, x_3) = \alpha x_1 + \beta x_2 + x_3 = x_4,$$

где

$$\begin{aligned} \alpha 0 = 2, \alpha 1 = 2, \alpha 2 = 0, \\ \beta 0 = 1, \beta 1 = 1, \beta 2 = 1. \end{aligned}$$

Тогда:

$$\begin{aligned} f(0,0,0) = 0; f(0,0,1) = 1; f(0,1,0) = 0; f(1,0,0) = 0; \\ f(0,0,2) = 2; f(0,2,0) = 0; f(2,0,0) = 1; f(0,1,1) = 1; \\ f(0,1,2) = 2; f(0,2,1) = 1; f(0,2,2) = 2; f(1,0,1) = 1; \\ f(1,0,2) = 2; f(2,0,1) = 2; f(2,0,2) = 0; f(1,1,0) = 0; \\ f(1,2,0) = 0; f(2,1,0) = 1; f(2,2,0) = 1; f(1,1,1) = 1; \\ f(1,1,2) = 2; f(1,2,1) = 1; f(2,1,1) = 2; f(1,2,2) = 2; \\ f(2,1,2) = 0; f(2,2,1) = 2; f(2,2,2) = 0. \end{aligned}$$

В этом случае  ${}^{(3,4)}f(x_1, x_2, x_4) = 2 \cdot \alpha x_1 + 2 \cdot \beta x_2 + x_4$ . Сделаем проверку:

$$\begin{aligned} f(x_1, x_2, x_3) &= f(x_1, x_2, {}^{(3,4)}f(x_1, x_2, x_4)) = \\ &= \alpha x_1 + \beta x_2 + 2 \cdot \alpha x_1 + 2 \cdot \beta x_2 + x_4 = x_4, \\ {}^{(3,4)}f(x_1, x_2, f(x_1, x_2, x_3)) &= \\ &= 2 \cdot \alpha x_1 + 2 \cdot \beta x_2 + \alpha x_1 + \beta x_2 + x_3 = x_3. \end{aligned}$$

В качестве элементов-лидеров мы предлагаем следующие элементы:

$$l_1 = 1, l_2 = 2, l_3 = 0, l_4 = 1.$$

В этом случае открытый текст 201121 преобразуется в следующий крипто-текст:

$$\begin{aligned} f(l_1, l_2, u_1) &= f(1, 2, 2) = 2 = v_1, \\ f(l_3, l_4, u_2) &= f(0, 1, 0) = 0 = v_2, \\ f(v_1, v_2, u_3) &= f(2, 0, 1) = 2 = v_3, \\ f(v_2, v_3, u_4) &= f(0, 2, 1) = 1 = v_4, \\ f(v_3, v_4, u_5) &= f(2, 1, 2) = 0 = v_5, \\ f(v_4, v_5, u_6) &= f(1, 0, 1) = 1 = v_6. \end{aligned}$$

Мы получим зашифрованный текст вида: 202101.

*Пример 2.* Мы построим тернарный группоид  $(R_3, f)$ ,  $R_3 = \{0, 1, 2\}$ , который определен над кольцом  $(R_3, +, \cdot)$  классов вычетов по модулю 3 и который обратим на третьем месте. Определим тернарную операцию  $f$  на множестве  $R_3$  следующим образом:

$$f(x_1, x_2, x_3) = \alpha x_1 + \beta x_2 + \gamma x_3 = x_4,$$

где

$$\begin{aligned} \alpha 0 = 1, \alpha 1 = 1, \alpha 2 = 0, \\ \beta 0 = 1, \beta 1 = 1, \beta 2 = 2, \\ \gamma 0 = 1, \gamma 1 = 2, \gamma 2 = 0. \end{aligned}$$

Тогда:

$$\begin{aligned} f(0,0,0) = 0; f(0,0,1) = 1; f(0,1,0) = 0; f(1,0,0) = 0; \\ f(0,0,2) = 2; f(0,2,0) = 1; f(2,0,0) = 2; f(0,1,1) = 1; \\ f(0,1,2) = 2; f(0,2,1) = 2; f(0,2,2) = 0; f(1,0,1) = 1; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f(1,0,2) &= 2; f(2,0,1) = 0; f(2,0,2) = 1; f(1,1,0) = 0; \\
f(1,2,0) &= 1; f(2,1,0) = 2; f(2,2,0) = 0; f(1,1,1) = 1; \\
f(1,1,2) &= 2; f(1,2,1) = 2; f(2,1,1) = 0; f(1,2,2) = 0; \\
f(2,1,2) &= 1; f(2,2,1) = 1; f(2,2,2) = 2.
\end{aligned}$$

В этом случае

$$\begin{aligned}
^{(3,4)}f(x_1, x_2, x_4) &= \gamma x_3 = 2 \cdot \alpha x_1 + 2 \cdot \beta x_2 + x_4, \\
x_3 &= \gamma^{-1} 2 \cdot \alpha x_1 + \gamma^{-1} 2 \cdot \beta x_2 + \gamma^{-1} x_4.
\end{aligned}$$

Проверим, что операции являются взаимно обратными друг другу:

$$\begin{aligned}
&f(x_1, x_2, x_3) = \\
&= f\left(x_1, x_2, \gamma^{-1}\left(^{(3,4)}f(x_1, x_2, x_4)\right)\right) = \\
&= \alpha x_1 + \beta x_2 + 2 \cdot \alpha x_1 + 2 \cdot \beta x_2 + x_4 = x_4; \\
&^{(3,4)}f(x_1, x_2, f(x_1, x_2, x_3)) = \\
&= 2 \cdot \alpha x_1 + 2 \cdot \beta x_2 + \alpha x_1 + \beta x_2 + \gamma x_3 = \gamma x_3.
\end{aligned}$$

В качестве элементов-лидеров мы предлагаем следующие элементы:

$$l_1 = 1, l_2 = 2, l_3 = 0, l_4 = 1.$$

В этом случае открытый текст 201121 преобразуется в следующий шифротекст:

$$\begin{aligned}
f(l_1, l_2, u_1) &= f(1, 2, 2) = 0 = v_1, \\
f(l_3, l_4, u_2) &= f(0, 1, 0) = 0 = v_2, \\
f(v_1, v_2, u_3) &= f(0, 0, 1) = 1 = v_3, \\
f(v_2, v_3, u_4) &= f(0, 1, 1) = 1 = v_4, \\
f(v_3, v_4, u_5) &= f(1, 1, 2) = 2 = v_5, \\
f(v_4, v_5, u_6) &= f(1, 2, 1) = 2 = v_6.
\end{aligned}$$

Мы получаем следующий зашифрованный текст: 001122.

Применив функцию декодирования к тексту 001122, мы получим:

$$\begin{aligned}
^{(3,4)}f(l_1, l_2, v_1) &= ^{(3,4)}f(1, 2, 0) = 0 \Rightarrow \gamma^{-1}(0) = 2 = u_1; \\
^{(3,4)}f(l_3, l_4, v_2) &= ^{(3,4)}f(0, 1, 0) = 1 \Rightarrow \gamma^{-1}(1) = 0 = u_2; \\
^{(3,4)}f(v_1, v_2, v_3) &= ^{(3,4)}f(0, 0, 1) = 2 \Rightarrow \gamma^{-1}(2) = 1 = u_3; \\
^{(3,4)}f(v_2, v_3, v_4) &= ^{(3,4)}f(0, 1, 1) = 2 \Rightarrow \gamma^{-1}(2) = 1 = u_4; \\
^{(3,4)}f(v_3, v_4, v_5) &= ^{(3,4)}f(1, 1, 2) = 0 \Rightarrow \gamma^{-1}(0) = 2 = u_5; \\
^{(3,4)}f(v_4, v_5, v_6) &= ^{(3,4)}f(1, 2, 2) = 2 \Rightarrow \gamma^{-1}(2) = 1 = u_6.
\end{aligned}$$

Результатом дешифровки является исходный шифруемый текст: 201121.

Полученный обобщенный алгоритм можно модифицировать. Для этого мы воспользуемся таким понятием, как трансляция.

Трансляции  $i$ -обратимого  $n$ -арного группоида  $(Q, f)$  ( $n > 2$ ) будут обозначаться так:  $T(a_1, \dots, a_{i-1}, -, a_{i+1}, \dots, a_n)$  где  $a_i \in Q$  для всех  $i = 1, n$  и  $T(a_1, \dots, a_{i-1}, -, a_{i+1}, \dots, a_n)x = f(a_1, \dots, a_{i-1}, x, a_{i+1}, \dots, a_n)$  для всех  $x \in Q$ .

Из определения  $i$ -обратимого  $n$ -арного группоида  $(Q, f)$  следует, что любая трансляция группоида  $(Q, f)$  – это перестановка множества  $Q$ .

В следующей лемме предположим, что  $i = n$ . Ясно, что лемма верна для любого другого значения переменной  $i$ .

**ЛЕММА 1.** Если  ${}_fT(a_1, \dots, a_{n-1}, -)$  – трансляция  $i$ -обратимого  $n$ -арного группоида  $(Q, f)$ , то

$${}_fT^{-1}(a_1, \dots, a_{n-1}, -) = {}_{(n,n+1)}{}_fT(a_1, \dots, a_{n-1}, -).$$

**Доказательство.** В доказательстве мы опускаем символ  $f$  в обозначении трансляций группоида  $(Q, f)$  и имеем

$$\begin{aligned}
&T^{-1}(a_1, \dots, a_{n-1}, -)(T(a_1, \dots, a_{n-1}, -)x) = \\
&= T^{-1}(a_1, \dots, a_{n-1}, -)f(a_1, \dots, a_{n-1}, x) = \\
&= {}_{(n,n+1)}f(a_1, \dots, a_{n-1}, f(a_1, \dots, a_{n-1}, x)) = x.
\end{aligned}$$



**Алгоритм 2.** Пусть  $Q$  – непустой конечный алфавит и  $k$  – натуральное число,  $u_i, v_i \in Q, i \in \{1, \dots, k\}$ . Определим  $n$ -арный группоид  $(Q, f)$ , который обратим на  $n$ -м месте. Ясно, что группоид  $(Q, {}^{(n,n+1)}f)$  определяется однозначно.

Возьмем фиксированные элементы  $l_i^{(n^2-n)/2} (l_i \in Q)$ , которые назовем лидерами.

Пусть  $u_1, u_2, \dots, u_n$  – последовательность  $k$ -букв из  $Q$ , а  $a, b, c, d, \dots$  – натуральные числа (степени трансляций). Тогда получим алгоритм шифрования вида:

$$\begin{aligned} v_1 &= T^a(l_1^{(n-1)}, u_1), \\ v_2 &= T^b(l_n^{(2n-3)}, v_1, u_2), \\ &\dots \\ v_{n-1} &= T^c(l_{(n^2-n)/2}, v_1, \dots, v_{n-2}, u_{n-1}), \\ v_n &= T^d(v_1^{(n-1)}, u_n), \\ v_{n+1} &= T^e(v_2^n, u_{n+1}), \\ v_{n+2} &= T^t(v_3^{n+1}, u_{n+2}), \\ &\dots \end{aligned}$$

В результате получим следующий шифротекст:  $v_1, v_2, \dots, v_{n-1}, v_n, v_{n+1}, \dots$

Принимая во внимание лемму, можно сказать, что алгоритм расшифровки может быть построен аналогично алгоритму расшифровки, приведенному в [6, 13].

*Пример 3.* Мы построим тернарный группоид  $(R_3, f)$ ,  $R_3 = \{0, 1, 2\}$ , который определен над кольцом  $(R_3, +, \cdot)$  классов вычетов по модулю 3 и который обратим на третьем месте. Определим тернарную операцию  $f$  на множестве  $R_3$  следующим образом:

$$f(x_1, x_2, x_3) = \alpha x_1 + \beta x_2 + x_3 = x_4,$$

где

$$\begin{aligned} \alpha 0 = 2, \alpha 1 = 2, \alpha 2 = 0, \\ \beta 0 = 1, \beta 1 = 1, \beta 2 = 1. \end{aligned}$$

Ниже будем учитывать, что  $T_{2,0}1 = 2$  обозначает, что  $f(2, 0, 1) = 2$  и т. д.

Имеем:

$$T_{0,0}0 = 0; T_{0,0}1 = 1; T_{0,1}0 = 0;$$

$$T_{1,0}0 = 0; T_{0,0}2 = 2; T_{0,2}0 = 0;$$

$$T_{2,0}0 = 1; T_{0,1}1 = 1; T_{0,1}2 = 2;$$

$$T_{0,2}1 = 1; T_{0,2}2 = 2; T_{1,0}1 = 1;$$

$$T_{1,0}2 = 2; T_{2,0}1 = 2; T_{2,0}2 = 0;$$

$$T_{1,1}0 = 0; T_{1,2}0 = 0; T_{2,1}0 = 1;$$

$$T_{2,2}0 = 1; T_{1,1}1 = 1; T_{1,1}2 = 2;$$

$$T_{1,2}1 = 1; T_{2,1}1 = 2; T_{1,2}2 = 2;$$

$$T_{2,1}2 = 0; T_{2,2}1 = 2; T_{2,2}2 = 0.$$

В этом случае

$${}^{(3,4)}f(x_1, x_2, x_4) = x_3 = 2 \cdot \alpha x_1 + 2 \cdot \beta x_2 + x_4.$$

Проверяем:

$$f(x_1, x_2, x_3) = f(x_1, x_2, {}^{(3,4)}f(x_1, x_2, x_4)) =$$

$$= \alpha x_1 + \beta x_2 + 2 \cdot \alpha x_1 + 2 \cdot \beta x_2 + x_4 = x_4,$$

$${}^{(3,4)}f(x_1, x_2, f(x_1, x_2, x_3)) =$$

$$= 2 \cdot \alpha x_1 + 2 \cdot \beta x_2 + \alpha x_1 + \beta x_2 + x_3 = x_3.$$

Мы возьмем следующие элементы  $l_1 = 2, l_2 = 0, l_3 = 2$  в качестве лидеров.

В алгоритме 2 положим  $a = 1, b = 2, c = 1, d = 2$  и т. д.

В этом случае открытый текст 201121 будет шифроваться по следующему алгоритму:

$$T_{l_1, l_2}^1 u_1 = f(l_1, l_2, u_1) = f(2, 0, 2) = 0 = v_1;$$

$$T_{l_3, v_1}^2 u_2 = f(2, 0, f(2, 0, 0)) = f(2, 0, 1) = 1 = v_2;$$

$$T_{v_1, v_2}^1 u_3 = f(0, 2, 1) = 1 = v_3;$$

$$T_{v_2, v_3}^2 u_4 = f(2, 1, f(2, 1, 1)) = f(2, 1, 2) = 0 = v_4;$$

$$T_{v_3, v_4}^1 u_5 = f(1, 0, 2) = 2 = v_5;$$

$$T_{v_4, v_5}^2 u_6 = f(0, 2, f(0, 2, 1)) = f(0, 2, 1) = 1 = v_6.$$

В результате мы получили шифротекст вида: 021021.

Обратите внимание, что в условиях данного примера верно следующее:  $T^{-1}(x, y, -) = T^2(x, y, -)$ . Поэтому получаем такую процедуру расшифровки:

$$\begin{aligned} T_{l_1, l_2}^2 v_1 &= f(l_1, l_2, f(l_1, l_2, v_1)) = \\ &= f(2, 0, f(2, 0, 0)) = f(2, 0, 1) = 2 = u_1; \end{aligned}$$

$$T_{l_3, v_1}^1 v_2 = f(2, 0, 2) = 0 = u_2;$$

$$T_{v_1, v_2}^2 v_3 = f(0, 2, f(0, 2, 1)) = f(0, 2, 1) = 1 = u_3;$$

$$T_{v_2, v_3}^1 v_4 = f(2, 1, 0) = 1 = u_4;$$

$$T_{v_3, v_4}^2 v_5 = f(1, 0, f(1, 0, 2)) = f(1, 0, 2) = 2 = u_5;$$

$$T_{v_4, v_5}^1 v_6 = f(0, 2, 1) = 1 = u_6.$$

Результатом процедуры является исходный текст: 201121.

*Пример 4.* Построим 4-арный группоид  $(R_3, f)$ ,  $R_3 = \{0, 1, 2\}$ , который определен над кольцом  $(R_3, +, \cdot)$  классов вычетов по модулю 3 и который обратим на четвертом месте. Мы определим 4-арную операцию  $f$  на множестве  $R_3$  следующим образом:

$$f(x_1, x_2, x_3, x_4) = \alpha x_1 + \beta x_2 + \gamma x_3 + x_4 = x_5,$$

где  $\alpha 0 = 2$ ,  $\alpha 1 = 2$ ,  $\alpha 2 = 0$ ,

$\beta 0 = 1$ ,  $\beta 1 = 0$ ,  $\beta 2 = 1$ ,  $\gamma 0 = 2$ ,  $\gamma 1 = 0$ ,  $\gamma 2 = 0$ .

В этом случае

$$\begin{aligned} {}^{(4,5)}f(x_1, x_2, x_3, x_5) &= x_4 = \\ &= 2 \cdot \alpha x_1 + 2 \cdot \beta x_2 + 2 \cdot \gamma x_3 + x_5. \end{aligned}$$

Проверяем:

$$\begin{aligned} f(x_1, x_2, x_3, x_4) &= \\ &= f(x_1, x_2, x_3, {}^{(4,5)}f(x_1, x_2, x_3, x_5)) = \\ &= \alpha x_1 + \beta x_2 + \gamma x_3 + 2 \cdot \alpha x_1 + \\ &\quad + 2 \cdot \beta x_2 + 2 \cdot \gamma x_3 + x_5 = x_5, \\ {}^{(4,5)}f(x_1, x_2, x_3, x_5) &= \\ &= {}^{(4,5)}f(x_1, x_2, x_3, f(x_1, x_2, x_3, x_4)) = \\ &= 2 \cdot \alpha x_1 + 2 \cdot \beta x_2 + 2 \cdot \gamma x_3 + \\ &\quad + \alpha x_1 + \beta x_2 + \gamma x_3 + x_4 = x_4. \end{aligned}$$

Значений операции  $f$  для всех допустимых наборов у нас будет 81:

$$f(0, 0, 0, 0) = \alpha 0 + \beta 0 + \gamma 0 + 0 = 2 + 1 + 2 = 2,$$

$$f(1, 0, 0, 0) = \alpha 1 + \beta 0 + \gamma 0 + 0 = 2 + 1 + 2 = 2,$$

$$f(0, 1, 0, 0) = \alpha 0 + \beta 1 + \gamma 0 + 0 = 2 + 2 = 1,$$

$$f(0, 0, 1, 0) = \alpha 0 + \beta 0 + \gamma 1 + 0 = 2 + 1 = 0,$$

$$f(0, 0, 0, 1) = \alpha 0 + \beta 0 + \gamma 0 + 1 = 2 + 1 + 2 + 1 = 0,$$

$$f(1, 1, 0, 0) = \alpha 1 + \beta 1 + \gamma 0 + 0 = 2 + 2 = 1,$$

$$f(1, 0, 1, 0) = \alpha 1 + \beta 0 + \gamma 1 + 0 = 2 + 1 = 0,$$

$$f(1, 0, 0, 1) = \alpha 1 + \beta 0 + \gamma 0 + 1 = 2 + 1 + 2 + 1 = 0,$$

$$f(0, 1, 1, 0) = \alpha 0 + \beta 1 + \gamma 1 + 0 = 2,$$

$$f(0, 1, 0, 1) = \alpha 0 + \beta 1 + \gamma 0 + 1 = 2 + 2 + 1 = 2,$$

$$f(0, 0, 1, 1) = \alpha 0 + \beta 0 + \gamma 1 + 1 = 2 + 1 + 1 = 1,$$

$$\begin{aligned}
f(1,1,1,0) &= \alpha 1 + \beta 1 + \gamma 1 + 0 = 2, & f(1,0,0,2) &= \alpha 1 + \beta 0 + \gamma 0 + 2 = 2 + 1 + 2 + 2 = 1, \\
f(1,0,1,1) &= \alpha 1 + \beta 0 + \gamma 1 + 1 = 2 + 1 + 1 = 1, & f(0,1,0,2) &= \alpha 0 + \beta 1 + \gamma 0 + 2 = 2 + 2 + 2 = 0, \\
f(1,1,0,1) &= \alpha 1 + \beta 1 + \gamma 0 + 1 = 2 + 2 + 1 = 2, & f(0,0,2,1) &= \alpha 0 + \beta 0 + \gamma 2 + 1 = 2 + 1 + 1 = 1, \\
f(0,1,1,1) &= \alpha 0 + \beta 1 + \gamma 1 + 1 = 2 + 1 = 0, & f(2,1,0,0) &= \alpha 2 + \beta 1 + \gamma 0 + 0 = 2, \\
f(1,1,1,1) &= \alpha 1 + \beta 1 + \gamma 1 + 1 = 2 + 1 = 0, & f(0,2,1,0) &= \alpha 0 + \beta 2 + \gamma 1 + 0 = 2 + 1 = 0, \\
f(2,0,0,0) &= \alpha 2 + \beta 0 + \gamma 0 + 0 = 1 + 2 = 0, & f(2,0,1,0) &= \alpha 2 + \beta 0 + \gamma 1 + 0 = 1, \\
f(0,2,0,0) &= \alpha 0 + \beta 2 + \gamma 0 + 0 = 2 + 1 + 2 = 2, & f(2,0,0,1) &= \alpha 2 + \beta 0 + \gamma 0 + 1 = 1 + 2 + 1 = 1, \\
f(0,0,2,0) &= \alpha 0 + \beta 0 + \gamma 2 + 0 = 2 + 1 = 0, & f(0,2,0,1) &= \alpha 0 + \beta 2 + \gamma 0 + 1 = 2 + 1 + 2 + 1 = 0, \\
f(0,0,0,2) &= \alpha 0 + \beta 0 + \gamma 0 + 2 = 2 + 1 + 2 + 2 = 1, & f(1,1,0,2) &= \alpha 1 + \beta 1 + \gamma 0 + 2 = 2 + 1 = 0, \\
f(2,2,0,0) &= \alpha 2 + \beta 2 + \gamma 0 + 0 = 1 + 2 = 0, & f(1,1,2,0) &= \alpha 1 + \beta 1 + \gamma 2 + 0 = 2 + 1 + 2 + 1 = 0, \\
f(2,0,2,0) &= \alpha 2 + \beta 0 + \gamma 2 + 0 = 1, & f(1,0,1,2) &= \alpha 1 + \beta 0 + \gamma 1 + 2 = 2, \\
f(2,0,0,2) &= \alpha 2 + \beta 0 + \gamma 0 + 2 = 1 + 2 + 2 = 2, & f(1,2,1,0) &= \alpha 1 + \beta 2 + \gamma 1 + 0 = 2 + 2 + 1 = 2, \\
f(0,2,2,0) &= \alpha 0 + \beta 2 + \gamma 2 + 0 = 2 + 1 = 0, & f(1,0,2,1) &= \alpha 1 + \beta 0 + \gamma 2 + 1 = 2 + 1 + 1 = 1, \\
f(0,0,2,2) &= \alpha 0 + \beta 0 + \gamma 2 + 2 = 2 + 1 + 2 = 2, & f(1,2,0,1) &= \alpha 1 + \beta 2 + \gamma 0 + 1 = 2, \\
f(2,2,2,0) &= \alpha 2 + \beta 2 + \gamma 2 + 0 = 1, & f(0,1,1,2) &= \alpha 0 + \beta 1 + \gamma 1 + 2 = 2 + 2 = 1, \\
f(2,0,2,2) &= \alpha 2 + \beta 0 + \gamma 2 + 2 = 1 + 2 = 0, & f(2,1,1,0) &= \alpha 2 + \beta 1 + \gamma 1 + 0 = 0, \\
f(2,2,0,2) &= \alpha 2 + \beta 2 + \gamma 0 + 2 = 1 + 2 + 2 = 2, & f(0,1,2,1) &= \alpha 0 + \beta 1 + \gamma 2 + 1 = 2 + 2 + 1 = 2, \\
f(0,2,2,2) &= \alpha 0 + \beta 2 + \gamma 2 + 2 = 2 + 1 + 2 = 2, & f(2,1,0,1) &= \alpha 2 + \beta 1 + \gamma 0 + 1 = 2 + 1 = 0, \\
f(2,2,2,2) &= \alpha 2 + \beta 2 + \gamma 2 + 2 = 1 + 2 = 0, & f(2,0,1,1) &= \alpha 2 + \beta 0 + \gamma 1 + 1 = 1 + 1 = 2, \\
f(0,0,1,2) &= \alpha 0 + \beta 0 + \gamma 1 + 2 = 2 + 1 + 2 = 2, & f(0,2,1,1) &= \alpha 0 + \beta 2 + \gamma 1 + 1 = 2 + 1 + 1 = 1, \\
f(1,2,0,0) &= \alpha 1 + \beta 2 + \gamma 0 + 0 = 2 + 1 + 2 = 2, & f(2,2,0,1) &= \alpha 2 + \beta 2 + \gamma 0 + 1 = 1 + 2 + 1 = 1, \\
f(0,1,2,0) &= \alpha 0 + \beta 1 + \gamma 2 + 0 = 2, & f(2,2,1,0) &= \alpha 2 + \beta 2 + \gamma 1 + 0 = 1, \\
f(1,0,2,0) &= \alpha 1 + \beta 0 + \gamma 2 + 0 = 2 + 1 = 0, & f(2,0,2,1) &= \alpha 2 + \beta 0 + \gamma 2 + 1 = 1 + 1 = 2,
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f(2,1,2,0) &= \alpha 2 + \beta 1 + \gamma 2 + 0 = 0, \\
f(2,1,0,2) &= \alpha 2 + \beta 1 + \gamma 0 + 2 = 2 + 2 = 1, \\
f(2,0,1,2) &= \alpha 2 + \beta 0 + \gamma 1 + 2 = 0, \\
f(1,2,2,0) &= \alpha 1 + \beta 2 + \gamma 2 + 0 = 2 + 1 = 0, \\
f(0,2,2,1) &= \alpha 0 + \beta 2 + \gamma 2 + 1 = 2 + 1 + 1 = 1, \\
f(1,0,2,2) &= \alpha 1 + \beta 0 + \gamma 2 + 2 = 2 + 1 + 2 = 2, \\
f(0,1,2,2) &= \alpha 0 + \beta 1 + \gamma 2 + 2 = 2 + 2 = 1, \\
f(1,2,0,2) &= \alpha 1 + \beta 2 + \gamma 0 + 2 = 2 + 1 + 2 + 2 = 1, \\
f(0,2,1,2) &= \alpha 0 + \beta 2 + \gamma 1 + 2 = 2 + 1 + 2 = 2, \\
f(1,1,1,2) &= \alpha 1 + \beta 1 + \gamma 1 + 2 = 2 + 2 = 1, \\
f(2,1,1,1) &= \alpha 2 + \beta 1 + \gamma 1 + 1 = 1, \\
f(1,2,1,1) &= \alpha 1 + \beta 2 + \gamma 1 + 1 = 2 + 1 + 1 = 1, \\
f(1,1,2,1) &= \alpha 1 + \beta 1 + \gamma 2 + 1 = 2 + 1 = 0, \\
f(2,2,2,1) &= \alpha 2 + \beta 2 + \gamma 2 + 1 = 1 + 1 = 2, \\
f(2,1,2,2) &= \alpha 2 + \beta 1 + \gamma 2 + 2 = 2, \\
f(2,2,1,2) &= \alpha 2 + \beta 2 + \gamma 1 + 2 = 1 + 2 = 0, \\
f(1,2,2,2) &= \alpha 1 + \beta 2 + \gamma 2 + 2 = 2 + 1 + 2 = 2, \\
f(2,2,1,1) &= \alpha 2 + \beta 2 + \gamma 1 + 1 = 1 + 1 = 2, \\
f(2,1,2,1) &= \alpha 2 + \beta 1 + \gamma 2 + 1 = 1, \\
f(2,1,1,2) &= \alpha 2 + \beta 1 + \gamma 1 + 2 = 2, \\
f(1,2,2,1) &= \alpha 1 + \beta 2 + \gamma 2 + 1 = 2 + 1 + 1 = 1, \\
f(1,2,1,2) &= \alpha 1 + \beta 2 + \gamma 1 + 2 = 2 + 1 + 2 = 2, \\
f(1,1,2,2) &= \alpha 1 + \beta 1 + \gamma 2 + 2 = 2 + 2 = 1.
\end{aligned}$$

Мы возьмем элементы  $l_1 = 0, l_2 = 1, l_3 = 2, l_4 = 0, l_5 = 2, l_6 = 0$  в качестве лидеров.

В алгоритме 2 положим  $a = 1, b = 2, c = 1, d = 2$  и т. д.

В этом случае открытый текст 102211 будет шифроваться по следующему алгоритму:

$$\begin{aligned}
v_1 &= T_{l_1, l_2, l_3}^1 u_1 = f(l_1, l_2, l_3, u_1) = \\
&= f(0, 1, 2, 1) = 0 \Rightarrow v_1 = 0; \\
v_2 &= T_{l_4, l_5, v_1}^2 u_2 = \\
&= f(l_4, l_5, v_1, f(l_4, l_5, v_1, u_2)) = \\
&= f(0, 2, 0, f(0, 2, 0, 0)) = \\
&= f(0, 2, 0, 2) = 1 \Rightarrow v_2 = 1; \\
v_3 &= T_{l_6, v_1, v_2}^1 u_3 = f(l_6, v_1, v_2, u_3) = \\
&= f(0, 0, 1, 2) = 2 \Rightarrow v_3 = 2; \\
v_4 &= T_{v_1, v_2, v_3}^2 u_4 = \\
&= f(v_1, v_2, v_3, f(v_1, v_2, v_3, u_4)) = \\
&= f(0, 1, 2, f(0, 1, 2, 2)) = \\
&= f(0, 1, 2, 1) = 0 \Rightarrow v_4 = 0; \\
v_5 &= T_{v_2, v_3, v_4}^1 u_5 = f(v_2, v_3, v_4, u_5) = \\
&= f(1, 2, 0, 1) = 0 \Rightarrow v_5 = 0; \\
v_6 &= T_{v_3, v_4, v_5}^2 u_6 = \\
&= f(v_3, v_4, v_5, f(v_3, v_4, v_5, u_6)) = \\
&= f(2, 0, 0, f(2, 0, 0, 1)) = \\
&= f(2, 0, 0, 1) = 1 \Rightarrow v_6 = 1.
\end{aligned}$$

В результате мы получили такой зашифрованный текст: 021021.

У нас есть следующая процедура расшифровки. Обратите внимание, что в условиях данного примера также имеет место:  $T^{-1}(x, y, z, -) = T^2(x, y, z, -)$ .

$$\begin{aligned} T_{l_1, l_2, l_3}^2 v_1 &= f(l_1, l_2, l_3, f(l_1, l_2, l_3, v_1)) = \\ &= f(0, 1, 2, f(0, 1, 2, 0)) = f(0, 1, 2, 2) = \\ &= 1 \Rightarrow u_1 = 1; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{l_4, l_5, v_1}^1 v_2 &= f(l_4, l_5, v_1, v_2) = \\ &= f(0, 2, 0, 1) = 0 \Rightarrow u_2 = 0; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{l_6, v_1, v_2}^2 v_3 &= f(l_6, v_1, v_2, f(l_6, v_1, v_2, v_3)) = \\ &= f(0, 0, 1, f(0, 0, 1, 2)) = f(0, 0, 1, 2) = \\ &= 2 \Rightarrow u_3 = 2; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{v_1, v_2, v_3}^1 v_4 &= f(v_1, v_2, v_3, v_4) = \\ &= f(0, 1, 2, 0) = 2 \Rightarrow u_4 = 2; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{v_2, v_3, v_4}^2 v_5 &= f(v_2, v_3, v_4, f(v_2, v_3, v_4, v_5)) = \\ &= f(1, 2, 0, f(1, 2, 0, 0)) = f(1, 2, 0, 2) = \\ &= 1 \Rightarrow u_5 = 1; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{v_3, v_4, v_5}^1 v_6 &= f(v_3, v_4, v_5, v_6) = \\ &= f(2, 0, 0, 1) = 1 \Rightarrow u_6 = 1. \end{aligned}$$

В результате мы получили исходный текст: 102211.

Если сравнить два последних алгоритма, то мы увидим, что общее число необходимых лидеров для первого алгоритма составит  $(n-1)^2$ , а для второго алгоритма требуемое число лидеров будет равно  $\frac{n(n-1)}{2}$ .

При сравнении данных двух чисел мы видим, что второе число меньше первого на величину  $(n-1)\left(\frac{n}{2}-1\right)$ . А это говорит о преимуществе второго алгоритма (особенно при росте числа  $n$ ).

Кроме того, алгоритм значительно усложняется, если мы кроме первой и второй степени трансляций будем использовать третью, четвертую степень и т. д. Чем выше степени используемых в алгоритме

трансляций, тем он будет более сложен для взлома.

Мы планируем дальнейшую модификацию алгоритма Марковского, а также проведение атак с помощью открытого и зашифрованного текстов, полученных на основе описанных выше алгоритмов.

Заметим, многие дальнейшие пути развития применений квазигрупп в криптографии отражены в обзоре М.М. Глухова [15]. Данная статья использует некоторые результаты из [16].

## Цитированная литература

1. **Menezes A.J., Oorschot P.C. Van, Vanstone S.A.** Handbook of Applied Cryptography // CRC Press. – Boca Raton, FL. – 1997. – P. 191–216.
2. **Xuejia Lai, James L. Massey.** A proposal for a new block encryption standard. Advances in Cryptology - EUROCRYPT 90, LNCS, 473, 1991. – P. 389–404.
3. **Koscielny C.** NLPN Sequences over GF(q). Quasigroups Relat. Syst., 4, 1997. – P. 89–102.
4. **Koscielny C.** Generating quasigroups for cryptographic applications // Int. J. Appl. Math. Comput. Sci. – 2002. – Vol. 12(4). – P. 559–569.
5. **Ochadkova E., Snasel V.** Using quasigroups for secure encoding of file system. In Conference Security and Protection of Information, Abstract of Talks, Brno, May 2001. – P. 175–181.
6. **Shcherbacov V.A.** Elements of Quasigroup Theory and Applications. CRC Press, Boca Raton, 2017. – P. 435–444.
7. **Krapez A., Zivkovic D.** Parastrophically equivalent quasigroup equations // Publ. Inst. Math. (Beograd) (N.S.) – 2010. – Vol. 87(101). – P. 39–58.
8. **Dimitrova V., Bakeva V., Popovska-Mitrovikj A. et al.** Classifications of quasigroups of order 4 by parastrophic quasigroups transformation. In The International Mathematical Conference on Quasigroups and Loops, LOOPS'11, Booklet of Abstracts, Trest', Czech Republic, July 2011. – P. 6. – URL: <http://www.karlin.mff.cuni.cz/loops11/>.

9. **Markovski S., Gligoroski D., Stojcevka B.** Secure two-way on-line communication by using quasigroup enciphering with almost public key // Novi Sad J. Math. – 2000. – Vol. 30(2). – P. 43–49.
10. **Koscielny C., Mullen G.L.** A quasigroup-based public-key cryptosystem // Int. J. Appl. Math. Comput. Sci. – 1999. – Vol. 9(4). – P. 955–963.
11. **Markovski S., Gligoroski D., Andova S.** Using quasigroups for one-one secure encoding, Proc. VIII Conf. Logic and Computer Science “LIRA’97”, Novi Sad, 1997. – P. 157–167.
12. **Белоусов В.Д.**  $n$ -арные квазигруппы. – Кишинев: Штиинца, 1971.
13. **Shcherbacov V.A., Malyutina N.N.** Role of quasigroups in cryptosystems. Generalization of Markovski algorithm. International Conference on Mathematics, Informatics and Information Technologies dedicated to the Illustrious Scientists Valentin Belousov, April 19 – April 21, 2018, Balti, Communications, 2018. – P. 88–89.
14. **Vojvoda M.** Stream ciphers and hash functions - analysis of some new design approaches. PhDthesis, Slovak University of Technology, July, 2004.
15. **Глухов М.М.** О применениях квазигрупп в криптографии // Прикладная и дискретная математика. – 2008. – № 2(2). – С. 28–32.
16. **Malyutina N., Scherbacova A., Shcherbacov V.** Some generalisations of Markovsky algorithm on  $i$ -invertible groupoids. Proceedings of the Conference on Mathematical Foundations of Informatics MFOI2018, July 2–6, 2018, Chisinau, Republic of Moldova, 149–153.

УДК 512.548.7

## ОБ ОДНОМ КЛАССЕ $i$ -КВАЗИГРУПП

*И.А. Флоря, Н.Н. Дидурик*

*Исследованы некоторые свойства класса  $i$ -квазигрупп. Построены различные примеры  $i$ -квазигрупп с эластичным законом, с непустым дистрибутантом. Найдены условия, когда  $i$ -квазигруппа с непустым дистрибутантом является левой квазигруппой Бола. Исследованы левые и правые псевдоавтоморфизмы  $i$ -квазигрупп.*

**Ключевые слова:** квазигруппа, луна, дистрибутант, изотопия, группа.

## ON ONE CLASS $i$ -QUASIGROUP

*I.A. Florya, N.N. Didurik*

*The article investigated some properties of the class of  $i$ -quasigroups. Various examples of  $i$ -quasigroups with elastic law, with non-empty distributor are constructed. The conditions are found when the  $i$ -quasigroup with a non-empty distributor is a left Bol quasigroup. The left and right pseudoautomorphisms of  $i$ -quasigroups are investigated.*

**Keywords:** quasigroup, loop, distributor, isotopy, group.

**Актуальность и научная новизна.** В настоящее время теория квазигрупп, теория латинских квадратов и теория сетей развиваются достаточно интенсивно. И хотя каждая из этих теорий имеет свои

достижения, задачи и проблемы, они постоянно пересекаются, обогащая друг друга.

Для квазигрупп, особенно ввиду их связи с комбинаторикой, были определе-



ны различного рода морфизмы, которые стали активно изучаться и изучаются до сих пор. Среди них отметим изоморфизмы, автоморфизмы, изотопии, автотопии, псевдоавтоморфизмы, изострофии, скрещенные изотопии.

Все полученные в статье результаты новые.

**Материалы и методы исследования.** Применялись алгебраические и комбинаторные методы исследования.

**Цель исследования.** Изучить некоторые свойства класса  $i$ -квазигрупп. Построить примеры. Найти связь с известными квазигруппами Бола и Муфанг. Изучить морфизмы этого класса квазигрупп.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ.** Квазигруппу  $K(\cdot)$  назовем  $i$ -квазигруппой, если в  $K(\cdot)$  выполняется тождество

$$x(xy \cdot z) = y(zx \cdot x), \quad \forall x, y, z \in K. \quad (1)$$

**ТЕОРЕМА 1.** В любой  $i$ -квазигруппе  $K(\cdot)$  с эластичным тождеством

$$xy \cdot x = x \cdot ux, \quad \forall x, y \in K \quad (2)$$

множество всех локальных единиц образует левую подквазигруппу Бола [1].

**Доказательство.** Из (2) получаем  $xe_x \cdot x = x \cdot e_x x$ ,  $x = e_x x$ ,

$$e_x = f_x, \quad \forall x \in K. \quad (3)$$

Из (1) и (3) получаем  $xx \cdot z = zx \cdot x$ ,  $e_z e_z \cdot z = ze_z \cdot e_z$ ,  $e_z^2 z = z$ ,  $e_z^2 = f_z = e_z$ ,

$$e_z^2 = e_z, \quad \forall z \in K. \quad (4)$$

Из (1) и (4) получаем  $e_z(e_x y \cdot e_x) = y(e_x e_x \cdot e_x) = ye_x$ ,  $e_x(e_x \cdot ye_x) = ye_x$ ,  $e_x(e_x t) = t$ ,

$$e_x(e_x t) = t, \quad \forall x, t \in K. \quad (5)$$

Из (1) и (5) получаем  $e_x(e_x y \cdot z) = y(e_x^2 z) = y \cdot e_x z$ ,

$$e_x(yz) = e_x y \cdot e_x z, \quad \forall x, y, z \in K. \quad (6)$$

Из (6) получаем  $e_x(ye_y) = e_x y \cdot e_x e_y$ ,

$$e_x \cdot e_y = e_{e_x y}, \quad \forall x, y \in K. \quad (7)$$

Пусть  $M$  есть множество всех локальных единиц квазигруппы  $K(\cdot)$ , т. е.  $M = \{e_x \in K | xe_x = x\}$ ,  $\forall x \in K$ . Из (7) следует, что  $M$  замкнуто относительно квазигрупповой операции  $(\cdot)$ , т. е.  $\forall e_x, e_y \in M, (e_x \cdot e_y \in M)$ . Чтобы  $M(\cdot)$  было подквазигруппой, достаточно доказать, что решения уравнений  $e_a x = e_b$ ,  $y \cdot e_a = e_b$ ,  $\forall e_a, e_b \in M$  принадлежат  $M$ . Пусть  $e_a \cdot c = e_b$ . Тогда получаем  $c = e_a \cdot e_b \in M$ . Пусть  $de_a = e_b$ . Тогда аналогично получаем  $(de_a)e_a = e_b e_a$ ,  $e_a^2 d = e_b e_a$ ,  $e_a d = e_b \cdot e_a$ ,  $d = e_a(e_b \cdot e_a) \in M$ .

Получили, что  $M(\cdot)$  – подквазигруппа  $i$ -квазигруппы  $K(\cdot)$ . Осталось доказать, что в подквазигруппе  $M(\cdot)$  имеет место левое тождество Бола:

$$x(y \cdot xz) = R_x^{-1}(xy \cdot x) \cdot z, \quad \forall x, y, z \in M.$$

$\forall x, y, z \in M$  имеет место  $x^2 = x$ ,  $e_x = x$ ,  $x(xy) = y$ ,  $x(yz) = xy \cdot xz$ . Поэтому получаем  $A = x(y \cdot xz) = xy \cdot (x \cdot xz) = xy \cdot z$ ;  $B = R_x^{-1}(xy \cdot x) \cdot z = R_x^{-1}(xy \cdot x) \cdot z = xy \cdot z$ . Получили  $A = B$ .  $\square$

**Пример 1.** Пусть  $Z_5(+, \cdot)$  – поле классов вычетов по модулю  $m=5$ , где  $Z_5 = \{\bar{0}, \bar{1}, \bar{2}, \bar{3}, \bar{4}\}$ . Определяем новую операцию  $(\circ)$ ,  $x \circ y = \bar{2}x - y$ ,  $\forall x, y \in Z_5$ . Тогда  $Z_5(\circ)$  –  $i$ -квазигруппа с эластичным законом  $((x \circ y) \circ x = x \circ (y \circ x))$ .

**Пример 2.** Пусть  $G(\cdot)$  – неабелева группа, где  $x^2$  принадлежит центру группы  $G(\cdot)$ , т.е. имеет место  $x^2 y = yx^2$ ,  $\forall x, y \in G$ . Тогда  $G(\cdot)$  –  $i$ -квазигруппа с эластичным законом.

**ТЕОРЕМА 2.**  $i$ -квазигруппа  $K(\cdot)$  с непустым дистрибутантом  $D$  [2] является левой квазигруппой Бола тогда и только тогда, когда в  $K(\cdot)$  выполняется равенство

$$xa \cdot xy = xx \cdot ay, \quad \forall x, y \in K, \quad (8)$$

где  $a \in D$ ,  $a$  – фиксированный элемент.

**Доказательство.** Дано  $a(xy) = ax \cdot ay$ ,  $(xy)a = xa \cdot ya$ . Откуда, в частности, получаем  $ax \cdot a = a \cdot xa$ ,  $R_a L_a = L_a R_a$ ,  $a^2 = a$ ,  $L_a, R_a$  – автоморфизмы квазигруппы  $K(\cdot)$  и лупы  $K(\circ)$ , где  $x \circ y = R_a^{-1} x \cdot L_a^{-1} y$ .

Теперь используем тождество  $i$ -квазигруппы  $x(xy \cdot z) = y(zx \cdot x)$ . Подставляя  $x = z = a$ , получаем  $a(at) = t$ ,  $\forall t \in K$ , где  $t = ya$ ,  $L_a^2 = \varepsilon$ , где  $\varepsilon$  – тождественная подстановка множества  $K$ . Далее имеем  $a(aa \cdot z) = a(za \cdot a)$ ,  $L_a = R_a^2$ . Для упрощения записи условимся писать  $L_a = L$ ,  $R_a = R$ . В равенстве  $x(xy \cdot z) = y(zx \cdot x)$  переходим от операции  $(\cdot)$  к операции  $(\circ)$ , используя  $x \circ y = R_a^{-1} x \cdot L_a^{-1} y = R^{-1} x \cdot L^{-1} y$ ,  $xy = Rx \circ Ly$ . Получаем

$$\begin{aligned} Rx \circ L(R(Rx \circ Ly) \circ Lz) &= \\ &= Ry \circ L(R(Rz \circ Lx) \circ Lx), \\ Rx \circ ((LR^2 x \circ LRLy) \circ L^2 z) &= \\ &= Ry \circ ((LR^2 z \circ LRLx) \circ L^2 x). \end{aligned}$$

Теперь используем  $L = R^2$ ,  $L^2 = \varepsilon$  и получаем  $Rx \circ ((x \circ Ry) \circ z) = Ry \circ ((z \circ Rx) \circ x)$ . Совершаем подстановку  $y \rightarrow R^{-1} y$  и получаем тождество

$$Rx \circ ((x \circ y) \circ z) = y \circ ((z \circ Rx) \circ x). \quad (9)$$

Если  $y = Rx$ , получаем  $(x \circ Rx) \circ z = (z \circ Rx) \circ x$ ,  $Rx \circ ((x \circ y) \circ z) = y \circ ((x \circ Rx) \circ z)$ . Если  $y = x^{-1}$ , где  $x \circ x^{-1} = e = a$ ,  $e$  – единица лупы  $K(\circ)$ , получаем

$$Rx \circ z = x^{-1} \circ ((x \circ Rx) \circ z). \quad (10)$$

Пусть имеет место (8). Из (8) получаем

$$\begin{aligned} R^2 x \circ L(Rx \circ Ly) &= R(Rx \circ Lx) \circ L^2 y, \\ Lx \circ (LRx \circ L^2 y) &= (R^2 x \circ RLx) \circ L^2 y. \end{aligned}$$

Совершаем подстановку  $x \rightarrow Lx$  и получаем

$$x \circ (Rx \circ y) = (x \circ Rx) \circ y, \quad \forall x, y \in K. \quad (11)$$

Из (10) и (11) получаем

$$\begin{aligned} L_a, R_a \quad Rx \circ z &= x^{-1} \circ (x \circ (Rx \circ z)), \\ t &= x^{-1} \circ (x \circ t), \quad \forall x, t \in K, \quad (12) \end{aligned}$$

где  $t = Rx \circ z$ .

В равенстве (12) переходим от операции  $(\circ)$  к операции  $(\cdot)$  и получаем  $t = R^{-1} x \times x^{-1} \cdot L^{-1}(R^{-1} x \cdot L^{-1} t) = R^{-1} x^{-1} \cdot (L^{-1} R^{-1} x \cdot t) = R^{-1} IRLx \cdot (xt) = I_l x(xt)$ , где  $I_l = R^{-1} IRL$ . Получили, что квазигруппа  $K(\cdot)$  – LIP (обратима слева).

Теперь докажем, что лупа  $K(\circ)$  обратима и справа, т. е.  $K(\circ)$  – IP-лупа. В (9) подставляем  $y = e$ , где  $e$  – единица лупы  $K(\circ)$ , и получаем

$$Rx \circ (x \circ z) = (z \circ Rx) \circ x. \quad (13)$$

В (9) подставляем  $z = e$  и получаем

$$Rx \circ (x \circ y) = y \circ (Rx \circ x). \quad (14)$$

Из (13) и (14) имеем

$$(z \circ Rx) \circ x = z \circ (Rx \circ x). \quad (15)$$

Из (15) и (9) получаем равенство  $Rx \circ ((x \circ y) \circ z) = y \circ (z \circ (Rx \circ x))$ . Если  $z = y^{-1}$ , получаем  $(x \circ y) \circ y^{-1} = x$ ,  $\forall x, y \in K$ ,  $K(\circ)$  – IP-лупа.

Далее докажем, что  $K(\circ)$  – лупа Муфанг, в которой  $(Rx \circ x) \circ y = y \circ (Rx \circ x)$ ,  $\forall x, y \in K$ . Из  $Rx \circ ((x \circ y) \circ z) = y \circ ((z \circ Rx) \circ x)$  получаем автотопию  $T_1$  лупы  $K(\circ)$ ,

где  $T_1 = (L_x^{-1}, R_x R_{R_x}, L_{R_x})$ . Далее имеем

$$\begin{aligned} (Rx \circ ((x \circ y) \circ z))^{-1} &= (y \circ ((z \circ Rx) \circ x))^{-1}, \\ ((x \circ y) \circ z)^{-1} \circ (Rx)^{-1} &= ((z \circ Rx) \circ x)^{-1} \circ y^{-1}, \\ (z^{-1} \circ (x \circ y)^{-1}) \circ (Rx)^{-1} &= (x^{-1} \circ (z \circ Rx)^{-1}) \circ y^{-1}. \\ (z^{-1} \circ (y^{-1} \circ x^{-1})) \circ (Rx)^{-1} &= \\ &= (x^{-1} \circ ((Rx)^{-1} \circ z^{-1})) \circ y^{-1}. \end{aligned} \quad (16)$$

Из  $x \circ x^{-1} = e$  получаем  $Rx \circ Rx^{-1} = Re = e$ ,  $Rx^{-1} = (Rx)^{-1}$ . В (16) совершаем подстановки  $x \rightarrow x^{-1}$ ,  $y \rightarrow y^{-1}$ ,  $z \rightarrow z^{-1}$  и получаем равенство  $(z \circ (y \circ x)) \circ Rx = (x \circ (Rx \circ z)) \circ y$  и новую автотопию  $T_2$  лупы  $K(\circ)$ , где  $T_2 = (L_x L_{R_x}, R_x^{-1}, R_{R_x})$ .

Теперь находим автотопию  $T_3 = T_1 T_2 = (L_{R_x}, R_x R_{R_x} R_x^{-1}, L_{R_x} R_{R_x}) = (L_{R_x}, \alpha, L_{R_x} R_{R_x})$ , где  $\alpha = R_x R_{R_x} R_x^{-1}$ . Получили равенство  $L_{R_x} R_{R_x} (y \circ z) = L_{R_x} y \circ \alpha z$ . Если  $y = e$ , то получаем  $\alpha = R_{R_x}$ ,  $T_3 = (L_{R_x}, R_{R_x}, L_{R_x} R_{R_x})$ . В  $T_3$  совершаем подстановку  $x \rightarrow R_x^{-1} x$  и получаем  $T_3 = (L_x, R_x, L_x R_x)$ . Так как лупа  $K(\circ)$  является  $IP$ -лупой, то имеем еще автотопию  $T_4 = (L_x R_x, IR_x I, L_x) = (L_x R_x, L_x^{-1}, L_x)$ . Получили левое тождество Бола  $x \circ (y \circ (x \circ z)) = (x \circ (y \circ x)) \circ z$ . Так как  $K(\circ)$ - $IP$ -лупа, то  $K(\circ)$ - лупа Муфанг.

Теперь докажем равенство  $(Rx \circ x) \circ y = y \circ (Rx \circ x)$ ,  $\forall x, y \in K$ . В (9) подставляем  $y = Rx$  и получаем  $(x \circ Rx) \circ z = z \circ (Rx \circ x)$ . Если  $z = e$ , то имеем  $x \circ Rx = Rx \circ x$ ,  $(Rx \circ x) \circ z = z \circ (Rx \circ x)$ . Окончательно получили, что квазигруппа  $K(\cdot)$  является обратной слева и изотопна лупе Муфанг  $K(\circ)$ . На основании результатов из [1] получаем, что  $K(\cdot)$  – левая квазигруппа Бола.

*Обратно.* Пусть  $K(\cdot)$  – левая квазигруппа Бола. Тогда  $K(\cdot)$  обратима слева, т. е. имеет место

$$I_l x \cdot xy = y, \quad RI_l x \circ L(Rx \circ Ly) = y,$$

$$RI_l x \circ (LRx \circ y) = y, \quad RI_l R^{-1} L^{-1} x \circ (x \circ y) = y.$$

Получили, что и лупа  $K(\circ)$  обратима слева. На основании (10) получаем

$$\begin{aligned} Rx \circ z &= x^{-1} \circ ((x \circ Rx) \circ z) = x^{-1} \circ (x \circ (Rx \circ z)), \\ (x \circ Rx) \circ z &= x \circ (Rx \circ z), \\ R^{-1} (R^{-1} x \cdot L^{-1} Rx) \cdot L^{-1} z &= R^{-1} x \cdot L^{-1} (x \cdot L^{-1} z), \\ (R^{-2} x \cdot L^{-1} x) \cdot z &= R^{-1} x \cdot (L^{-1} x \cdot L^{-1} z), \\ (Lx \cdot Lx) \cdot Lz &= R^{-1} x \cdot (Lx \cdot z), \\ xx \cdot az &= R^{-1} Lx \cdot xz, \quad xx \cdot az = xa \cdot xz. \quad \square \end{aligned}$$

*Пример 3.* Пусть  $C(+, \cdot)$  – поле комплексных чисел. Определяем новую операцию  $(\circ)$ ,  $x \circ y = ix - y$ ,  $\forall x, y \in C$ . Тогда  $C(\circ)$  –  $i$ -квазигруппа. Дистрибутант  $D = \{0\}$ , т. е. имеет место  $0 \circ (x \circ y) = (0 \circ x) \circ (0 \circ y)$ ,  $(x \circ y) \circ 0 = (x \circ 0) \circ (y \circ 0)$ .  $C(\circ)$  – левая квазигруппа Бола и изотопна абелевой группе  $C(+)$ . В  $C(\circ)$  выполняется равенство  $(x \circ x) \circ (0 \circ z) = (x \circ 0) \circ (x \circ z)$ .

**ТЕОРЕМА 3.**  $i$ -квазигруппа  $K(\cdot)$  с левой единицей  $f$  является квазигруппой Муфанг тогда и только тогда, когда в  $K(\cdot)$  выполняется равенство

$$zx \cdot x = zf \cdot xx, \quad \forall x, z \in K. \quad (17)$$

**Доказательство.** Записываем основное тождество  $i$ -квазигруппы  $K(\cdot)$

$$x(xy \cdot z) = y(zx \cdot x), \quad \forall x, y, z \in K. \quad (18)$$

Если  $x = y$ , получаем

$$xx \cdot z = zx \cdot x, \quad \forall x, z \in K. \quad (19)$$

Если  $x = f$ , где  $fx = x$ ,  $\forall x \in K$ , получаем  $z = zf \cdot f$ ,  $R_f^2 = \varepsilon$ ,  $\varepsilon$  – тождественная подстановка множества  $K$ ,  $R_f = R_f^{-1}$ . Если в (19)  $z = f$ , то получаем  $xx \cdot f = xx$ .

$$x^2 f = x^2, \quad \forall x \in K. \quad (20)$$

Пусть  $K(\circ)$  – лупа, изотопная квазигруппе  $K(\cdot)$ , где изотопия имеет вид

$$x \circ y = R_f^{-1} x \cdot y = R_f x \cdot y, \quad xy = R_f x \circ y, \quad (21)$$

Лупа  $K(\circ)$  имеет единицу  $f$ . Для упрощения записи будем писать  $R_f = R$ .

Пусть дано (17). Из (17) и (19) имеем

$$zf \cdot xx = xx \cdot z, \quad \forall x, z \in K. \quad (22)$$

Из (22), (21) и (20) получаем

$$z \circ (Rx \circ x) = R(xx) \circ z = xx \circ z = (Rx \circ x) \circ z.$$

$$z \circ (Rx \circ x) = (Rx \circ x) \circ z, \quad \forall x, z \in K. \quad (23)$$

В  $K(\cdot)$  имеет место  $x^2(x^2 y \cdot z) = y(x^2 x^2 \cdot z)$ . Если  $y = f$ , получаем

$$x^2(x^2 z) = x^2 x^2 \cdot z, \quad \forall x, z \in K. \quad (24)$$

Далее докажем, что  $K(\cdot)$  обратима слева. Имеем  $x^2(x^2(x^2)^{-1} \cdot z) = (x^2)^{-1} \times (x^2 x^2 \cdot z) = (x^2)^{-1}(x^2 \cdot x^2 z)$ , где  $x^2(x^2)^{-1} = f$ . Получили равенство  $x^2 z = (x^2)^{-1}(x^2 \cdot x^2 z)$ ,

$$t = (x^2)^{-1}(x^2 t), \quad \forall x, t \in K, \quad (25)$$

где  $t = x^2 z$ .

Окончательно получаем  $x(x(x^2)^{-1} \cdot z) = (x^2)^{-1}(x^2 z) = z$ . Совершаем подстановку  $z \rightarrow xz$  и получаем  $x(x^2)^{-1} \cdot xz = z$ ,  $I_x \cdot xz = z$ , где  $I_x = x(x^2)^{-1}$ . Получили, что  $i$ -квазигруппа  $K(\cdot)$  обратима слева.

В равенстве  $I_x \cdot xy = y$  переходим от операции  $(\cdot)$  квазигруппы  $K(\cdot)$  к операции  $(\circ)$  лупы  $K(\circ)$  из (21) и получаем  $RI_x \circ (Rx \circ y) = y$ ,  $RI_x R^{-1} x \circ (x \circ y) = y$ . Таким образом,  $K(\circ)$  обратима. В равенстве (18) от операции  $(\cdot)$  переходим к операции  $(\circ)$ .

$$\begin{aligned} Rx \circ (R(Rx \circ y) \circ z) &= Ry \circ (Rx^2 \circ z) = \\ &= Ry \circ (x^2 \circ z) = Ry \circ ((Rx \circ x) \circ z) = \\ &= Ry \circ (z \circ (Rx \circ x)). \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rx \circ (R(Rx \circ y) \circ z) &= Ry \circ (z \circ (Rx \circ x)), \\ &\forall x, y, z \in K. \end{aligned} \quad (26)$$

Если  $y = e = f$ , получаем

$$Rx \circ (x \circ z) = z \circ (Rx \circ x).$$

$$\begin{aligned} Rx \circ (R(Rx \circ y) \circ z) &= Ry \circ (z \circ (Rx \circ x)), \\ &\forall x, y, z \in K. \end{aligned} \quad (27)$$

Если в (26)  $z = e$ , то получаем  $Rx \circ R(Rx \circ y) = Ry \circ (Rx \circ x) = (Rx \circ x) \circ Ry = Rx \circ (x \circ Ry)$ ,  $R(Rx \circ y) = x \circ Ry$ ,  $R(x \circ y) = Rx \circ Ry$ ,  $R$  – автоморфизм лупы  $K(\circ)$  и квазигруппы  $K(\cdot)$ . Теперь (26) можем записать  $Rx \circ ((x \circ y) \circ z) = y \circ (z \circ (Rx \circ x))$ . Если  $z = y^{-1}$ , где  $y^{-1} \circ (y \circ z) = z$ , получаем  $(x \circ y) \circ y^{-1} = x$  и  $K(\circ)$  –  $IP$ -лупа.

Далее докажем, что  $K(\circ)$  – лупа Муфанг. Из равенства  $Rx \circ ((x \circ y) \circ z) = y \circ ((z \circ Rx) \circ x)$ . Получаем автотопию  $T_1$  лупы  $K(\circ)$ , где  $T_1 = (L_x^{-1}, R_x, R_{Rx}, L_{Rx})$ . Дополнительно имеем  $(Rx \circ ((x \circ y) \circ z))^{-1} = (y \circ ((z \circ Rx) \circ x))^{-1}, ((x \circ y) \circ z)^{-1} \circ (Rx)^{-1} = ((z \circ Rx) \circ x)^{-1} \circ y^{-1}, (z^{-1} \circ (x \circ y)^{-1}) \circ (Rx)^{-1} = (x^{-1} \circ (z \circ Rx)^{-1}) \circ y^{-1}, (z^{-1} \circ (y^{-1} \circ x^{-1})) \circ (Rx)^{-1} = (x^{-1} \circ ((Rx)^{-1} \circ z^{-1})) \circ y^{-1}$ .

Получили новую автотопию  $T_2$  лупы  $K(\circ)$ , где  $T_2 = (L_x^{-1} L_{Rx}^{-1}, R_x, R_{Rx}^{-1})$ .

Теперь изучаем автотопию  $T_3$ , где  $T_3 = T_2^{-1} T_1 = (L_{Rx}, R_{Rx}, R_{Rx} L_{Rx})$ . В  $T_3$  совершаем подстановку  $x \rightarrow Rx$ , где  $R^2 = e$ , и получаем  $T_4 = (L_x, R_x, R_x L_x)$ . Так как  $K(\circ)$  –  $IP$ -лупа, то имеем еще автотопию  $T_5$ , где  $T_5 = (R_x L_x, I R_x I, L_x) = (R_x L_x, L_x^{-1}, L_x)$ , т. е. получили  $L_x(y \circ z) = R_x L_x y \circ L_x^{-1} z$ ,  $x \circ (y \circ (x \circ z)) = ((x \circ y) \circ x) \circ z$ . Получили тождество Муфанг.

Сейчас убедимся, что и квазигруппа  $K(\cdot)$  является  $IP$ -квазигруппой, т. е. осталось доказать еще, что  $K(\cdot)$  обратима спра-

ва. Имеем  $x^{-1} \circ (x \circ y) = (y \circ x) \circ x^{-1} = y$ ,  $R(R \cdot x) \cdot x^{-1} = (R^2 y \cdot Rx) \cdot x^{-1} = (y \cdot Rx) x^{-1} = y$ . Окончательно получили, что  $i$ -квазигруппа  $K(\cdot)$  является  $IP$ -квазигруппой и изотопна лупе Муфанг. На основании результатов из [3] следует, что  $K(\cdot)$  – квазигруппа Муфанг.

*Обратно.* Пусть  $K(\cdot)$  – квазигруппа Муфанг. Докажем, что имеет место тождество (17). В частности, в квазигруппе Муфанг  $K(\cdot)$  выполняется второе тождество Бола  $(zx \cdot y)x = z \cdot L_x^{-1}(xy \cdot x) = z(xy \cdot x)$ . Если  $x = f$ , получаем  $(zf \cdot y)f = z \cdot yf$ . Совершаем подстановку  $z \rightarrow zf$  и получаем  $(zy)f = zf \cdot yf$ ,  $R_f$  – автоморфизм квазигруппы  $K(\cdot)$  и лупы  $K(\circ)$ . Поэтому из тождества  $x(xy \cdot z) = y(zx \cdot x)$  в квазигруппе  $K(\cdot)$  получаем в  $K(\circ)$  тождество

$$Rx \circ ((x \circ y) \circ z) = y \circ ((z \circ Rx) \circ x). \quad (28)$$

Если  $y = Rx$ , получаем

$$(x \circ Rx) \circ z = (z \circ Rx) \circ x, \quad \forall x, z \in K. \quad (29)$$

В (28) подставляем  $z = e = f$  и получаем  $Rx \circ (x \circ y) = y \circ (Rx \circ x)$ . Таким образом,

$$z \circ (Rx \circ x) = Rx \circ (x \circ z), \quad \forall x, z \in K. \quad (30)$$

В (28) подставляем  $y = e$  и получаем  $Rx \circ (x \circ z) = (z \circ Rx) \circ x$ ,

$$(z \circ Rx) \circ x = Rx \circ (x \circ z), \quad \forall x, z \in K. \quad (31)$$

Из (29), (30), (31) получаем:

$$z \circ (Rx \circ x) = (Rx \circ x) \circ z, \quad x \circ Rx = Rx \circ x, \quad (32)$$

$$Rz \cdot (R^2 x \cdot x) = R(R^2 x \cdot x) \cdot z,$$

$$zf \cdot xx = xx \cdot z = zx \cdot x. \quad \square$$

*Пример 4.* Пусть  $G(\cdot)$  – неабелева группа, в которой  $x^2$  принадлежит центру группы, т. е.  $x^2 y = y x^2$ ,  $\forall x, y \in G$ . Пусть  $a \in G$ , где  $\exists x \in G$ , что  $xa \neq ax$ . Тогда

$G(\circ)$  –  $i$ -квазигруппа, где  $x \circ y = ax \cdot ay$ ,  $\forall x, y \in G$ . В квазигруппе  $G(\circ)$  имеет место:

$$1. \quad x \circ ((x \circ y) \circ z) = y \circ ((z \circ x) \circ x),$$

$$\forall x, y \in G.$$

$$2. \quad f = a^{-2} \text{ – левая единица квазигруппы } G(\circ).$$

$$3. \quad (z \circ x) \circ x = (z \circ f) \circ (x \circ x).$$

$$4. \quad x \circ (y \circ (x \circ z)) = ((x \circ (y \circ f)) \circ x) \circ z.$$

$$5. \quad a^{-4} x^{-1} \circ (x \circ y) = y, \quad I_x x = a^{-4} x^{-1}.$$

$$6. \quad (y \circ x) \circ a^{-1} x^{-1} a^{-3} = y, \quad I_x x = a^{-1} x^{-1} a^{-3}.$$

$$7. \quad (x \circ y) \circ f = (x \circ f) \circ (y \circ f).$$

$$8. \quad \text{Дистрибутант } D = \{f\} = \{a^{-2}\}.$$

**ТЕОРЕМА 4.** Если подстановка  $\alpha$  множества  $K$   $i$ -квазигруппы  $K(\cdot)$  с левой единицей  $f$  является правым псевдоавтоморфизмом квазигруппы  $K(\cdot)$  с компаньоном  $k$ , то  $k$  – левый элемент Бола.

*Доказательство.* Дано  $k \cdot \alpha(xy) = (k \cdot \alpha x) \cdot \alpha y$ . Если  $\alpha x = e_k$ , то получаем  $\alpha(\alpha^{-1} e_k \cdot y) = \alpha y$ ,  $\alpha^{-1} e_k \cdot y = y$ ,  $\alpha^{-1} e_k = f$ ,  $e_k = \alpha f$ . Далее замечаем, что дана автотопия  $T_1$  квазигруппы  $K(\cdot)$ , где  $T_1 = (L_k \alpha, \alpha, L_k \alpha)$ . На основании теоремы 3  $i$ -квазигруппа  $K(\cdot)$  с левой единицей  $f$  обратима слева, поэтому имеем еще автотопии  $T_2$  и  $T_3$ , где  $T_2 = (I_l L_k \alpha I_l, L_k \alpha, \alpha)$ ,  $T_3 = T_2 T_1^{-1} = (\gamma, L_k, L_k^{-1})$ .

Найдем подстановку  $\gamma$ . Имеем  $L_k^{-1}(yz) = \gamma y \cdot L_k z$ . Если  $z = e_k$ , то получаем  $R_k^{-1} L_k^{-1} R_{e_k} = \gamma$ . Получили автотопию  $T_4 = (R_k^{-1} L_k^{-1} R_{e_k}, L_k, L_k^{-1})^{-1} = (R_{e_k}^{-1} L_k R_k, L_k^{-1}, L_k)$ ,  $k$  – левый элемент Бола,  $k(x \cdot ky) = R_{e_k}^{-1} \times (k \cdot xk) \cdot y$ ,  $\forall x, y \in K$ .  $\square$

*Пример 5.* Пусть  $Q(+, \cdot)$  – поле рациональных чисел.

Определяем новую операцию  $(\circ)$   $x \circ y = -x + y$ . Тогда  $Q(\circ)$  –  $i$ -квазигруппа с левой единицей  $f = 0$ . Левая трансляция  $L_a$  квазигруппы  $Q(\circ)$ , где  $L_a x = a \circ x$ , явля-

ется правым псевдоавтоморфизмом квазигруппы  $Q(\circ)$  с компаньоном  $k = -\frac{a}{2}$ . На основании доказанной теоремы квазигруппа  $Q(\circ)$  является левой квазигруппой Бола.

**ТЕОРЕМА 5.** Если в  $i$ -квазигруппе  $K(\cdot)$  с левой единицей  $f$  трансляции  $L_a$  и  $R_b$  являются правыми псевдоавтоморфизмами с компаньоном  $k$ , то  $a = e_k f, b = e_k$ , где  $ke_k = k$ .

**Доказательство.** Пусть  $k \cdot L_a(xy) = (k \cdot L_a x) \cdot L_a y$ ,  $k(a \cdot xy) = (k \cdot ax) \cdot ay$ . Если  $x = f$ , то получаем  $k = k \cdot af, af = e_k, af \cdot f = e_k f, a = e_k f$ . Пусть  $k \cdot R_b(xy) = (k \cdot R_b x) \cdot R_b y$ ,  $k(xy \cdot b) = (k \cdot xb) \cdot yb$ . Если  $x = f$ , получаем  $k = kb, b = e_k$ .  $\square$

**ТЕОРЕМА 6.** Если  $i$ -квазигруппа  $K(\cdot)$  с левой единицей  $f$  изотопна абелевой группе, то  $L_a$  и  $R_b$ , где  $a = e_k f, b = e_k$ , являются правыми псевдоавтоморфизмами квазигруппы  $K(\cdot)$  с компаньоном  $k$ .

**Доказательство.** Рассмотрим изотоп  $K(\circ)$   $i$ -квазигруппы  $K(\cdot)$ , где изотопия имеет вид

$$x \circ y = R_f^{-1} x \cdot y, \forall x, y \in K. \quad (33)$$

$K(\circ)$  – лупа с единицей  $f$ , откуда следует, что  $K(\circ)$  – абелева группа.

Убедимся, что имеет место  $k \cdot L_{e_k f}(xy) = (k \cdot L_{e_k f} x) \cdot L_{e_k f} y$ ,  $k(e_k f \cdot xy) = (k \cdot (e_k f \cdot x)) \times (e_k f \cdot y)$ . Из (33) получаем:

$$A = k(e_k f \cdot xy) = Rk \circ (R^2 e_k \circ (Rx \circ y)) = kf \circ (e_k \circ (Rx \circ y)),$$

$$B = (k \cdot (e_k f \cdot x)) \cdot (e_k f \cdot y) = R(Rk \circ (e_k \circ x)) \circ (e_k \circ y) = k \circ e_k f \circ xf \circ e_k \circ y.$$

Убедимся, что имеет место  $kf = k \circ e_k f$  на основании, что  $R_f$  – авто-

морфизм абелевой группы  $K(\circ)$  и  $R^2 = \varepsilon$ .  $R(kf) = k, R(k \circ e_k f) = Rk \circ R^2 e_k = k \cdot e_k = k$ . Получили  $A = B$ .

Теперь убедимся, что имеет место

$$k \cdot R_{e_k}(xy) = (k \cdot R_{e_k} x) \cdot R_{e_k} y, k(xy \cdot e_k) = (k \cdot xe_k) \cdot (ye_k).$$

Из (33) получаем

$$A = k(xy \cdot e_k) = kf \circ (R(Rx \circ y) \circ e_k) = kf \circ x \circ Ry \circ e_k,$$

$$B = (k \cdot xe_k) \cdot (ye_k) = R(Rk \circ Rx \circ e_k) \circ Ry \circ e_k = k \circ x \circ e_k f \circ Ry \circ e_k, A = B. \quad \square$$

**Выводы.** Получено, что в любой  $i$ -квазигруппе  $K(\cdot)$  с эластичным тождеством множество всех локальных единиц образует левую подквазигруппу Бола.

Найдено необходимое и достаточное условие, при котором  $i$ -квазигруппа  $K(\cdot)$  с непустым дистрибутантом  $D$  является левой квазигруппой Бола тогда и только тогда, когда в  $K(\cdot)$  выполняется равенство  $xa \cdot xy = xx \cdot ay, \forall x, y \in K$ , где  $a \in D$ ,  $a$  – фиксированный элемент.

Найдено необходимое и достаточное условие, при котором  $i$ -квазигруппа  $K(\cdot)$  с левой единицей  $f$  является квазигруппой Муфанг тогда и только тогда, когда в  $K(\cdot)$  выполняется равенство  $zx \cdot x = zf \cdot xx, \forall x, z \in K$ .

Доказано, что если подстановка  $\alpha$  множества  $K$   $i$ -квазигруппы  $K(\cdot)$  с левой единицей  $f$  является правым псевдоавтоморфизмом квазигруппы  $K(\cdot)$  с компаньоном  $k$ , то  $k$  – левый элемент Бола.

## Цитированная литература

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



2. Флоря И.А. Квазигруппы с непустым дистрибутантом // Исследования по общей алгебре. – 1968. – Вып. 1. – С. 88–101.

3. Белоусов В.Д., Флоря И.А. Квазигруппы со свойством обратимости // Известия АН МССР. – 1966. – № 4. – С. 3–17.

УДК 512.548.7

## НЕКОТОРЫЕ ИЗОТОПЫ $F$ -КВАЗИГРУПП С ОДНОСТОРОННИМ СВОЙСТВОМ ОБРАТИМОСТИ

И.А. Флоря, Н.Н. Дидурик

*Исследованы изотопы  $F$ -квазигрупп с односторонним свойством обратимости: FLIP-квазигруппы и FRIP-квазигруппы. Построены различные примеры  $F$ -квазигрупп.*

**Ключевые слова:** квазигруппа, лупа, изотопия, группа, FLIP-квазигруппы, FRIP-квазигруппы.

## SOME ISOTOPES OF $F$ -QUASIGROUP WITH ONE-SIDED PROPERTIES OF REVERSIBILITY

I.A. Florya, N.N. Didurik

*The article deals with  $F$ -quasigroup isotopes with the one-sided reversibility property: FLIP-quasigroups and FRIP-quasigroups. Various examples of  $F$ -quasigroups are constructed.*

**Keywords:** quasigroup, loop, isotopy, group, FLIP-quasigroups, FRIP-quasigroups.

**Актуальность и научная новизна.** В настоящее время теория квазигрупп, теория латинских квадратов и теория сетей развиваются достаточно интенсивно. И хотя каждая из этих теорий имеет свои достижения, задачи и проблемы, они постоянно пересекаются, обогащая друг друга.

Для квазигрупп, особенно ввиду их связи с комбинаторикой, были определены различного рода морфизмы, которые стали активно изучаться и изучаются до сих пор. Среди них отметим изоморфизмы, автоморфизмы, изотопии, автотопии.

Почти все хорошо известные (классические) классы квазигрупп и луп характеризуются тем или иным свойством инверсности. Чаще всего такие квазигруппы обладают одним из четырех наиболее известных свойств инверсности, а именно  $IP$ -,  $LIP$ - ( $RIP$ -),  $WIP$ - или  $CI$ -инверсным свойством.

### Материалы и методы исследования.

Применялись алгебраические и комбинаторные методы исследования.

**Цель исследования.** Изучить изотопы  $F$ -квазигрупп с односторонним свойством обратимости: FLIP-квазигруппы и FRIP-квазигруппы.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 1.** Квазигруппа  $K(\cdot)$  называется левой  $F$ -квазигруппой, если в  $K(\cdot)$  имеет место тождество

$$x \cdot yz = xy \cdot e_x z, \quad \forall x, y, z \in K, \quad (1)$$

где  $xe_x = x$ .

Аналогично определяется правая  $F$ -квазигруппа:

$$zy \cdot x = z f_x \cdot yx, \quad \forall x, y, z \in K, \quad (2)$$

где  $f_x x = x$ .



**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 2.** Квазигруппа  $K(\cdot)$  называется с левым свойством обратимости (*LIP*-квазигруппой), если существует такое отображение  $I_l$  множества  $K$  в  $K$ , что выполняется равенство

$$I_l x(xy) = y, \forall x, y \in K. \quad (3)$$

Аналогично определяется квазигруппа  $K(\cdot)$  с правым свойством обратимости (*RIP*-квазигруппа):

$$(yx)I_r x = y, \forall x, y \in K. \quad (4)$$

В этой статье изучаем квазигруппы с тождествами (1) и (3) и поэтому их назовем *FLIP*-квазигруппами. Аналогично изучаем *FRIP*-квазигруппы с тождествами (2) и (4).

*Примеры:*

1. Пусть  $P(+, \cdot)$  – поле,  $e$  – единица поля,  $a \in P$ ,  $a^2 \neq e$ . Определяем новую операцию  $(\circ)$ :  $x \circ y = ax - y, \forall x, y \in P$ . Тогда  $P(\circ)$  – *FLIP*-квазигруппа, где  $e_x = ax - x$ ,  $x \circ (x \circ y) = y$ ,  $I_l x = x$ ,  $x \circ (y \circ z) = (x \circ y) \circ (e_x \circ z)$ ,  $0 \circ 0 = 0$ ,  $0$  – идемпотентный элемент.

2. Пусть  $P(+, \cdot)$  тоже поле,  $a \in P$ ,  $a^2 = e$ ,  $x \circ y = -x + ay$ ,  $P(\circ)$  – *FRIP*-квазигруппа, где  $f_x = ax - x$ ,  $(y \circ x) \circ x = y$ ,  $(z \circ y) \circ x = (z \circ f_x) \circ (y \circ x)$ ,  $I_r x = x$ ,  $0 \circ 0 = 0$ ,  $0$  – идемпотентный элемент.

Квазигруппы с тремя тождествами (1), (3) и (4) частично изучены в [1]. В [2] доказано, что отображения  $I_l$  и  $I_r$  – биективные и  $I_l^2 = I_r^2 = \varepsilon$ , где  $\varepsilon$  есть тождественная подстановка множества  $K$ .

**ТЕОРЕМА 1.** В любой квазигруппе  $K(\cdot)$ , если  $T = (\alpha, L_a^{-1}, L_a)$  – автотопия квазигруппы  $K(\cdot)$ , где  $\alpha$  – любая подстановка множества  $K$ , то  $a$  – левый элемент Бола квазигруппы  $K(\cdot)$ , т. е. имеет место равенство

$$a(x \cdot ay) = R_e^{-1}(a \cdot xa) \cdot y, \forall x, y \in K, \quad (5)$$

где  $ae_a = a$ ,  $R_e x = xe_a$ ,  $R_e$  – правая трансляция квазигруппы  $K(\cdot)$  с помощью элемента  $e_a$ .

**Доказательство.** Дано  $L_a(xy) = \alpha x \cdot L_a^{-1}y$ , откуда следует равенство  $a(x \cdot ay) = \alpha x \cdot y$ . Если  $y = e_a$ , получаем  $a(xa) = \alpha x \cdot e_a$ ,  $L_a R_a x = R_e \alpha x$ ,  $\alpha x = R_e^{-1} L_a R_a x$ ,  $a(x \cdot ay) = R_e^{-1}(a \cdot xa) \cdot y$   $\square$

**ТЕОРЕМА 2.** В любой квазигруппе  $K(\cdot)$ , если  $T = (R_a^{-1}, \beta, R_a)$  – автотопия квазигруппы  $K(\cdot)$ , где  $\beta$  – любая подстановка множества  $K$ , то  $a$  – правый элемент Бола квазигруппы  $K(\cdot)$ , т. е. имеет место равенство

$$(xa \cdot y)a = x \cdot L_{f_a}^{-1}(ay \cdot a), \forall x, y \in K, \quad (6)$$

где  $f_a a = a$ ,  $L_{f_a} x = f_a x$ ,  $L_{f_a}$  – левая трансляция квазигруппы  $K(\cdot)$  с помощью элемента  $f_a$ .

**Доказательство.** Дано  $(xy)a = R_a^{-1}x \cdot \beta y$ . Если  $x = a$ , получаем  $ay \cdot a = f_a \cdot \beta y$ ,  $\beta y = L_{f_a}^{-1} R_a L_a y$ ,  $(xa \cdot y)a = x \cdot L_{f_a}^{-1}(ay \cdot a)$ .  $\square$

**ТЕОРЕМА 3.** Если в *LIP*-квазигруппе  $K(\cdot)$  с левой единицей  $f$ , где  $fx = x$ ,  $\forall x \in K$ ,  $T = (\alpha, \beta, \gamma)$  – автотопия квазигруппы  $K(\cdot)$  и  $\alpha f = a$ , то  $a$  – левый элемент Бола квазигруппы  $K(\cdot)$ , т. е. имеет место равенство (5).

**Доказательство.** Дано  $\gamma(xy) = \alpha x \cdot \beta y$ . Если  $x = f$ , получаем  $\gamma y = \alpha f \cdot \beta y = a \cdot \beta y$ ,  $\beta = L_a^{-1} \gamma$ . Получили автотопию  $T_1 = (\alpha, L_a^{-1} \gamma, \gamma)$ . Так как квазигруппа  $K(\cdot)$  обратима слева, то имеем еще следующие автотопии  $T_2 = (I_l \alpha I_l, \gamma, L_a^{-1} \gamma)$ ,  $T_3 = T_1 \cdot T_2^{-1} = (\beta', L_a^{-1}, L_a)$ , где  $\beta' = \alpha I_l \alpha^{-1} I_l$ .

На основании теоремы 1 получили, что  $a$  – левый элемент Бола квазигруппы  $K(\cdot)$ .  $\square$

**ТЕОРЕМА 4.** Если в *RIP*-квазигруппе  $K(\cdot)$  с правой единицей  $e$ , где  $xe = x, \forall x \in K, T = (\alpha, \beta, \gamma)$  – автотопия квазигруппы  $K(\cdot)$  и  $\beta e = a$ , то  $a$  – правый элемент Бола квазигруппы  $K(\cdot)$ , т. е. имеет место равенство (6).

**Доказательство.** Дано  $\gamma(xy) = \alpha x \cdot \beta y$ . Если  $y = e$ , где  $xe = x$ , то получаем  $\gamma x = \alpha x \cdot \beta e = \alpha x \cdot a = R_a \alpha x, \alpha = R_a^{-1} \gamma$ . Получили автотопию  $T_1 = (R_a^{-1} \gamma, \beta, \gamma)$ . Так как квазигруппа  $K(\cdot)$  обратима справа, то получаем еще следующие автотопии  $T_2 = (\gamma, I_r, \beta I_r, R_a^{-1} \gamma), T_3 = T_1 T_2^{-1} = (R_a^{-1}, \delta, R_a)$ , где  $\delta = \beta I_r \beta^{-1} I_r$ .

На основании теоремы 2 получили, что  $a$  – правый элемент Бола квазигруппы  $K(\cdot)$ .  $\square$

**ТЕОРЕМА 5.** Любая *i*-квазигруппа  $K(\cdot)$  с левой единицей  $f$ , где  $fx = x, \forall x \in K$ , является левой квазигруппой Бола, т. е. в  $K(\cdot)$  выполняется тождество

$$x(y \cdot xz) = R_{e_x}^{-1}(x \cdot yx) \cdot z, \forall x, y, z \in K. (7)$$

**Доказательство.** В *i*-квазигруппе  $K(\cdot)$  имеет место тождество

$$x(xy \cdot z) = y(zx \cdot x), \forall x, y, z \in K. (8)$$

Из (8) получаем автотопии  $T = (L_x^{-1}, R_x^2, L_x), T_1 = T^{-1} = (L_x, R_x^{-2}, L_x^{-1})$ . Согласно [3] любая *i*-квазигруппа  $K(\cdot)$  с левой единицей обратима слева и на основании теоремы 3 получаем  $L_x f = xf$  – левый элемент Бола, т. е. выполняется (7).  $\square$

**ТЕОРЕМА 6.** Если *FLIP*-квазигруппа  $K(\cdot)$  имеет хотя бы один идемпотентный элемент  $a$ , где  $a^2 = a \cdot a = a$ , то  $K(\cdot)$  – левая квазигруппа Бола.

**Доказательство.** Дано  $a \in K$  и  $a^2 = a$ , откуда следует равенство  $e_a = a$  и  $a \cdot xy = ax \cdot e_a y = ax \cdot ay, L_a$  – автоморфизм

квазигруппы  $K(\cdot)$ . Далее имеем  ${}^{-1}a \cdot ay = y, {}^{-1}a \cdot aa = a, {}^{-1}a = a, a \cdot ay = y, L_a^2 = \varepsilon$ , где  $\varepsilon$  – тождественная подстановка множества  $K$ . Из  $a \cdot xa = ax \cdot aa = ax \cdot a$  получаем  $L_a R_a = R_a L_a$ .

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

$$\begin{aligned} x \circ y &= R_a^{-1} x \cdot L_a^{-1} y = R^{-1} x \cdot Ly, \\ xy &= Rx \circ Ly, \forall x, y \in K. \end{aligned} (9)$$

Получили, что  $K(\circ)$  – лупа с единицей  $e = a$ . Далее убедимся, что  $L_a = L$  – автоморфизм и лупы  $K(\circ)$ . Имеем  $L(xy) = Lx \cdot Ly, L(Rx \circ Ly) = RLx \circ L^2 y, L(x \circ y) = Lx \circ Ly$ . Теперь докажем, что  $K(\circ)$  – *LIP*-лупа. Из  $I_l x \cdot xy = y$  получаем  $RI_l x \circ L(Rx \circ Ly) = y, RI_l R^{-1} Lx \circ (x \circ y) = y, Ix \circ (x \circ y) = y$ , где  $Ix = RI_l R^{-1} Lx$ . А теперь в равенстве  $x \cdot yz = xy \cdot e_x z$  переходим от операции  $(\cdot)$  к операции  $(\circ)$ , используя (9):

$$\begin{aligned} Rx \circ L(Ry \circ Lz) &= R(Rx \circ Ly) \circ L(Re_x \circ Lz), \\ x \circ (y \circ z) &= R(x \circ R^{-1} y) \circ (LRe_{R^{-1}x} \circ z). \end{aligned}$$

Получили автотопию

$$T = (RL_x^{\circ} R^{-1}, L_{LRe_{R^{-1}x}}^{\circ}, L_x^{\circ}),$$

где  $L_x^{\circ} y = x \circ y$ .

На основании теоремы 3 элемент  $RL_x^{\circ} R^{-1} a = R_a L_x^{\circ} R_a^{-1} a = R_a L_x^{\circ} a = R_a (x \circ a) = R_a x = xa$  является левым элементом Бола  $\forall x \in K$ , т. е.  $K(\circ)$  – левая лупа Бола.

Получили, что *LIP*-квазигруппа  $K(\cdot)$  изотопна левой лупе Бола. Из [4] следует, что  $K(\cdot)$  – левая квазигруппа Бола.  $\square$

**ТЕОРЕМА 7.** Если *FRIP*-квазигруппа  $K(\cdot)$  имеет хотя бы один идемпотентный элемент  $a$ , то  $K(\cdot)$  – правая квазигруппа Бола, т. е. в  $K(\cdot)$  имеют место тождества  $zy \cdot x = zf_x \cdot yx, (zx \cdot y)x = z \cdot L_{f_x}^{-1}(xy \cdot x), yx \cdot I_r x = y, \forall x, y, z \in K$ , где  $f_x x = x$ .

*Доказательство аналогичное.*

**ТЕОРЕМА 8.** Лупа  $K(\circ)$ , изотопная левой  $F$ -квазигруппе  $K(\cdot)$  будет левой лупой Бола тогда и только тогда, когда  $K(\circ)$  –  $LIP$ -лупа.

**Доказательство.** Как известно, достаточно рассмотреть главный изотоп  $K(\circ)$ , где изотопия имеет вид:

$$\begin{aligned} x \circ y &= R_a^{-1}x \cdot L_b^{-1}y = R^{-1}x \cdot L^{-1}y, \\ xy &= Rx \circ Ly, \forall x, y \in K. \end{aligned} \quad (10)$$

Из (10) и (1) получаем

$$\begin{aligned} Rx \circ L(Ry \circ Lz) &= R(Rx \circ Ly) \circ L(Re_x \circ Lz), \\ x \circ L(y \circ z) &= R(x \circ LR^{-1}y) \circ L(Re_{R^{-1}x} \circ z). \end{aligned}$$

Получили автотопию  $T$  лупы  $K(\circ)$  с единицей  $e = ba$ , где  $T = (RL_x^L LR^{-1}, LL_{Re_x^{-1}}^L, L_x^L)$ . Если  $K(\circ)$  –  $LIP$ -лупа, то на основании теоремы 3 элемент  $RL_x^L LR^{-1}e = R_a L_x^L L_b R_a^{-1}(ba) = R_a L_x^L b^2 = (x \circ b^2)a$  является левым элементом Бола, где  $x$  – любой элемент из  $K$ . Следовательно,  $K(\circ)$  – левая лупа Бола.

Обратное очевидно, так как любая левая лупа Бола является  $LIP$ -лупой.  $\square$

**ТЕОРЕМА 9.** Лупа  $K(\circ)$ , изотопная правой  $F$ -квазигруппе  $K(\cdot)$ , будет правой лупой Бола тогда и только тогда, когда  $K(\circ)$  –  $RIP$ -лупа.

*Доказательство аналогичное.*

**ТЕОРЕМА 10.** Если в произвольной квазигруппе  $K(\cdot)$  выполняется тождество

$$x \cdot yz = xy \cdot az, \forall x, y, z \in K, \quad (11)$$

где  $a$  – фиксированный элемент из  $K$ , то имеет место:

- 1)  $K(\cdot)$  – левая  $F$ -квазигруппа с правой единицей  $e = a$ ;
- 2)  $K(\cdot)$  – правая квазигруппа Бола;
- 3)  $K(\cdot)$  изотопна группе.

**Доказательство.** Подставляем в (11)  $y = e_x$  и получаем  $x \cdot e_x z = x \cdot az$ ,  $e_x = a$ ,  $\forall x \in K$ ,  $a$  – правая единица квазигруппы  $K(\cdot)$ . Получили тождество  $x \cdot yz = xy \cdot ez$ . Следовательно,  $K(\cdot)$  – левая  $F$ -квазигруппа.

Далее изучаем изотоп  $K(\circ)$  квазигруппы  $K(\cdot)$ , где изотопия имеет вид  $x \circ y = x \cdot L_e^{-1}y$ , откуда следует  $xy = x \circ Ly$ , где  $L = L_e$ . Из  $x \cdot yz = xy \cdot ez$  получаем  $x \circ L(y \circ Lz) = (x \circ Ly) \circ L^2z$ . Если  $x = e$ , то получаем  $x \circ (Ly \circ L^2z) = (x \circ Ly) \circ L^2z$ ,  $K(\circ)$  – группа.

Теперь убедимся, что  $K(\cdot)$  – правая квазигруппа Бола, т. е. нужно доказать, что в  $K(\cdot)$  выполняется правое тождество Бола  $(zx \cdot y)x = z \cdot L_{f_x}^{-1}(xy \cdot x)$ . Имеем  $(zx \cdot y)x = z \circ Lx \circ Ly \circ Lx$ . Пусть  $L_{f_x}^{-1}(xy \cdot x) = v$ , тогда  $z \cdot L_{f_x}^{-1}(xy \cdot x) = zv = z \circ Lv$ ,  $xy \cdot x = f_x v$ ,  $x \circ Ly \circ Lx = f_x \circ Lv$ ,  $f_x x = x$ ,  $f_x \circ Lx = x$ ,  $Lv = f_x^{-1} \circ x \circ Ly \circ Lx = Lx \circ x^{-1} \circ x \circ Ly \circ Lx = Lx \circ Ly \circ Lx$ ,  $z \circ Lv = z \circ Lx \circ Ly \circ Lx$ .  $\square$

**Следствие 1.** Квазигруппа  $K(\cdot)$  и группа  $K(\circ)$  имеют  $L_e$ -автоморфизм.

**Следствие 2.**  $K(\cdot)$  имеет непустой дистрибутант  $D = \{e\}$ .

**Следствие 3.**  $K(\cdot)$  обратима справа  $yx \cdot I_r x = y$ .

**Выводы.** Доказано, что если  $FLIP$ -квазигруппа  $K(\cdot)$  имеет хотя бы один идемпотентный элемент  $a$ , то  $K(\cdot)$  является левой квазигруппой Бола. Аналогично доказано для  $FRIP$ -квазигруппы  $K(\cdot)$ : если она имеет хотя бы один идемпотентный элемент  $a$ , то  $K(\cdot)$  является правой квазигруппой Бола.

Найдено необходимое и достаточное условие, когда лупа  $K(\circ)$ , изотопная левой  $F$ -квазигруппе  $K(\cdot)$ , будет левой лупой Бола. Аналогично доказано, что лупа  $K(\circ)$ , изотопная правой  $F$ -квазигруппе  $K(\cdot)$ , будет правой лупой Бола тогда и только тогда, когда  $K(\circ)$  –  $RIP$ -лупа.

### Цитированная литература

1. **Флоря И.А., Урсул М.И.** *F*-квазигруппы со свойством обратимости // Вопросы теории квазигрупп и луп. – Кишинев: Изд-во АН МССР, 1971. – С. 145–156.

2. **Белоусов В.Д., Флоря И.А.** Квазигруппы со свойством обратимости // Известия АН МССР. – 1966. – № 4. – С. 3–17.

3. **Флоря И.А., Дидурик Н.Н.** *i*-квазигруппы // Вестник Приднестр. ун-та. Сер.: Физ.-мат. и техн. науки. – 2018. – № 3(60). – С. 74–79 [Электронное издание]. – Режим доступа: <http://spsu.ru/science/nauchno-izdatelskaya-deyatelnost/vestnik-pgu>

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

УДК 512.556

## ТОПОЛОГИИ НА КОЛЬЦЕ МАТРИЦ И ГРУППЕ ОБРАТИМЫХ МАТРИЦ НАД ПОЛЕМ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ЧИСЕЛ

*Г.Н. Ермакова, Е.С. Гудаль*

*Рассматриваются задание кольцевой топологии на кольце квадратных матриц и задание групповой топологии на группе обратимых квадратных матриц.*

**Ключевые слова:** *групповая топология, кольцевая топология, базис окрестностей единицы, базис окрестностей нуля, группа обратимых квадратных матриц, обратная матрица.*

## TOPOLOGIES ON THE MATRIX RING AND GROUP OF REVERSIBLE MATRIXES OVER THE FIELD OF REAL NUMBERS

*G.N. Ermakova, E.S. Gudal*

*The article considers the setting of ring topology on the ring of square matrices and setting of group topology on the group of reversible square matrixes.*

**Keywords:** *group topology, ring topology, neighborhood basis of the unit, neighborhood basis of zero, group of invertible square matrixes, reversible matrix.*

### 1. Предварительные сведения

Кольцо квадратных матриц и группа обратимых квадратных матриц над полем действительных чисел являются хорошо изученными классическими объектами, играющими большую роль в решении задач прикладного характера. Наличие топологии на этих объектах позволяет применять для их изучения наряду с алгебраическими методами и топологические методы, в част-

ности рассматривать предельные переходы и бесконечные суммы.

В статье исследуются задание кольцевой топологии на кольце квадратных матриц и задание групповой топологии на группе обратимых квадратных матриц.

Предварительно введем:

**Обозначения 1.1:**

1)  $R(+, \cdot)$  (или просто  $R$ ) – поле действительных чисел;

2)  $|r|$  – модуль числа  $r \in R$ ;

3)  $n$  – натуральное число;  
 4)  $R_n(+, \cdot)$  (или просто  $R_n$ ) – кольцо всех квадратных матриц порядка  $n \times n$  над полем  $R(+, \cdot)$ ;

5)  $G_n(\cdot)$  (или просто  $G_n$ ) – группа всех обратимых квадратных матриц порядка  $n \times n$  над полем  $R(+, \cdot)$ ;

6)  $1_n$  – единичная матрица в кольце  $R_n$ ;

7)  $0_n$  – нулевая матрица в кольце  $R_n$ ;

8) если  $\varepsilon \in R$  и  $\varepsilon > 0$ , то обозначим через  $V_\varepsilon$  множество всех таких матриц  $A = (a_{ij}) \in R_n$ , что  $1 - \varepsilon < a_{ii} < 1 + \varepsilon$  для любого  $1 \leq i \leq n$  и  $|a_{ij}| < \varepsilon$  для любых  $1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n$  и  $i \neq j$ ;

9) если  $\varepsilon \in R$  и  $\varepsilon > 0$ , то обозначим через  $W_\varepsilon$  множество всех таких матриц  $A = (a_{ij}) \in R_n$ , что  $|a_{ij}| < \varepsilon$  для всех  $1 \leq i \leq n$  и  $1 \leq j \leq n$ ;

10)  $|A|$  – определитель матрицы  $A$ .

**Определение 1.2.** Пусть  $(X, \tau)$  – топологическое пространство и  $a$  – некоторый элемент из множества  $X$ . Совокупность  $\Omega$  подмножеств множества  $X$  называется *базисом окрестностей точки  $a$*  в топологическом пространстве  $(X, \tau)$ , если выполняются следующие условия:

1) любое  $U \in \Omega$  является окрестностью точки  $a$ ;

2) для любой окрестности  $V$  точки  $a$  найдется такое подмножество  $U \in \Omega$ , что  $U \subseteq V$ .

**Теорема 1.3** ([1], предложение 1.2.1 и предложение 1.2.2). Пусть  $\Omega$  – совокупность подмножеств кольца  $A(+, \cdot)$ , удовлетворяющая условиям:

1)  $0 \in \bigcap_{W \in \Omega} W$ ;

2)  $\forall W_1, W_2 \in \Omega \exists W_3 \in \Omega$ ,

что  $W_3 \subseteq W_1 \cap W_2$ ;

3)  $\forall W_1 \in \Omega \exists W_2 \in \Omega$ ,

что  $W_2 + W_2 \subseteq W_1$ ;

4)  $\forall W_1 \in \Omega \exists W_2 \in \Omega$ ,

что  $-W_2 \subseteq W_1$ ;

5)  $\forall W_1 \in \Omega \exists W_2 \in \Omega$ ,

что  $W_2 \cdot W_2 \subseteq W_1$ ;

6)  $\forall W_1 \in \Omega$  и  $\forall a \in A \exists W_2 \in \Omega$ ,

что  $a \cdot W_2 \subseteq W_1$  и  $W_2 \cdot a \subseteq W_1$ .

Тогда на кольце  $A$  существует (и причем единственная) топология, в которой  $A$  является топологическим кольцом, а  $\Omega$  – базис окрестностей нуля, причем если  $\{0\} = \bigcap_{W \in \Omega} W$ , то построенная топология на кольце  $A$  будет отделимой.

**Теорема 1.4** ([2], теорема V.1). Пусть  $B$  – совокупность подмножеств группы  $G(\cdot)$ , удовлетворяющая условиям:

1)  $\{e\} \subseteq \bigcap_{U \in B} U$ ;

2) для любых  $U_1, U_2 \in B$  существует  $U_3 \in B$  такое, что  $U_3 \subseteq U_1 \cap U_2$ ;

3) для любого  $U_1 \in B$  существует  $U_2 \in B$  такое, что  $U_2 \cdot U_2 \subseteq U_1$ ;

4) для любого  $U_1 \in B$  существует  $U_2 \in B$  такое, что  $U_2^{-1} \subseteq U_1$ ;

5) для любого  $U_1 \in B$  и любого  $a \in G$  существует  $U_2 \in B$  такое, что  $a \cdot U_2 \cdot a^{-1} \subseteq U_1$ .

Тогда на группе  $G(\cdot)$  существует (и причем единственная) топология, в которой  $G$  является топологической группой, а  $B$  – базис окрестностей единицы  $e$  в этой топологической группе, причем если  $\{e\} = \bigcap_{U \in B} U$ , то построенная топология на группе  $G$  будет отделимой.

## 2. Задание кольцевой топологии на кольце квадратных матриц

**Теорема 2.1.** Если  $R_n$  – кольцо матриц порядка  $n \times n$  над полем  $R$  действительных чисел, то совокупность  $\Omega = \{W_\varepsilon \mid \varepsilon \in R\}$  (обозначение см. в 1.1) удовлетворяет условиям 1–6 теоремы 1.3, и значит, совокупность  $\Omega$  задает на кольце  $R_n$  отделимую кольцевую топологию  $\tau_n$ , в которой совокупность  $\Omega$  является базисом окрестностей нуля.

**Доказательство.** Если  $0 < \varepsilon \in R$ , то  $0_n = (0) \in W_\varepsilon$  (обозначение см. в 1.1), и значит, совокупность  $\Omega$  удовлетворяет условию 1 теоремы 1.3.

Пусть  $0 < \varepsilon \in R$  и  $0 < \sigma \in R$ . Если  $\xi = \min\{\varepsilon, \sigma\}$ , то легко заметить, что  $W_\xi \subseteq W_\varepsilon$  и  $W_\sigma \subseteq W_\xi$ , и значит,  $W_\xi \subseteq W_\varepsilon \cap W_\sigma$ .

Этим мы проверили, что для совокупности  $\Omega$  выполняется условие 2 теоремы 1.3.

Пусть  $0 < \varepsilon \in R$  и  $\sigma = \frac{\varepsilon}{2}$ . Если  $B = (b_{ij}) \in W_\sigma$  и  $C = (c_{ij}) \in W_\sigma$ , то  $|b_{ij}| < \sigma = \frac{\varepsilon}{2}$  и  $|c_{ij}| < \sigma = \frac{\varepsilon}{2}$  для любых  $1 \leq i \leq n$  и  $1 \leq j \leq n$ . Тогда  $|b_{ij} + c_{ij}| \leq |b_{ij}| + |c_{ij}| < \sigma + \sigma = \varepsilon$  для любых  $1 \leq i \leq n$  и  $1 \leq j \leq n$ , и значит,  $B + C = (b_{ij} + c_{ij}) \in W_\varepsilon$  для любых  $1 \leq i \leq n$  и  $1 \leq j \leq n$ .

Из произвольности матриц  $A$  и  $B$  следует, что  $W_\sigma + W_\sigma \subseteq W_\varepsilon$ .

Таким образом мы проверили, что для совокупности  $\Omega$  выполняется условие 3 теоремы 1.3.

Так как  $-W_\varepsilon = W_\varepsilon$  для любого  $0 < \varepsilon \in R$ , то условие 4 теоремы 1.3 выполняется для совокупности  $\Omega$ .

Пусть теперь  $0 < \varepsilon \in R$  и  $\sigma = \frac{\varepsilon}{n}$ .

Если  $B = (b_{ij}) \in W_\sigma$  и  $C = (c_{ij}) \in W_\sigma$ , то и  $|c_{ij}| < \sigma = \frac{\varepsilon}{n}$  для любых  $1 \leq i \leq n$  и  $1 \leq j \leq n$ .

Тогда  $B \cdot C = (d_{ij}) \in W_\sigma$ , где  $d_{ij} = \sum_{k=1}^n b_{ik} \cdot c_{kj}$ , причем

$$|d_{ij}| = \left| \sum_{k=1}^n b_{ik} \cdot c_{kj} \right| \leq \sum_{k=1}^n |b_{ik}| \cdot |c_{kj}| = \sum_{k=1}^n |b_{ik}| \cdot |c_{kj}| < n \cdot \sigma^2 < \varepsilon$$

для любых  $1 \leq i \leq n$  и  $1 \leq j \leq n$ , и значит,  $B \cdot C \in W_\varepsilon$ .

Из произвольности матриц  $A$  и  $B$  следует, что  $W_\sigma \cdot W_\sigma \subseteq W_\varepsilon$ .

Таким образом проверено выполнение условия 5 теоремы 1.3 для совокупности  $\Omega$ .

Пусть теперь  $0 < \varepsilon \in R$  и  $C = (c_{ij}) \in R_n$ .

Если  $m = \max\{|c_{ij}| \mid 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n\}$  и  $\sigma = \frac{\varepsilon}{m \cdot n}$ , то для любой матрицы

$B = (b_{ij}) \in W_\sigma$  выполнены неравенства  $|b_{ij}| < \sigma = \frac{\varepsilon}{m \cdot n}$  для любых  $1 \leq i \leq n$  и  $1 \leq j \leq n$ . Тогда  $B \cdot C = (d_{ij}) \in W_\sigma$ , где

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^n b_{ik} \cdot c_{kj}, \text{ причем}$$

$$\begin{aligned} |d_{ij}| &= \left| \sum_{k=1}^n b_{ik} \cdot c_{kj} \right| \leq \sum_{k=1}^n |b_{ik}| \cdot |c_{kj}| = \\ &= \sum_{k=1}^n |b_{ik}| \cdot |c_{kj}| < n \cdot \sigma \cdot m < \varepsilon \end{aligned}$$

для любых  $1 \leq i \leq n$  и  $1 \leq j \leq n$ , и значит,  $B \cdot C \in W_\varepsilon$ .

Из произвольности матрицы  $B$  следует, что  $W_\sigma \cdot C \subseteq W_\varepsilon$ .

Аналогично проверяется, что  $C \cdot W_\sigma \subseteq W_\varepsilon$ .

Таким образом мы проверили выполнение условия 6 теоремы 1.3 для совокупности  $\Omega$ .

Итак, мы доказали, что совокупность  $\Omega = \{W_\varepsilon \mid 0 < \varepsilon \in R\}$  удовлетворяет условиям 1–6 теоремы 1.3, и значит, совокупность  $\Omega$  задает на кольце  $R_n$  некоторую кольцевую топологию  $\tau$ , в которой эта совокупность является базисом окрестностей нуля.

Так как  $\{0_n\} = \bigcap_{0 < \varepsilon \in R} W_\varepsilon$ , то построенная топология является отделимой.

Этим теорема полностью доказана.

### 3. Задание групповой топологии на группе обратимых квадратных матриц

**Теорема 3.1.** Если  $|\varepsilon| < \frac{1}{2}$  и  $A = (a_{ij}) \in R_n$  такая матрица, что  $1 - 2^{-n} (n!)^{-1} \cdot \varepsilon < a_{ii} < 1 + 2^{-n} (n!)^{-1} \cdot \varepsilon$  для любых  $1 \leq i \leq n$  и  $|a_{ij}| < (n!)^{-1} \varepsilon^2$



для любых  $1 \leq i \leq n$ ,  $1 \leq j \leq n$  и  $i \neq j$ , то  $1 - 2\varepsilon < |A| < 1 + 2\varepsilon$ .

**Доказательство.** Пусть  $a_{1k_1}, a_{2k_2}, \dots, a_{nk_n}$  – произвольный допустимый набор матрицы  $A$ . По определению определитель матрицы  $A$  равен алгебраической сумме произведений элементов допустимых наборов, умноженных на минус единицу в степени, равной количеству инверсий в перестановке, составленной из вторых индексов допустимого набора. Обозначим каждое такое слагаемое через  $\alpha_i$ . Тогда  $|A| = \sum_{i=1}^{n!} \alpha_i$ .

Если  $\Delta = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{n!}\}$  и  $\alpha_1$  – произведение элементов главной диагонали матрицы, то  $|A| = \alpha_1 + \sum_{j=2}^{n!} \alpha_j \geq \alpha_1 - \sum_{j=2}^{n!} |\alpha_j|$ .

Из условия теоремы

$$\left(1 - 2^{-n} (n!)^{-1} \cdot \varepsilon\right)^n < \alpha_1 < \left(1 + 2^{-n} (n!)^{-1} \cdot \varepsilon\right)^n.$$

Кроме этого, для любого  $j \neq 1$  среди его множителей имеется хотя бы один множитель, не лежащий на главной диагонали матрицы, и значит, его модуль не превосходит  $(n!)^{-1} \varepsilon^2$ , а модуль каждого из оставшихся множителей не превышает 1. Тогда  $|\alpha_j| < (n!)^{-1} \varepsilon^2$  для любого  $2 \leq j \leq n!$ .

Следовательно,

$$\begin{aligned} |A| &= \alpha_1 + \sum_{j=1}^{n!-1} \alpha_j \geq \alpha_1 - \sum_{j=1}^{n!-1} |\alpha_j| > \\ &> \left(1 - 2^{-n} (n!)^{-1} \cdot \varepsilon\right)^n - \left((n!)^{-1} \varepsilon^2\right) \cdot (n!-1) > \\ &> \left(1 - 2^{-n} (n!)^{-1} \cdot \varepsilon\right)^n - \varepsilon^2 + (n!)^{-1} \varepsilon^2 = \\ &= 1 + \sum_{k=1}^n (-1)^k \cdot C_n^k \cdot \left(2^{-n} (n!)^{-1} \varepsilon\right)^k - \varepsilon^2 = \\ &= 1 - \sum_{k=1}^n (-1)^{k-1} \cdot C_n^k \cdot \left(2^{-n} (n!)^{-1} \varepsilon\right)^k - \varepsilon^2 \geq \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\geq 1 - \sum_{k=1}^n C_n^k \cdot \left(2^{-n} (n!)^{-1} \varepsilon\right)^k - \varepsilon^2 \geq \\ &\geq 1 - \sum_{k=1}^n C_n^k \cdot \left(2^{-n} (n!)^{-1} \varepsilon\right) - \varepsilon^2 = \\ &= 1 - \left(2^{-n} (n!)^{-1} \varepsilon\right) \cdot \sum_{k=1}^n C_n^k - \varepsilon^2 > \\ &> 1 - \left(2^{-n} (n!)^{-1} \varepsilon\right) \cdot 2^n - \varepsilon^2 > \\ &> 1 - (n!)^{-1} \varepsilon - \varepsilon > 1 - 2\varepsilon. \end{aligned}$$

Тогда

$$\begin{aligned} |A| &= \alpha_1 + \sum_{j=1}^{n!-1} \alpha_j \leq \alpha_1 + \sum_{j=1}^{n!-1} |\alpha_j| < \\ &< \left(1 + 2^{-n} (n!)^{-1} \cdot \varepsilon\right)^n + \left((n!)^{-1} \varepsilon^2\right) \cdot (n!-1) < \\ &< \left(1 + 2^{-n} (n!)^{-1} \cdot \varepsilon\right)^n + \varepsilon^2 = \\ &= 1 + \sum_{k=1}^n (-1)^k \cdot C_n^k \cdot \left(2^{-n} (n!)^{-1} \varepsilon\right)^k + \varepsilon^2 = \\ &= 1 + \sum_{k=1}^n C_n^k \cdot \left(2^{-n} (n!)^{-1} \varepsilon\right)^k + \varepsilon^2 \leq \\ &\leq 1 + \sum_{k=1}^n C_n^k \cdot \left(2^{-n} (n!)^{-1} \varepsilon\right) + \varepsilon^2 = \\ &= 1 + \left(2^{-n} (n!)^{-1} \varepsilon\right) \cdot \sum_{k=1}^n C_n^k + \varepsilon^2 < \\ &< 1 + \left(2^{-n} (n!)^{-1} \varepsilon\right) \cdot 2^n + \varepsilon^2 = \\ &= 1 + (n!)^{-1} \varepsilon + \varepsilon^2 < 1 + (n!)^{-1} \varepsilon + \varepsilon < 1 + 2\varepsilon. \end{aligned}$$

Итак, мы получили, что

$$1 - 2\varepsilon < |A| < 1 + 2\varepsilon.$$

Этим теорема полностью доказана.

**Следствие 3.2.** Поскольку в условии теоремы 3.1  $|\varepsilon| < \frac{1}{2}$ , то  $|A| > 1 - 2\varepsilon > 0$ , и значит, матрица  $A$  обратима, т. е.  $A \in G_n$ .



**Теорема 3.3.** Совокупность

$\Delta = \{V_\varepsilon \mid \varepsilon \in R\}$  (обозначение см. в 1.1) удовлетворяет условиям теоремы 1.4, и значит, эта совокупность, взятая за базис окрестностей единицы  $1_n$ , задает некоторую групповую отделимую топологию на группе  $G_n(\cdot)$ .

**Доказательство.** Из определения множеств  $V_\varepsilon$  легко следует, что  $0_n \in V_\varepsilon$  для любого  $0 < \varepsilon \in R$ , и значит, для совокупности  $\Delta = \{V_\varepsilon \mid \varepsilon \in R\}$  условие 1 теоремы 1.4 выполнено.

Из определения множеств  $V_\varepsilon$  легко следует, что  $W_\varepsilon \subseteq W_\sigma \cap W_\xi$  для любых  $0 < \sigma, \xi \in R$  и  $\varepsilon < \min\{\sigma, \xi\}$ , и значит, для совокупности  $\Delta = \{V_\varepsilon \mid \varepsilon \in R\}$  условие 2 теоремы 1.4 выполнено.

Пусть теперь  $0 < \varepsilon \in R$  и  $\varepsilon < 1$ . Так как согласно теореме 2.1 совокупность  $\Omega = \{W_\varepsilon \mid \varepsilon \in R\}$  удовлетворяет условиям 3 и 5 теоремы 1.2, то существуют такие  $\sigma, \xi \in R$ , что  $0 < \xi < \sigma < 1$ ,  $W_\sigma + W_\sigma \subseteq W_\xi$  и  $W_\xi \cdot W_\xi \subseteq W_\sigma$ .

Из определения множеств  $U_\delta$  и  $W_\delta$  для числа  $\delta \in R$  следует, что  $U = (1_n + W_\delta) \cap G_n$ . Тогда

$$\begin{aligned} U_\xi \cdot U_\xi &= (1_n + W_\xi) \cap G_n \cdot (1_n + W_\xi) \cap G_n = \\ &= (1_n + W_\xi + W_\xi + W_\xi \cdot W_\xi) \cap G_n \subseteq \\ &\subseteq (1_n + W_\delta + W_\delta + W_\delta) \cap G_n \subseteq (1_n + W_\varepsilon) \cap G_n = U_\varepsilon. \end{aligned}$$

Из произвольности числа  $\varepsilon$  следует, что для совокупности  $\Delta = \{V_\varepsilon \mid \varepsilon \in R\}$  условие 3 теоремы 1.4 выполнено.

Пусть теперь  $0 < \rho \in R$  и  $\rho < \frac{1}{2}$ . Так как

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} (1 + 2\varepsilon)^{-1} = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} (1 + 2\varepsilon)^{-1} = 1,$$

то существует такое действительное число  $\varepsilon > 0$ , что

$$1 + \rho \leq (1 - 2\varepsilon)^{-1} - \varepsilon \text{ и } 1 - \rho \geq (1 + 2\varepsilon)^{-1} + \varepsilon,$$

и существует такое действительное число  $\delta > 0$ , что

$$\varepsilon - 2^{-(n-1)} \cdot \delta^{n-1} \cdot (1 + 2\varepsilon)^{-1} -$$

$$-(n-1)\delta^{n-1} \cdot (1 + 2\varepsilon)^{-1} > 0$$

$$\text{и } \left( \delta \cdot (1 + \delta)^{n-2} \cdot ((n-1)!) \right) \cdot (1 - 2\varepsilon)^{-1} < \rho.$$

Если  $A = (a_{ij})$ , то

$$1 - \varepsilon^2 \cdot (n!)^{-2} \cdot 2^{-2n} = 1 - \delta < a_{ii} <$$

$$< 1 + \delta = 1 + \varepsilon^2 \cdot (n!)^{-2} \cdot 2^{-2n}$$

для любых  $1 \leq i \leq n$  и  $|a_{ij}| < \delta = 2^{-n} \cdot (n!)^{-1} \cdot \varepsilon^2$  для любых  $1 \leq i \leq n$ ,  $1 \leq j \leq n$  и  $i \neq j$ .

Тогда, согласно следствию 3.2 матрица  $A$  обратима и пусть  $A^{-1} = (b_{ij})$ .

Для любых  $1 \leq i, j \leq n$  обозначим через  $A_{ij}$  матрицу  $n-1$ -го порядка, которая получается из матрицы  $A$  вычеркиванием  $i$ -й строки и  $j$ -го столбца, и пусть

$$A_{ij} = (c_{ij}).$$

Если  $i = j$ , то в матрице  $A_{ij}$  элементы  $1 - \delta < c_{kk} < 1 + \delta$  для  $1 \leq k \leq n-1$  и  $-\delta < c_{kt} < \delta$  для  $1 \leq k, t \leq n-1$  и  $k \neq t$ .

Если  $i \neq j$ , то в матрице  $A_{ij}$  имеется строка, элементы которой по модулю меньше, чем  $\delta$ , а остальные элементы по модулю меньше, чем  $1 + \delta$ .

Пусть, как и при доказательстве теоремы 3.1,  $c_{1k_1}, c_{2k_2}, \dots, c_{n-1k_{n-1}}$  — произвольный допустимый набор матрицы  $A_{ij}$ .

По определению определитель матрицы  $A_{ij}$  равен алгебраической сумме произведений элементов допустимых наборов, умноженных на минус единицу в степени, равной количеству инверсий в перестановке, составленной из вторых индексов допустимого набора. Обозначим каждое такое слагае-

мое через  $\alpha_i$ , тогда  $|A_{ij}| = \sum_{i=1}^{(n-1)!} \alpha_i$ . Если

$$\Delta = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{(n-1)!}\} \text{ и } \alpha_1 - \text{произведе-}$$

ние элементов главной диагонали матрицы

$$A_{ij}, \text{ то } |A_{ij}| = \alpha_1 + \sum_{j=2}^{(n-1)!} \alpha_j \geq \alpha_1 - \sum_{j=2}^{(n-1)!} |\alpha_j|$$

$$\text{и } |A_{ij}| = \alpha_1 + \sum_{j=2}^{(n-1)!} \alpha_j \leq \alpha_1 + \sum_{j=2}^{(n-1)!} |\alpha_j|.$$

Тогда

$$(1-\delta)^{n-1} < c_{11} \cdot c_{22} \cdot \dots \cdot c_{n-1, n-1} < (1+\delta)^{n-1}$$

при  $i = j$ . Так как  $(1-\delta)^{n-1} \geq 1 - 2^{-(n-1)} \cdot \delta^{n-1}$  и  $(1+\delta)^{n-1} \leq 1 + 2^{n-1} \cdot \delta$ , то  $1 - 2^{-(n-1)} \cdot \delta^{n-1} \leq \alpha \leq 1 + 2^{n-1} \cdot \delta$ . Кроме того,

$$|\alpha_s| = |c_{1k_1} c_{2k_2} \dots c_{n-1, k_{n-1}}| \leq \delta^{n-1},$$

и значит,

$$\begin{aligned} |\alpha_s| &= |c_{1k_1} \cdot c_{2k_2} \cdot \dots \cdot c_{n-1, k_{n-1}}| = \\ &= |c_{1k_1}| \cdot |c_{2k_2}| \cdot \dots \cdot |c_{n-1, k_{n-1}}| < \delta^{n-1} \end{aligned}$$

для  $2 \leq s \leq n-1$ .

Тогда

$$\begin{aligned} 1 - 2^{-(n-1)} \cdot \delta^{n-1} - (n-1)\delta^{n-1} &\leq |A_{ii}| \leq \\ &\leq 1 + 2^{n-1} \cdot \delta + (n-1)\delta^{n-1}. \end{aligned}$$

Так как  $b_{ij} = (-1)^{i+j} \cdot |A_{ij}| \cdot |A|^{-1}$  для любых натуральных чисел  $1 \leq i, j \leq n$ , то

$$\begin{aligned} (1 - 2^{-(n-1)} \cdot \delta^{n-1} - (n-1)\delta^{n-1}) \cdot |A|^{-1} &\leq |A_{ii}| \cdot |A|^{-1} \leq \\ &\leq (1 + 2^{n-1} \cdot \delta + (n-1)\delta^{n-1}) \cdot |A|^{-1}. \end{aligned}$$

Так как  $(1+2\varepsilon)^{-1} \leq |A|^{-1} \leq (1-2\varepsilon)^{-1}$ , то, раскрыв скобки в последнем неравенстве, получим

$$\begin{aligned} (1+2\varepsilon)^{-1} - 2^{-(n-1)} \cdot \delta^{n-1} \cdot (1+2\varepsilon)^{-1} - \\ - (n-1)\delta^{n-1} \cdot (1+2\varepsilon)^{-1} \leq \\ \leq (1 - 2^{-(n-1)} \cdot \delta^{n-1} - (n-1)\delta^{n-1}) \cdot (1+2\varepsilon)^{-1} \leq \\ \leq b_{ii} \leq (1 + 2^{n-1} \cdot \delta + (n-1)\delta^{n-1}) \cdot (1-2\varepsilon)^{-1}. \end{aligned}$$

Из выбора действительных чисел  $\varepsilon$  и  $\delta$  следует, что

$$\begin{aligned} 1 - \rho &\leq (1+2\varepsilon)^{-1} - \varepsilon \leq \\ &\leq (1+2\varepsilon)^{-1} - \varepsilon + (\varepsilon - 2^{-(n-1)}) \cdot \delta^{n-1} \cdot (1+2\varepsilon)^{-1} - \\ &\quad - (n-1)\delta^{n-1} \cdot (1+2\varepsilon)^{-1} = \\ &= (1+2\varepsilon)^{-1} - (1+2\varepsilon)^{-1} \cdot (2^{-(n-1)}) \cdot \delta^{n-1} - \\ &\quad - (n-1)\delta^{n-1} \cdot (1+2\varepsilon)^{-1} \leq b_{ii}. \end{aligned}$$

Аналогично

$$\begin{aligned} b_{ii} &\leq (1 + 2^{n-1} \cdot \delta + (n-1)\delta^{n-1}) \cdot |A|^{-1} \leq \\ &\leq (1 + 2^{n-1} \cdot \delta + (n-1)\delta^{n-1}) \cdot (1-2\varepsilon)^{-1} = \\ &= (1-2\varepsilon)^{-1} + 2^{n-1} \cdot \delta \cdot (1-2\varepsilon)^{-1} + \\ &\quad + (n-1)\delta^{n-1} \cdot (1-2\varepsilon)^{-1} = \\ &= (1-2\varepsilon)^{-1} + \varepsilon - (\varepsilon - 2^{n-1} \cdot \delta \cdot (1-2\varepsilon)^{-1} - \\ &\quad - (n-1)\delta^{n-1} \cdot (1-2\varepsilon)^{-1}) \leq \\ &\leq (1-2\varepsilon)^{-1} + \varepsilon \leq 1 + \rho. \end{aligned}$$

Итак, мы получили, что  $1 - \rho \leq b_{ii} \leq 1 + \rho$ .

Кроме того, если  $i \neq j$ , то среди чисел  $c_{ij}$  имеется число, модуль которого меньше, чем  $\delta$ , а остальные числа по модулю меньше  $1 + \delta$ . Тогда  $|\alpha_s| = |c_{1k_1} c_{2k_2} \dots c_{n-1, k_{n-1}}| \leq \delta \cdot (1+\delta)^{n-2}$ , и значит,

$$\begin{aligned} -\delta \cdot (1+\delta)^{n-2} \cdot ((n-1)!) &\leq - \sum_{s=1}^{(n-1)!} |\alpha_s| \leq |A_{ij}| = \\ &= \left| \sum_{s=1}^{(n-1)!} \alpha_s \right| \leq \sum_{s=1}^{(n-1)!} |\alpha_s| \leq \delta \cdot (1+\delta)^{n-2} \cdot ((n-1)!). \end{aligned}$$

Так как  $b_{ij} = (-1)^{i+j} \cdot |A_{ij}| \cdot |A|^{-1}$  для любых натуральных чисел  $1 \leq i, j \leq n$ , то

$$\begin{aligned} (-\delta \cdot (1+\delta)^{n-2} \cdot ((n-1)!)) \cdot |A|^{-1} &\leq \\ \leq |A_{ii}| \cdot |A|^{-1} &\leq (\delta \cdot (1+\delta)^{n-2} \cdot ((n-1)!)) \cdot |A|^{-1}. \end{aligned}$$

Так как  $(1+2\varepsilon)^{-1} \leq |A|^{-1} \leq (1-2\varepsilon)^{-1}$ , то, раскрыв скобки в последнем неравенстве, получим

$$\begin{aligned} & (-\delta \cdot (1+\delta)^{n-2} \cdot (n-1)!) \cdot (1+2\varepsilon)^{-1} \leq \\ & \leq b_{ij} \leq (\delta \cdot (1+\delta)^{n-2} \cdot (n-1)!) \cdot (1-2\varepsilon)^{-1}, \\ \text{т. е. } & |b_{ij}| \leq (\delta \cdot (1+\delta)^{n-2} \cdot ((n-1)!)) \cdot (1-2\varepsilon)^{-1}. \end{aligned}$$

Из выбора действительных чисел  $\varepsilon$  и  $\delta$  следует, что

$$|b_{ij}| \leq (\delta \cdot (1+\delta)^{n-2} \cdot ((n-1)!)) \cdot (1-2\varepsilon)^{-1} < \rho.$$

Итак, мы доказали, что  $1-\rho \leq b_{ii} \leq 1+\rho$  и  $|b_{ij}| < \rho$  для любых  $1 \leq i, j \leq n$  и  $i \neq j$ , т. е.  $A^{-1} \in U_\rho$ .

Из произвольности матрицы  $A \in U_\delta$  следует, что  $U_\delta^{-1} \subseteq U_\rho$ , т. е. выполнено условие 4 теоремы 1.4.

Пусть теперь  $\varepsilon > 0$  и  $A \in G_n$ . Как и при доказательстве выполнения условия 3, заметим, что  $U_\delta = (1_n + W_\delta) \cap G_n$  для любого числа  $\delta > 0$ . Так как  $A \in G_n \subseteq R_n$  и  $A^{-1} \in G_n \subseteq R_n$ , то согласно условию 5

теоремы 1.3 существуют такие действительные числа  $\delta > 0$  и  $\rho > 0$ , что  $A \cdot W_\delta \subseteq W_\varepsilon$  и  $W_\rho \cdot A^{-1} \subseteq W_\delta$ , и значит,  $A \cdot W_\rho \cdot A^{-1} \subseteq A \cdot W_\delta \subseteq W_\varepsilon$ . Тогда

$$\begin{aligned} & A \cdot ((1_n + W_\rho) \cap G_n) \cdot A^{-1} = \\ & = (A \cdot (1_n + W_\rho) \cdot A^{-1}) \cap G_n \subseteq \\ & \subseteq (1_n + A \cdot W_\rho \cdot A^{-1}) \cap G_n \subseteq \\ & \subseteq (1_n + W_\varepsilon) \cap G_n = U_\varepsilon. \end{aligned}$$

Из произвольности числа  $\varepsilon$  следует выполнение условия 5 теоремы 1.4 для совокупности  $\Delta = \{V_\varepsilon \mid \varepsilon \in R\}$ .

Этим теорема полностью доказана.

### Цитированная литература

1. Арнаутов В.И., Водничар М.И., Михалев А.В. Введение в теорию топологических колец и модулей. – Кишинев, 1981.
2. Арнаутов В.И., Ермакова Г.Н. Введение в теорию топологических групп. – Кишинев, 2013.

УДК 517.984.42

## АНАЛИТИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ В КОЛЬЦАХ КОМПАКТНЫХ ОПЕРАТОРОВ

С.А. Алещенко, И.Н. Шведюк

*Рассмотрены регулярные функции в различных классах компактных операторов. Получены условия, при которых любой линейный оператор, допускающий разложение по ортонормированной системе элементов гильбертова пространства, принадлежит одному из колец  $\mathcal{K}(H)$ ,  $\mathcal{L}(H)$ ,  $\mathcal{C}(H)$ ,  $S_p(H)$ . Доказана теорема о голоморфных функциях в кольцах  $\mathcal{C}(H)$ ,  $S_p(H)$  в случае самосопряженного оператора.*

**Ключевые слова:** гильбертово пространство, линейный ограниченный оператор, компактный оператор, самосопряженный оператор, ядерный оператор, оператор Гильберта–Шмидта, спектральный след, аналитическая функция.

## ANALYTIC FUNCTIONS IN THE RINGS OF COMPACT OPERATORS

S.A. Aleshchenko, I.N. Shvedyuk

The article considers the regular functions in different classes of compact operators. The conditions are obtained, in which any linear operator, admitted the expansion over the orthonormal system of elements of a Hilbert space belongs to one of the rings  $\mathcal{K}(H)$ ,  $\mathcal{L}(H)$ ,  $\mathcal{C}(H)$ ,  $S_p(H)$ . The theorem on the holomorphic functions in the rings  $\mathcal{C}(H)$ ,  $S_p(H)$  in the case of self-adjoint operator is proved.

**Keywords:** Hilbert space, linear limited operator, compact operator, self-adjoint operator, nuclear operator, Hilbert–Schmidt operator, spectral trace, analytic function.

Под гильбертовым пространством мы понимаем комплексное сепарабельное бесконечномерное полное линейное нормированное пространство, в котором задано скалярное произведение, ассоциированное с нормой.

В функциональном анализе большую роль играет банахово кольцо  $\mathcal{L}(H)$  линейных ограниченных операторов, заданных в гильбертовом пространстве  $H$ , т. е. линейных операторов  $A : H \rightarrow H$ , удовлетворяющих условию

$$\sup \left\{ \frac{\|Ax\|}{\|x\|} \mid x \in H \setminus \{0\} \right\} < \infty.$$

В кольце  $\mathcal{L}(H)$  выделяют различные классы операторов, изучение которых позволяет понимать глубже математическую природу линейных операторов в бесконечномерных пространствах. Так, например:

- Линейный оператор  $A$  называют конечномерным, если его образ  $\text{Im } A = AH$  является конечномерным подпространством гильбертова пространства  $H$ .

- Линейный оператор  $A$  называют компактным, если для любого ограниченного множества  $M \subset H$  его образ  $AM$  является предкомпактом в  $H$ .

Класс конечномерных операторов мы будем обозначать  $K(H)$ , класс компактных операторов –  $\mathcal{C}(H)$ . Класс  $\mathcal{C}(H)$  является банаховым кольцом, класс  $K(H)$  – линейным нормированным кольцом, и при этом  $K(H) \subset \mathcal{C}(H) \subset \mathcal{L}(H)$ .

Рассмотрим основные теоремы о компактных операторах, которые мы будем использовать в данной работе.

**Теорема 1.** Пусть  $H$  – гильбертово пространство,  $A$  – линейный ограниченный оператор в  $H$ ,  $\{A_n, n \geq 1\}$  – такая последовательность компактных операторов в  $H$ , что  $\|A_n - A\| \rightarrow 0$  при  $n \rightarrow \infty$ . Тогда  $A \in \mathcal{C}(H)$ .

**Теорема 2.** Пусть  $H$  – гильбертово пространство,  $A$  – компактный оператор. Тогда справедливы следующие утверждения:

1) спектр оператора  $A$  является не более чем счетным подмножеством круга  $\{z \in \mathbb{C} \mid |z| \leq \|A\|\}$ , содержащим точку нуль;

2) отличные от нуля точки спектра являются собственными значениями оператора  $A$  конечной кратности;

3) для любого  $r > 0$  множество точек спектра оператора  $A$ , лежащих вне круга  $\{z \in \mathbb{C} \mid |z| \leq r\}$ , – конечно.

**Теорема 3.** Пусть  $H$  – гильбертово пространство,  $A$  – самосопряженный компактный оператор,  $A \neq 0$ . Тогда оператор  $A$  имеет не более чем счетное множество ненулевых действительных собственных значений  $\{\lambda_n\}$ , пронумерованных в порядке убывания абсолютной величины с учетом их кратности, и соответствующую ортонормированную систему собственных элементов  $\{\varphi_n\}$ , и при этом:

1. Для любого элемента  $x \in H$  имеет место разложение

$$x = x_0 + \sum_n (x, \varphi_n) \varphi_n,$$

где  $x_0 \in \text{Ker } A$ .

2. Для любого  $x \in H$  имеет место равенство

$$Ax = \sum_n \lambda_n(x, \varphi_n) \varphi_n.$$

Доказательство теорем 1–3 можно найти в [1].

Для линейных операторов в конечномерном пространстве  $V$  рассматриваются следующие понятия:

- спектральный след

$$Sp(A) = \sum_{k=1}^n \lambda_k;$$

- матричный след

$$Tr(A) = \sum_{k=1}^n (A\varphi_k, \varphi_k),$$

где  $\{\lambda_k, k = \overline{1, n}\}$  – спектр оператора  $A$ ;  $\{\varphi_k, k = \overline{1, n}\}$  – произвольный ортонормированный базис в пространстве  $V$ .

Справедлива следующая теорема о следе линейного оператора в конечномерном пространстве.

**Теорема 4.** Если  $V$  – конечномерное комплексное евклидово пространство,  $A: V \rightarrow V$  – линейный оператор, то тогда  $Sp(A) = Tr(A)$ .

Доказательство теоремы 4 можно найти в [2].

Для линейных операторов в гильбертовых пространствах эта теорема в общем случае неверна. При этом теорема 4 не имеет места ни в классе  $\mathcal{L}(H)$ , ни в классе  $\mathcal{C}(H)$ . Для того чтобы выделить класс операторов, для которых справедлива теорема 4, в работе [2] рассматривают следующие понятия.

**Определение 1.** Пусть  $A: H \rightarrow H$  – компактный оператор. Положительные числа  $s_k(A) = \sqrt{\lambda_k(A^*A)}$ , где  $\lambda_k(A^*A)$  – собственные значения оператора  $A^*A$ , называют  $s$ -числами компактного оператора  $A$ , и при этом  $s$ -числа оператора  $A$  нумеруют в порядке убывания с учетом их кратности:

$$s_1(A) \geq s_2(A) \geq \dots \geq s_k(A) \geq \dots$$

**Определение 2.** Компактный оператор  $A: H \rightarrow H$  называется ядерным, если

$$\text{сходится ряд } \sum_{k=1}^{\infty} s_k(A).$$

**Определение 3.** Компактный оператор  $A: H \rightarrow H$  называется оператором Гильберта–Шмидта, если сходится ряд

$$\sum_{k=1}^{\infty} (s_k(A))^2.$$

В работе [3] рассматриваются различные классы операторов, определенные свойствами  $s$ -чисел.

**Определение 4.** Говорят, что компактный оператор  $A: H \rightarrow H$  принадлежит классу  $S_p(H)$ , если сходится ряд

$$\sum_{k=1}^{\infty} (s_k(A))^p.$$

Класс  $S_p(H)$  является линейным нормированным кольцом при любом значении параметра  $p \geq 1$ . При этом  $S_1(H)$  – кольцо ядерных операторов,  $S_2(H)$  – кольцо операторов Гильберта–Шмидта.

Для ядерных операторов имеет место теорема, аналогичная теореме о следе для линейных операторов в конечномерных пространствах.

**Теорема 5.** Если  $A: H \rightarrow H$  – ядерный оператор, то его матричный след

$$\sum_{j=1}^{\infty} (A\varphi_j, \varphi_j)$$

совпадает с его спектральным следом  $\sum_{j=1}^{\infty} \lambda_j(A)$ , где  $\{\varphi_j\}$  – произвольный

ортонормированный базис в  $H$ ,  $\lambda_j(A)$  – собственные значения оператора  $A$ .

Теорема о следе и ее аналоги играют важную роль в алгебре, функциональном анализе и теории дифференциальных уравнений и связаны с глубоким изучением свойств различных классов операторов.

Настоящая работа посвящена изучению свойств аналитических операторов – функций в кольцах  $\mathcal{L}(H)$ ,  $\mathcal{C}(H)$ ,  $S_p(H)$ .

Следующая теорема показывает, что голоморфная функция в кольце  $\mathcal{L}(H)$  порождает линейный ограниченный оператор.

**Теорема 6.** Пусть  $A$  является линейным ограниченным оператором, функция  $f(z)$  голоморфна в круге  $|z| < r$ . Тогда для любого комплексного числа  $t$  такого, что  $|t| < \frac{r}{\|A\|}$ , оператор  $f(tA)$  является линейным ограниченным оператором.

**Доказательство.** Рассмотрим произвольную функцию  $f(z) = \sum_{k=0}^{\infty} c_k z^k$ , голоморфную в круге  $|z| < r$ . Тогда

$$f(tA) = \sum_{k=0}^{\infty} c_k t^k A^k,$$

при условии  $|t| < \frac{r}{\|A\|}$ .

Покажем, что  $f(tA)$  – ограниченный оператор. Действительно, для любого  $x \in H$  мы имеем разложение

$$f(tA)x = \left( \sum_{k=0}^{\infty} c_k t^k A^k \right) x = \sum_{k=0}^{\infty} c_k t^k A^k x,$$

из которого следует неравенство

$$\begin{aligned} \|f(tA)x\| &= \left\| \sum_{k=0}^{\infty} c_k t^k A^k x \right\| \leq \sum_{k=0}^{\infty} \|c_k t^k A^k x\| = \\ &= \sum_{k=0}^{\infty} |c_k| \cdot |t|^k \cdot \|A^k x\| \leq \sum_{k=0}^{\infty} |c_k| \cdot |t|^k \cdot \|A^k\| \cdot \|x\| \leq \\ &\leq \left( \sum_{k=0}^{\infty} |c_k| \cdot |t|^k \cdot \|A\|^k \right) \|x\|. \end{aligned}$$

Так как функция  $f(z)$  голоморфна в круге  $|z| < r$ , то числовой ряд  $\sum_{k=0}^{\infty} |c_k| \cdot |t|^k \cdot \|A\|^k$  сходится. Следовательно, оператор  $f(tA)$  ограничен. Линейность оператора  $f(tA)$  очевидна.

Теорема доказана.

**Следствие 1.** Для любого комплексного числа  $t$  и для любого линейного ограниченного оператора  $A$  операторная экспонента  $e^{tA}$  является линейным ограниченным оператором, и при этом  $\|e^{tA}\| \leq e^{|t| \|A\|}$ .

Действительно,

$$\begin{aligned} \|e^{tA}\| &= \left\| I + \frac{tA}{1!} + \frac{(tA)^2}{2!} + \dots + \frac{(tA)^n}{n!} + \dots \right\| \leq \\ &\leq \|I\| + \left\| \frac{tA}{1!} \right\| + \left\| \frac{(tA)^2}{2!} \right\| + \dots + \left\| \frac{(tA)^n}{n!} \right\| + \dots \leq \\ &\leq 1 + \frac{|t|}{1!} \|A\| + \frac{|t|^2}{2!} \|A\|^2 + \dots + \frac{|t|^n}{n!} \|A\|^n + \dots = e^{|t| \|A\|}. \end{aligned}$$

**Следствие 2.** Для любого комплексного числа  $t$  такого, что  $|t| < \frac{1}{\|A\|}$ , операторная резольвента  $(I - tA)^{-1}$  является линейным ограниченным оператором, и при этом  $\|(I - tA)^{-1}\| \leq \frac{1}{1 - |t| \cdot \|A\|}$ .

В самом деле,

$$\begin{aligned} \|(I - tA)^{-1}\| &= \\ &= \left\| I + tA + (tA)^2 + \dots + (tA)^n + \dots \right\| \leq \\ &\leq \|I\| + |t| \cdot \|A\| + |t|^2 \cdot \|A\|^2 + \dots + |t|^n \cdot \|A\|^n + \dots \leq \\ &\leq 1 + |t| \cdot \|A\| + |t|^2 \cdot \|A\|^2 + \dots + |t|^n \cdot \|A\|^n + \dots = \\ &= \frac{1}{1 - |t| \cdot \|A\|}. \end{aligned}$$

Следующая теорема выделяет операторы, допускающие разложение по ортонормированным системам, и изучает их свойства.

**Теорема 7.** Пусть для оператора  $A$  и для любого  $x \in H$  имеет место разложение

$$Ax = \sum_{j=1}^{\infty} \mu_j(x, \varphi_j) \varphi_j,$$

где  $\{\varphi_j\}$  – ортонормированная система элементов.

Тогда справедливы следующие утверждения:

1. Если существует номер  $n_0 \in N$  такой, что  $\mu_n = 0$  любого  $n > n_0$ , то оператор  $A$  является конечномерным.

2. Если числовая последовательность  $\{\mu_n, n \geq 1\}$  ограничена, то оператор  $A$  ограничен.

3. Если  $\mu_n \rightarrow 0$  при  $n \rightarrow \infty$ , то оператор  $A$  является компактным.

4. Если ряд  $\sum_{n=1}^{\infty} |\mu_n|^p$  сходится при некотором  $p \geq 1$ , то  $A \in S_p(H)$ .

**Доказательство.**

1. Пусть существует номер  $n_0 \in N$  такой, что  $\mu_n = 0$  для любого  $n > n_0$ . Тогда для любого  $x \in H$  элемент  $Ax = \sum_{n=1}^{n_0} \mu_n(x, \varphi_n) \varphi_n$  принадлежит линейной оболочке, натянутой на систему элементов  $\{\varphi_1, \dots, \varphi_{n_0}\}$ . Значит,  $\text{Im } A = \text{л.о.}\{\varphi_1, \dots, \varphi_{n_0}\}$  и  $\dim(\text{Im } A) = n_0$ .

2. Докажем, что ограниченность числовой последовательности  $\{\mu_n, n \geq 1\}$  влечет ограниченность оператора  $A$ . Для любого  $x \in H$  рассмотрим норму элемента  $Ax$ :

$$\begin{aligned} \|Ax\|^2 &= (Ax, Ax) = \\ &= \left( \sum_{n=1}^{\infty} \mu_n(x, \varphi_n) \varphi_n, \sum_{k=1}^{\infty} \mu_k(x, \varphi_k) \varphi_k \right) = \\ &= \sum_{n,k=1}^{\infty} \overline{\mu_n(x, \varphi_n)} \mu_k(x, \varphi_k) (\varphi_n, \varphi_k) = \\ &= \sum_{n=1}^{\infty} |\mu_n|^2 |(x, \varphi_n)|^2. \end{aligned}$$

Тогда

$$\begin{aligned} \|Ax\| &= \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} |\mu_n|^2 |(x, \varphi_n)|^2} \leq \\ &\leq \sup_{n \in N} |\mu_n| \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} |(x, \varphi_n)|^2} \leq \sup_{n \in N} |\mu_n| \cdot \|x\|. \end{aligned}$$

Таким образом,

$$\sup_{x \in H \setminus \{0\}} \frac{\|Ax\|}{\|x\|} \leq \sup_{n \in N} |\mu_n| < \infty,$$

т. е. оператор  $A$  ограничен.

3. Рассмотрим последовательность операторов  $\{A_n, n \geq 1\}$  таких, что  $Ax = \sum_{k=1}^n \mu_k(x, \varphi_k) \varphi_k$  для любого  $x \in H$ . Согласно доказанному выше каждый оператор  $A_n$  является конечномерным и, следовательно, компактным.

Докажем, что последовательность операторов  $\{A_n, n \geq 1\}$  фундаментальна.

Так как  $\mu_n \rightarrow 0$  при  $n \rightarrow \infty$ , то для любого  $\varepsilon > 0$  существует такое число  $N(\varepsilon) \in N$ , что для любого  $n \geq N(\varepsilon)$  выполнено неравенство  $|\mu_n| < \frac{\varepsilon}{2}$ . Тогда для любого  $x \in H$  и  $n \geq N(\varepsilon)$  мы имеем

$$\begin{aligned} \|(A_n - A_{n+p})x\| &= \left\| \sum_{j=n+1}^{n+p} \mu_j(x, \varphi_j) \varphi_j \right\| = \\ &= \sqrt{\left( \sum_{j=n+1}^{n+p} \mu_j(x, \varphi_j) \varphi_j, \sum_{j=n+1}^{n+p} \mu_j(x, \varphi_j) \varphi_j \right)} = \\ &= \sqrt{\sum_{j=n+1}^{n+p} |\mu_j|^2 |(x, \varphi_j)|^2} \leq \sqrt{\sum_{j=n+1}^{n+p} \frac{\varepsilon^2}{4} |(x, \varphi_j)|^2} = \\ &= \frac{\varepsilon}{2} \sqrt{\sum_{j=n+1}^{n+p} |(x, \varphi_j)|^2} \leq \frac{\varepsilon}{2} \|x\|. \end{aligned}$$

Значит,

$$\|A_n - A_{n+p}\| = \sup_{x \in H \setminus \{0\}} \frac{\|(A_n - A_{n+p})x\|}{\|x\|} \leq \frac{\varepsilon}{2} < \varepsilon.$$



Таким образом, последовательность операторов  $\{A_n, n \geq 1\}$  фундаментальна и, следовательно, сходится в  $\mathcal{L}(H)$ . Пределом последовательности  $\{A_n, n \geq 1\}$  является оператор  $A$ , так как  $\|A_n - A\| \leq \sup_{k > n} |\mu_k|$  и  $\mu_n \rightarrow 0$  при  $n \rightarrow \infty$ . Согласно теореме 1 предел последовательности компактных операторов есть компактный оператор, т. е.  $A \in \mathcal{C}(H)$ .

4. Пусть  $Ax = \sum_{k=1}^n \mu_k(x, \varphi_k)\varphi_k$  и числовой ряд  $\sum_{n=1}^{\infty} |\mu_n|^p$  сходится при некотором  $p \geq 1$ .

Заметим, что  $\mu_n$  – собственное значение оператора  $A$ , а  $\varphi_n$  – соответствующий ему собственный элемент, поскольку  $A\varphi_n = \sum_{k=1}^{\infty} \mu_n(\varphi_n, \varphi_k)\varphi_k = \mu_n\varphi_n$ .

Покажем, что для любого  $x \in H$  элемент  $A^*x$  можно представить в виде  $A^*x = \sum_{n=1}^{\infty} \overline{\mu_n}(x, \varphi_n)\varphi_n$ .

Действительно, обозначим  $P_n$  – проектор на подпространство  $G_n = \text{л.о.}\{\varphi_n\}$ . Тогда  $P_n x = (x, \varphi_n)\varphi_n$  и при этом  $P_n P_k = 0$  для любого  $n \neq k$ . Представим оператор  $A$  в виде  $A = \sum_{n=1}^{\infty} \mu_n P_n$ . Тогда

$$A^* = \left( \sum_{n=1}^{\infty} \mu_n P_n \right)^* = \sum_{n=1}^{\infty} \overline{\mu_n} P_n^* = \sum_{n=1}^{\infty} \overline{\mu_n} P_n,$$

откуда следует

$$A^*x = \sum_{n=1}^{\infty} \overline{\mu_n} P_n x = \sum_{n=1}^{\infty} \overline{\mu_n}(x, \varphi_n)\varphi_n.$$

Мы видим, что  $\overline{\mu_n}$  являются собственными значениями оператора  $A^*$ . Найдем представление оператора  $A^*A$ :

$$\begin{aligned} A^*A &= \left( \sum_{k=1}^{\infty} \overline{\mu_k} P_k \right) \left( \sum_{n=1}^{\infty} \mu_n P_n \right) = \\ &= \sum_{n,k=1}^{\infty} \mu_n \overline{\mu_k} P_n P_k = \sum_{n=1}^{\infty} \mu_n \overline{\mu_n} P_n^2 = \sum_{n=1}^{\infty} |\mu_n|^2 P_n. \end{aligned}$$

Тогда для любого  $x \in H$  справедливо разложение

$$A^*Ax = \sum_{n=1}^{\infty} |\mu_n|^2 (x, \varphi_n)\varphi_n,$$

из которого следует, что числа  $|\mu_n|^2$  являются собственными значениями оператора  $A^*A$ . Поскольку  $s_n(A) = \sqrt{\lambda_n(A^*A)}$ , то  $|\mu_n|$  –  $s$ -числа оператора  $A$ .

Из равенства  $s_n(A) = |\mu_n|$  и сходимости ряда  $\sum_{n=1}^{\infty} |s_n(A)|^p = \sum_{n=1}^{\infty} |\mu_n|^p$  следует, что  $A \in S_p(H)$ .

Теорема доказана.

Следующая теорема изучает голоморфные функции в кольцах  $\mathcal{C}(H)$  и  $S_p(H)$ .

**Теорема 8.** Пусть  $A$  – самосопряженный компактный оператор в  $H$ , функция  $f(z)$  голоморфна в круге  $|z| < r$  и  $|t| < \frac{r}{\|A\|}$ . Тогда справедливы следующие утверждения:

1. Если  $f(z) \rightarrow 0$  при  $z \rightarrow 0$ , то оператор  $f(tA) \in \mathcal{C}(H)$ .

2. Если  $f(z) = O(z)$  при  $z \rightarrow 0$  и  $A \in S_p(H)$ , то  $f(tA) \in S_p(H)$ .

3. Если  $f(z) = O(z^p)$  при  $z \rightarrow 0$  и  $A \in S_p(H)$ , то  $f(tA) \in S_1(H)$ .

**Доказательство.** Так как оператор  $A$  является компактным и самосопряженным, то согласно теореме 3 имеют место разложения  $x = x_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (x, \varphi_n)\varphi_n$  и  $Ax = \sum_{n=1}^{\infty} \lambda_n (x, \varphi_n)\varphi_n$ , где  $\lambda_n = \mu_n^2$  – собственные значения оператора  $A$ ,  $\varphi_n$  – соответствующие собственные элементы, образующие ортонормированную систему, и  $x_0 \in \text{Ker}A$ .

Поскольку  $f(z) \rightarrow 0$  при  $z \rightarrow 0$  и  $f(z)$  – голоморфная функция в круге  $|z| < r$ , то  $f(z) = \sum_{k=1}^{\infty} c_k z^k$ .

Из теоремы 6 следует, что оператор  $f(tA) = \sum_{k=1}^{\infty} c_k t^k A^k$  является линейным ограниченным оператором, и при этом для любого  $x \in H$  имеет место разложение  $f(tA)x = \sum_{k=1}^{\infty} c_k t^k A^k x$ . Согласно теореме 7 для любого  $x \in H$  справедливо разложение  $A^k x = \sum_{n=1}^{\infty} \lambda_n^k(x, \varphi_n) \varphi_n$ . Тогда

$$\begin{aligned} f(tA)x &= \sum_{k=1}^{\infty} c_k t^k A^k x = \\ &= \sum_{k=1}^{\infty} c_k t^k \sum_{n=1}^{\infty} \lambda_n^k(x, \varphi_n) \varphi_n = \\ &= \sum_{n=1}^{\infty} \left( \sum_{k=1}^{\infty} c_k t^k \lambda_n^k \right) (x, \varphi_n) \varphi_n = \\ &= \sum_{n=1}^{\infty} f(t\lambda_n)(x, \varphi_n) \varphi_n. \end{aligned}$$

1. Из условия  $f(z) \rightarrow 0$  при  $z \rightarrow 0$  следует, что  $\mu_n = f(\lambda_n t) \rightarrow 0$  при  $n \rightarrow \infty$ . Значит, по теореме 7 оператор  $f(tA)$  является компактным.

2. Если  $f(z) = O(z)$  при  $z \rightarrow 0$ , то существуют  $c > 0$  и  $\delta > 0$  такие, что для любых  $z$ , удовлетворяющих условию  $|z| < \delta$ , выполнено неравенство  $|f(z)| \leq c|z|$ . Тогда  $\mu_n = f(\lambda_n t) \leq c|\lambda_n t|$ . Из условия  $A \in S_p(H)$  следует сходимость ряда  $\sum_{n=1}^{\infty} |\lambda_n|^p$ , откуда получаем сходимость

ряда  $\sum_{n=1}^{\infty} |\mu_n|^p$ , поскольку имеет место неравенство

$$\sum_{n=1}^{\infty} |\mu_n|^p = \sum_{n=1}^{\infty} |f(\lambda_n t)|^p \leq c^p |t|^p \sum_{n=1}^{\infty} |\lambda_n|^p.$$

Значит, по теореме 7 оператор  $f(tA)$  принадлежит классу  $S_p(H)$ .

3. Если  $f(z) = O(z^p)$  при  $z \rightarrow 0$ , то существуют  $c > 0$  и  $\delta > 0$  такие, что для любых  $z$ , удовлетворяющих условию  $|z| < \delta$ , выполнено неравенство  $|f(z)| \leq c|z|^p$ , откуда следует, что  $|\mu_n| = |f(\lambda_n t)| \leq c|\lambda_n t|^p$ . Из условия  $A \in S_p(H)$  следует сходимость ряда  $\sum_{n=1}^{\infty} |\lambda_n|^p$ , которая влечет за собой сходимость ряда  $\sum_{n=1}^{\infty} |\mu_n|$ , так как

$$\sum_{n=1}^{\infty} |\mu_n| = \sum_{n=1}^{\infty} |f(\lambda_n t)| \leq c|t|^p \sum_{n=1}^{\infty} |\lambda_n|^p.$$

Значит, по теореме 7 оператор  $f(tA)$  является ядерным.

Теорема доказана.

## Цитированная литература

1. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. – М.: Физматлит, – 2004. – 572 с.
2. Гохберг И.Ц., Крейн М.Г. Введение в теорию линейных несамосопряженных операторов в гильбертовом пространстве. – М.: Наука, 1965. – 448 с.
3. Садовничий В.А. Теория операторов. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 358 с.

## ИТЕРАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИБЛИЖЕННОГО РЕШЕНИЯ ОПЕРАТОРНЫХ УРАВНЕНИЙ

С.А. Алещенко, Р.Л. Косиева

Статья посвящена изучению вопроса приближенного решения уравнений, заданных самосопряженными положительными операторами. Рассмотрены стационарный итерационный процесс в случае ограниченного оператора и общий стационарный итерационный процесс в случае неограниченного оператора. Показано применение общего стационарного итерационного процесса к приближенному решению краевых задач.

**Ключевые слова:** банахово пространство, гильбертово пространство, оператор сжатия, метод последовательных приближений, итерационные процессы, самосопряженный оператор, положительный оператор, спектр.

## ITERATIVE PROCESSES OF APPROXIMATE SOLUTION OF OPERATOR EQUATIONS

S.A. Aleshchenko, R.L. Kosieva

The article is dedicated to the study of the problem of the approximate solution of equations given by self-conjugate positive operators. The authors consider a stationary iterative process in the case of a bounded operator and a general stationary iterative process in the case of an unbounded operator. It is shown the application of the general stationary iterative process to the approximate solution of boundary problems.

**Keywords:** Banach space, Hilbert space, compressive operator, method of successive approximations, iterative processes, self-conjugate operator, positive operator, spectrum.

Теорема, которую называют принципом Банаха сжимающих отображений, играет важную роль в функциональном анализе и вычислительной математике.

**Теорема 1.** Пусть  $X$  – банахово пространство,  $\Omega$  – замкнутое множество в  $X$  и  $T: \Omega \rightarrow \Omega$  является оператором сжатия. Тогда существует единственная точка  $x^* \in \Omega$  такая, что  $x^* = Tx^*$ .

Доказательство теоремы 1 можно найти в работе [1]. Метод доказательства теоремы 1 стал основой метода приближенного решения различных алгебраических, дифференциальных и интегральных уравнений, и его называют методом последовательных приближений.

Следующая теорема описывает метод последовательных приближений и дает оценку скорости сходимости метода.

**Теорема 2.** Пусть  $X$  – банахово пространство,  $\Omega$  – замкнутое множество в  $X$ ,  $T$  отображает  $\Omega$  в себя, и существует такое число  $q \in (0; 1)$ , что для всех  $x, y \in \Omega$  выполнено неравенство  $\|Tx - Ty\| \leq q\|x - y\|$ . Тогда уравнение  $x = Tx$  имеет единственное решение  $x^* \in \Omega$ , которое можно найти как предел  $x^* = \lim_{k \rightarrow \infty} x_k$  в пространстве  $X$ , где последовательность  $\{x_k | k \geq 1\}$  задана рекуррентной формулой  $x_k = Tx_{k-1}$  для всех  $k \geq 1$ ,  $x_0 \in \Omega$  – произвольное начальное приближение. При этом справедлива оценка  $\|x^* - x_k\| \leq q^k \|x^* - x_0\|$ ,  $k \geq 1$ .

С помощью метода последовательных приближений можно строить различные методы приближенного решения операторных уравнений. Одними из таких методов являются итерационные процессы.

В настоящей работе мы изучим стационарные итерационные процессы решения линейных операторных уравнений и рассмотрим применение общего стационарного итерационного процесса к решению краевых задач. Итерационные процессы для решения систем линейных алгебраических уравнений были исследованы в работе [2].

В следующей теореме рассматривается стационарный итерационный процесс приближенного решения уравнений с ограниченным оператором.

**Теорема 3.** Пусть  $H$  – гильбертово пространство,  $A: H \rightarrow H$  – линейный оператор, удовлетворяющий условиям:

- 1)  $(Au, v) = (u, Av)$  для любых  $u, v \in H$ ;
- 2) существуют такие числа  $\gamma, \delta > 0$ , что для всех  $u \in H$  выполнены неравенства  $\gamma(u, u) \leq (Au, u) \leq \delta(u, u)$ .

Тогда для любого  $f \in H$  уравнение  $Au = f$  имеет единственное решение  $u^* \in H$ ; последовательность  $\{u_k | k \geq 1\}$ , заданная соотношением  $u_k = u_{k-1} + \tau_0 \varepsilon_{k-1}$ , где  $\varepsilon_{k-1} = f - Au_{k-1}$  – невязка  $k-1$ -го приближения и  $\tau_0 = \frac{2}{\delta + \gamma}$ , сходится сильно к точному решению  $u^*$  в гильбертовом пространстве  $H$  при любом начальном приближении  $u_0 \in H$ . При этом для всех  $k \geq 1$  справедливо неравенство

$$\|u^* - u_k\| \leq \left( \frac{\delta - \gamma}{\delta + \gamma} \right)^k \|u^* - u_0\|.$$

**Доказательство.** Рассмотрим оператор  $T(\tau) = I - \tau A$ . Определим условия, при которых  $T(\tau)$  является оператором сжатия. Из второго условия теоремы следует, что  $\sigma(A) \subset [\gamma; \delta]$ , где  $\sigma(A)$  – спектр оператора  $A$ . Поскольку  $(1 - \tau\lambda) \in \sigma(T(\tau))$  для любого  $\lambda \in \sigma(A)$ , то

$$\begin{aligned} \|T(\tau)\| &= \max_{\mu \in \sigma(T(\tau))} |\mu| = \max_{\lambda \in \sigma(A)} |1 - \tau\lambda| \leq \\ &\leq \max_{\lambda \in [\gamma; \delta]} |1 - \tau\lambda| = \max \{|1 - \tau\gamma|; |1 - \tau\delta|\}. \end{aligned}$$

Если  $\tau \in \left(0; \frac{2}{\delta}\right)$ , то тогда  $|1 - \tau\delta| < 1$  и  $|1 - \tau\gamma| < 1$ . Следовательно,  $\|T(\tau)\| \leq q(\tau)$ , где  $q(\tau) = \max\{|1 - \tau\gamma|; |1 - \tau\delta|\} < 1$ , и  $T(\tau)$  является оператором сжатия. Кроме того, при  $\tau = \tau_0 = \frac{2}{\delta + \gamma}$  мы получим оптимальное значение параметра  $\tau$ , поскольку

$$\begin{aligned} q_0 = q(\tau_0) &= \min_{0 < \tau < \frac{2}{\delta}} q(\tau) = \\ &= \min_{0 < \tau < \frac{2}{\delta}} \max\{|1 - \tau\gamma|; |1 - \tau\delta|\} = \frac{\delta + \gamma}{\delta - \gamma}. \end{aligned}$$

Вопрос о решении уравнения  $Au = f$  эквивалентен вопросу о решении уравнения  $u = g + T_0 u$ , где  $g = \tau_0 f$ ,  $T_0 = I - \tau_0 A$ . Так как  $\|T_0\| \leq q_0$ , то по теореме 2 уравнение  $u = g + T_0 u$  имеет единственное решение  $u^* \in H$ , которое является пределом последовательности  $\{u_k | k \geq 1\}$ , заданной соотношением  $u_k = g + T_0 u_{k-1}$  для всех  $k \geq 1$ , и справедлива оценка  $\|u^* - u_k\| \leq q_0^k \|u^* - u_0\|$ .

Следовательно, для любого  $f \in H$  уравнение  $Au = f$  имеет единственное решение  $u^* \in H$ . Из неравенства  $\|u^* - u_k\| \leq \left( \frac{\delta - \gamma}{\delta + \gamma} \right)^k \|u^* - u_0\|$  следует  $\|u^* - u_k\| \rightarrow 0$  при  $k \rightarrow \infty$ . При этом рекуррентную формулу для последовательности  $\{u_k | k \geq 1\}$  можно переписать в виде

$$\begin{aligned} u_k &= g + T_0 u_{k-1} = \tau_0 f + (I - \tau_0 A) u_{k-1} = \\ &= u_{k-1} + \tau_0 (f - Au_{k-1}). \quad \square \end{aligned}$$

В следующей теореме рассматривается общий итерационный процесс приближенного решения уравнений с неограниченным оператором.

**Теорема 4.** Пусть  $H$  – гильбертово пространство,  $A, B: G \rightarrow H$  – линейные операторы, удовлетворяющие условиям:

1)  $G$  плотно в  $H$  ;  
 2)  $(Au, v) = (u, Av)$  и  $(Bu, v) = (u, Bv)$   
 для любых  $u, v \in G$  ;

3) существует такое число  $\beta > 0$ , что для всех  $u \in G$  выполнено неравенство  $(Bu, u) \geq \beta(u, u)$  ;

4) оператор  $B$  имеет ограниченный обратный оператор  $B^{-1} : H \rightarrow H$  ;

5) существуют такие числа  $\gamma, \delta > 0$ , что для всех  $u \in G$  выполнены неравенства  $\gamma(Bu, u) \leq (Au, u) \leq \delta(Bu, u)$ .

Тогда для любого  $f \in H$  уравнение  $Au = f$  имеет единственное решение  $u^* \in H$  ; последовательность  $\{u_k | k \geq 1\}$ , заданная соотношением  $Bu_k = Bu_{k-1} + \tau \varepsilon_{k-1}$ , где  $\varepsilon_{k-1} = f - Au_{k-1}$  — невязка  $k-1$ -го приближения и  $\tau = \frac{2}{\delta + \gamma}$ , сходится сильно

но к точному решению  $u^*$  в гильбертовом пространстве  $H$  при любом начальном приближении  $u_0 \in G$ . При этом для всех  $k \geq 1$  справедливо неравенство

$$\|u^* - u_k\| \leq \frac{1}{\gamma\beta} \left( \frac{\delta - \gamma}{\delta + \gamma} \right)^k \|\varepsilon_0\|.$$

**Доказательство.** Рассмотрим линейный оператор  $S = \sqrt{B}$  такой, что: 1)  $S : G \rightarrow H$ ; 2)  $(Su, v) = (u, Sv)$  для любых  $u, v \in G$ ; 3)  $(Su, u) \geq 0$  для любых  $u \in G$ ; 4)  $S^2 = B$ . Тогда для любых  $u \in G$  выполнено неравенство  $(Su, u) \geq \sqrt{\beta}(u, u)$ , оператор  $S$  имеет ограниченный обратный оператор  $S^{-1} : H \rightarrow H$  и  $\text{Im}(S^{-1}) = G$ .

Рассмотрим линейный оператор  $D = S^{-1}AS^{-1}$ . Очевидно, что: 1)  $D : H \rightarrow H$ ; 2)  $(Du, v) = (u, Dv)$  для любых  $u, v \in H$ ; 3)  $(Du, u) \geq 0$  для любых  $u \in H$ . Покажем, что оператор  $D$  является ограниченным. Действительно, для любого  $u \in H$  имеем

$$(Du, u) = \left( S^{-1}(AS^{-1}u), u \right) = \left( A(S^{-1}u), S^{-1}u \right).$$

Обозначив  $S^{-1}u = v$ , мы получим  $v \in G$ , и из условия 5 теоремы следует:

$$\begin{aligned} (Du, u) &= (Av, v) \leq \delta(Bv, v) = \\ &= \delta(S^2v, v) = \delta(Sv, Sv). \end{aligned}$$

Поскольку  $Sv = u$ , то  $(Du, u) = (Av, v) \leq \delta(Sv, Sv) = \delta(u, u)$ . Следовательно,  $D : H \rightarrow H$  — ограниченный оператор. Кроме того, применив аналогичные рассуждения, мы получим неравенство

$$\begin{aligned} (Du, u) &= (Av, v) \geq \gamma(Bv, v) = \\ &= \gamma(Sv, Sv) = \gamma(u, u). \end{aligned}$$

Таким образом, оператор  $D : H \rightarrow H$  удовлетворяет всем условиям теоремы 3. Значит, для любого  $g \in H$  уравнение  $Dv = g$  имеет единственное решение  $v^* \in H$ ; последовательность  $\{v_k | k \geq 1\}$ , заданная соотношением  $v_k = v_{k-1} + \tau_0(g - Dv_{k-1})$ , где  $\tau_0 = \frac{2}{\delta + \gamma}$ , сходится сильно к точному решению  $v^*$  в гильбертовом пространстве  $H$  при любом начальном приближении  $v_0 \in H$ . При этом для всех  $k \geq 1$  справедливо неравенство

$$\|v^* - v_k\| \leq \left( \frac{\delta - \gamma}{\delta + \gamma} \right)^k \|v^* - v_0\|.$$

Полагая  $g = S^{-1}f$  и  $v_k = Su_k$ , уравнение  $Dv = g$  станет эквивалентным уравнению  $Au = f$ , и рекуррентную формулу для последовательности  $\{v_k | k \geq 1\}$  можно преобразовать в рекуррентную формулу для последовательности  $\{u_k | k \geq 1\}$  так:

$$\begin{aligned} v_k &= v_{k-1} + \tau_0(g - Dv_{k-1}) \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow Su_k &= Su_{k-1} + \tau_0(S^{-1}f - S^{-1}AS^{-1}(Su_{k-1})) \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow Su_k &= Su_{k-1} + \tau_0S^{-1}(f - Au_{k-1}) \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow S^2u_k &= S^2u_{k-1} + \tau_0(f - Au_{k-1}), \end{aligned}$$

т. е.  $Bu_k = Bu_{k-1} + \tau_0(f - Au_{k-1})$  или  $u_k = u_{k-1} + \tau_0B^{-1}(f - Au_{k-1})$ .

Следовательно, для любого  $f \in H$  уравнение  $Au = f$  имеет единственное решение  $u^* \in H$ , где  $u^* = S^{-1}v^*$ . Кроме того, из равенств

$$\begin{aligned} \|v^* - v_k\| &= \|Su^* - Su_k\| \geq \sqrt{\beta} \|u^* - u_k\|, \\ \|v^* - v_0\| &= \|Su^* - Su_0\| = \\ &= \|S^{-1}(Bu^*) - S^{-1}(Bu_0)\| \leq \\ &\leq \frac{1}{\sqrt{\beta}} \|Bu^* - Bu_0\| \leq \frac{1}{\gamma\sqrt{\beta}} \|Au^* - Au_0\| = \\ &= \frac{1}{\gamma\sqrt{\beta}} \|f - Au_0\| = \frac{1}{\gamma\sqrt{\beta}} \|\varepsilon_0\| \end{aligned}$$

мы имеем оценку

$$\begin{aligned} \|u^* - u_k\| &\leq \frac{1}{\sqrt{\beta}} \|v^* - v_k\| \leq \\ &\leq \frac{1}{\sqrt{\beta}} \left( \frac{\delta - \gamma}{\delta + \gamma} \right)^k \|v^* - v_0\| \leq \frac{1}{\gamma\beta} \left( \frac{\delta - \gamma}{\delta + \gamma} \right)^k \|\varepsilon_0\|, \end{aligned}$$

из которой следует  $\|u^* - u_k\| \rightarrow 0$  при  $k \rightarrow \infty$ .  $\square$

Рассмотрим применение общего итерационного процесса к приближенному решению краевой задачи

$$\begin{cases} -\frac{d}{dx} \left( p(x) \frac{du}{dx} \right) + q(x)u = f(x), & a < x < b, \\ u(a) = u(b) = 0, \end{cases}$$

где функции  $p(x)$  и  $q(x)$  неотрицательны и непрерывны на отрезке  $[a; b]$ ,  $p(x)$  имеет кусочно непрерывную производную на интервале  $(a; b)$  и в каждой точке отрезка  $[a; b]$  удовлетворяет неравенству  $p(x) \geq p_0 > 0$ .

Пусть  $G \subset L_2[a; b]$  состоит из действительных функций  $u(x)$ , заданных на отрезке  $[a; b]$  и удовлетворяющих следующим условиям: 1)  $u(x)$  непрерывна на отрезке  $[a; b]$ ; 2)  $u(x)$  непрерывно дифференцируема на интервале  $(a; b)$ ; 3)  $u(x)$  имеет кусочно непрерывную вторую производную на интервале  $(a; b)$ ; 4)  $u(a) = u(b) = 0$ . Тогда краевой задаче

соответствует линейный неограниченный оператор  $A: G \rightarrow L_2[a; b]$ , заданный соотношением

$$(Au)(x) = -\frac{d}{dx} \left( p(x) \frac{du}{dx} \right) + q(x)u(x).$$

Наряду с оператором  $A$  мы будем также рассматривать оператор  $B: G \rightarrow L_2[a; b]$ , где

$$(Bu)(x) = -u''(x).$$

Следующая теорема рассматривает свойства операторов  $A$ ,  $B$  и функций, принадлежащих множеству  $G$ .

**Теорема 5.** Справедливы следующие утверждения:

1) для всех  $u(x) \in G$  имеет место неравенство

$$\int_a^b (u'(x))^2 dx \geq \frac{\pi^2}{(b-a)^2} \int_a^b (u(x))^2 dx; \quad (1)$$

2) множество  $G$  всюду плотно в  $L_2[a; b]$ ;

3)  $(Au, v) = (u, Av)$  и  $(Bu, v) = (u, Bv)$  для любых  $u, v \in G$ ;

4) для всех  $u \in G$  выполнено неравенство  $(Bu, u) \geq \frac{\pi^2}{(b-a)^2} (u, u)$ ;

5) оператор  $B$  имеет ограниченный обратный оператор  $B^{-1}: L_2[a; b] \rightarrow L_2[a; b]$ , где  $B^{-1}$  – оператор Фредгольма, заданный соотношением

$$(B^{-1}u)(x) = \int_a^b K(x, t)u(t) dt,$$

$$K(x, t) = (b-a)^{-1} (b - \max\{x, t\}) (\min\{x, t\} - a);$$

6) для всех  $u \in G$  выполнены неравенства  $\gamma(Bu, u) \leq (Au, u) \leq \delta(Bu, u)$ , где  $\gamma = p_0$ ,  $\delta = \max_{x \in [a; b]} p(x) + (b-a)^2 \pi^{-2} \max_{x \in [a; b]} q(x)$ .

**Доказательство.** Для доказательства утверждения 1 разложим функцию  $u(x) \in G$  в ряд по синусам на отрезке  $[a; b]$ :

$$u(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \beta_n \sin \frac{\pi n(x-a)}{b-a}.$$

С учетом свойств функции  $u(x)$  коэффициенты  $\beta_n$  можно преобразовать следующим образом:

$$\begin{aligned} \beta_n &= \frac{2}{b-a} \int_a^b u(x) \sin \frac{\pi n(x-a)}{b-a} dx = \\ &= -\frac{2}{\pi n} u(x) \cos \frac{\pi n(x-a)}{b-a} \Big|_a^b + \\ &+ \frac{2}{\pi n} \int_a^b u'(x) \cos \frac{\pi n(x-a)}{b-a} dx = \\ &= \frac{2(b-a)}{\pi^2 n^2} u'(x) \sin \frac{\pi n(x-a)}{b-a} \Big|_a^b - \\ &- \frac{2(b-a)}{\pi^2 n^2} \int_a^b u''(x) \sin \frac{\pi n(x-a)}{b-a} dx = \\ &= -\frac{2(b-a)}{\pi^2 n^2} \int_a^b u''(x) \sin \frac{\pi n(x-a)}{b-a} dx, \end{aligned}$$

Обозначив

$$\alpha_n = \frac{2}{b-a} \int_a^b u''(x) \sin \frac{\pi n(x-a)}{b-a} dx,$$

получим  $\beta_n = -\frac{(b-a)^2}{\pi^2 n^2} \alpha_n$ , и разложение функции  $u(x)$  примет вид

$$u(x) = -\frac{(b-a)^2}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\alpha_n}{n^2} \sin \frac{\pi n(x-a)}{b-a},$$

$$x \in [a; b].$$

Тогда для любого  $x \in (a; b)$  справедливо равенство

$$u'(x) = -\frac{b-a}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\alpha_n}{n} \cos \frac{\pi n(x-a)}{b-a}.$$

Поскольку системы функций

$$\left\{ \sin \frac{\pi n(x-a)}{b-a}, n \geq 1 \right\}$$

$$\text{и} \left\{ 1, \cos \frac{\pi n(x-a)}{b-a}, n \geq 1 \right\}$$

ортогональны в пространстве  $L_{2[a;b]}$ , то

$$\begin{aligned} &\int_a^b (u(x))^2 dx = \\ &= \frac{(b-a)^4}{\pi^4} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\alpha_n^2}{n^4} \int_a^b \sin^2 \frac{\pi n(x-a)}{b-a} dx = \\ &= \frac{(b-a)^5}{2\pi^4} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\alpha_n^2}{n^4}, \\ &\int_a^b (u'(x))^2 dx = \\ &= \frac{(b-a)^2}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\alpha_n^2}{n^2} \int_a^b \cos^2 \frac{\pi n(x-a)}{b-a} dx = \\ &= \frac{(b-a)^3}{2\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\alpha_n^2}{n^2}, \end{aligned}$$

откуда следует неравенство

$$\int_a^b (u'(x))^2 dx \geq \pi^2 (b-a)^{-2} \int_a^b (u(x))^2 dx.$$

Утверждение 2 следует из свойств пространства  $L_{2[a;b]}$ , которые рассмотрены в работе [3].

Докажем утверждение 3. Действительно, для любых  $u, v \in G$  имеем

$$\begin{aligned} (Au, v) &= \int_a^b \left( -\frac{d}{dx} \left( p(x) \frac{du}{dx} \right) + q(x)u(x) \right) v(x) dx = \\ &= -p(x) \frac{du}{dx} v(x) \Big|_a^b + \int_a^b p(x) \frac{du}{dx} d(v(x)) + \\ &+ \int_a^b q(x)u(x)v(x) dx = \\ &= \int_a^b \left( p(x) \frac{du}{dx} \frac{dv}{dx} + q(x)u(x)v(x) \right) dx, \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} (u, Av) &= \int_a^b u(x) \left( -\frac{d}{dx} \left( p(x) \frac{dv}{dx} \right) + q(x)v(x) \right) dx = \\ &= -p(x) \frac{dv}{dx} u(x) \Big|_a^b + \int_a^b p(x) \frac{dv}{dx} d(u(x)) + \\ &\quad + \int_a^b q(x)u(x)v(x) dx = \\ &= \int_a^b \left( p(x) \frac{du}{dx} \frac{dv}{dx} + q(x)u(x)v(x) \right) dx, \end{aligned}$$

откуда следует равенство

$$(Au, v) = (u, Av) = \int_a^b (p(x)u'(x)v'(x) + q(x)u(x)v(x)) dx. \quad (2)$$

Аналогично доказываем

$$(Bu, v) = (u, Bv) = \int_a^b u'(x)v'(x) dx. \quad (3)$$

Утверждение 4 следует непосредственно из неравенства (1) и соотношения (3):

$$\begin{aligned} (Bu, u) &= \int_a^b (u'(x))^2 dx \geq \\ &\geq \frac{\pi^2}{(b-a)^2} \int_a^b (u(x))^2 dx = \frac{\pi^2}{(b-a)^2} (u, u). \end{aligned}$$

Утверждение 5 следует из общей теории решения краевых задач для уравнений второго порядка, согласно которой решение краевой задачи

$$\begin{cases} -u'' + q(x)u = f(x), & a < x < b, \\ u(a) = u(b) = 0 \end{cases}$$

можно представить в виде

$$u(x) = \int_a^b K(x, t) f(t) dt,$$

где  $K(x, t)$  – функция Грина. Функцию  $K(x, t)$  мы ищем в виде

$$K(x, t) = \begin{cases} \varphi(t)y_1(x), & a \leq x \leq t, \\ \psi(t)y_2(x), & t \leq x \leq b, \end{cases}$$

где  $K(x, t)$  удовлетворяет условиям:

- 1)  $\lim_{x \rightarrow t+0} K(x, t) = \lim_{x \rightarrow t-0} K(x, t)$ ;
- 2)  $\lim_{x \rightarrow t+0} \frac{\partial K}{\partial x}(x, t) - \lim_{x \rightarrow t-0} \frac{\partial K}{\partial x}(x, t) = -1$ .

Полагая  $y_1(x) = x - a$  и  $y_2(x) = b - x$ , находим

$$K(x, t) = \frac{1}{b-a} \begin{cases} (b-t)(x-a), & a \leq x \leq t, \\ (t-a)(b-x), & t \leq x \leq b. \end{cases}$$

Докажем утверждение 6. Действительно, пусть  $p^* = \max_{x \in [a; b]} p(x)$  и  $q^* = \max_{x \in [a; b]} q(x)$ . Тогда из неравенства (1)

и соотношений (2), (3) имеем:

$$\begin{aligned} (Au, u) &= \int_a^b (p(x)(u'(x))^2 + q(x)(u(x))^2) dx \leq \\ &\leq p^* \int_a^b (u'(x))^2 dx + q^* \int_a^b (u(x))^2 dx \leq \\ &\leq (p^* + (b-a)^2 \pi^{-2} q^*) \int_a^b (u'(x))^2 dx = \\ &= (p^* + (b-a)^2 \pi^{-2} q^*) (Bu, u); \\ (Au, u) &= \int_a^b (p(x)(u'(x))^2 + q(x)(u(x))^2) dx \geq \\ &\geq p_0 \int_a^b (u'(x))^2 dx = p_0 (Bu, u). \quad \square \end{aligned}$$

В следующей теореме изучается вопрос приближенного решения некоторых краевых задач с помощью общего стационарного итерационного процесса.

**Теорема 6.** Пусть дана краевая задача

$$\begin{cases} -\frac{d}{dx} \left( p(x) \frac{du}{dx} \right) + q(x)u = f(x), & a < x < b, \\ u(a) = u(b) = 0, \end{cases} \quad (4)$$

где функции  $p(x)$  и  $q(x)$  неотрицательны и непрерывны на отрезке  $[a; b]$ ,  $p(x)$  имеет кусочно непрерывную производную на интервале  $(a; b)$  и в каждой точке отрезка  $[a; b]$  удовлетворяет неравенству  $p(x) \geq p_0 > 0$ .

Тогда для любой функции  $f(x) \in L_2[a; b]$  краевая задача (4) имеет единственное решение  $u^*(x) \in L_2[a; b]$ , и его можно найти как предел  $u^*(x) = \lim_{k \rightarrow \infty} u_k(x)$ , где последовательность  $\{u_k | k \geq 1\} \subset G$  задана соотношениями

$$u_k(x) = u_{k-1}(x) + \frac{\tau}{b-a} \times \int_a^b (b - \max\{x, t\})(\min\{x, t\} - a) \varepsilon_{k-1}(t) dt,$$

$$\varepsilon_{k-1}(x) = f(x) + \frac{d}{dx} \left( p(x) \frac{du_{k-1}}{dx} \right) - q(x) u_{k-1}(x) -$$

невязка  $k-1$ -го приближения,  $\tau = \frac{2}{\delta + \gamma}$ ,  $\gamma = p_0$ ,

$\delta = \max_{x \in [a; b]} p(x) + (b-a)^2 \pi^{-2} \max_{x \in [a; b]} q(x)$ ,  $u_0 \in G$  – произвольное начальное приближение. При этом для всех  $k \geq 1$  справедливо не-

равенство  $\|u^* - u_k\| \leq \frac{1}{\gamma \beta} \left( \frac{\delta - \gamma}{\delta + \gamma} \right)^k \|\varepsilon_0\|$ , где

$$\beta = \frac{\pi^2}{(b-a)^2}.$$

Доказательство теоремы 6 следует непосредственно из теорем 4 и 5.

### Цитированная литература

1. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. – М.: Наука, 1976. – 544 с.
2. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. – М.: Наука, 1977. – 456 с.
3. Натансон И.П. Теория функций вещественной переменной. – М.: Наука, 1974. – 480 с.

УДК 517.518.13

## СИМВОЛ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ АЛГЕБР, ПОРОЖДЕННЫХ СИНГУЛЯРНЫМИ ИНТЕГРАЛЬНЫМИ ОПЕРАТОРАМИ

Г.И. Ворническу

*Изучается вопрос о банаховых алгебрах, имеющих скалярный символ, и рассматриваются примеры таких алгебр. Вводится понятие эквивалентности для банаховых алгебр, порожденных линейными и ограниченными операторами, которое позволяет расширить понятие символа, определенного на некоторой алгебре, эквивалентной данной.*

**Ключевые слова:** банахова алгебра, достаточные системы функционалов, символ оператора, нетеровы операторы, эквивалентные алгебры, сингулярный интегральный оператор.

## SYMBOL OF EQUIVALENT ALGEBRAS GENERATED BY SINGULAR INTEGRAL OPERATORS

G.I. Vornichesku

*The article deals with the question of Banach algebras that have a scalar symbol, and examples of such algebras are considered. The notion of equivalence is presented for Banach algebras generated by linear and bounded operators, which allows extending the notion of a symbol defined on some algebra equivalent to a given one.*

**Keywords:** banach algebras, sufficient functional systems, symbol of operator, operator of Noether, equivalent algebras, singular integral operator.

Пусть  $\mathfrak{A}$  – банахова алгебра с единицей  $e$  и  $G(\mathfrak{A})$  – группа элементов, обратимых в алгебре  $\mathfrak{A}$ . Известно [1, с. 197], что пересечение всех максимальных идеалов алгебры  $\mathfrak{A}$  называется ее радикалом и обозначается  $R(\mathfrak{A})$ . Некоторый элемент  $x_0$  принадлежит радикалу  $R(\mathfrak{A})$  тогда и только тогда, когда  $e + ux_0 \in G(\mathfrak{A})$  для любого  $u \in \mathfrak{A}$ . Радикал  $R(\mathfrak{A})$  является двусторонним и замкнутым идеалом в алгебре  $\mathfrak{A}$ .

Пусть  $\mathfrak{A}$  есть коммутативная банахова алгебра и  $\mathfrak{M}$  – множество всех максимальных идеалов из  $\mathfrak{A}$ . Обозначим  $f_M (M \in \mathfrak{M})$  мультипликативный функционал на  $\mathfrak{A}$ , соответствующий максимальному идеалу  $M \in \mathfrak{M}$  ( $\ker f_M = M$ ). Таким образом [1, с. 107], элемент  $x$  является обратимым в алгебре  $\mathfrak{A}$  тогда и только тогда, когда  $f_M \neq 0$  для всех  $M \in \mathfrak{M}$ , т. е.

$$x \in G(\mathfrak{A}) \Leftrightarrow f_M \neq 0, \forall M \in \mathfrak{M}.$$

К тому же спектр  $\sigma(x)$  элемента  $x$  совпадает с множеством значений функции  $f_M(x)$ ,  $M \in \mathfrak{M}$ :  $\sigma(x) = \{f_M(x)\}_{M \in \mathfrak{M}}$ .

*Определение 1.* Система  $\{f_M(x)\}$  мультипликативных функционалов, определенных на алгебре  $\mathfrak{A}$ , называется достаточной системой функционалов, если она удовлетворяет условию

$$x \in G(\mathfrak{A}) \Leftrightarrow f_M \neq 0, \forall M \in \mathfrak{M}.$$

Для любой коммутативной банаховой алгебры определена достаточная система мультипликативных функционалов. Существуют, однако, и некоммутативные алгебры, имеющие достаточные системы функционалов. Примером такой алгебры может служить алгебра, порожденная множеством числовых матриц вида

$$\mathfrak{A} = \left\{ \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \right\}, a_{ij} \in \mathbb{C}.$$

Функционалы  $f_1(a) = a_{11}$ ,  $f_2(a) = a_{22}$ , очевидно, образуют достаточную систему мультипликативных функционалов.

*Теорема 1.* Алгебра  $\mathfrak{A}$  имеет достаточную систему мультипликативных функционалов тогда и только тогда, когда из условия  $u \in G(\mathfrak{A})$  следует, что  $u + z \in G(\mathfrak{A})$  для любого  $z = xu - ux$ ,  $x, u \in \mathfrak{A}$ .

*Доказательство.* Пусть  $\mathfrak{A}$ -алгебра имеет достаточную систему мультипликативных функционалов,  $u, x, y \in \mathfrak{A}$ ,  $z = xu - ux$ , тогда  $z \in R(\mathfrak{A})$ . Следовательно,  $u + z \in G(\mathfrak{A})$ . Чтобы доказать обратное, достаточно показать, что если для любого  $u \in G(\mathfrak{A})$  верно  $u + z \in G(\mathfrak{A})$ , а значит,  $z \in R(\mathfrak{A})$ . Пусть  $u \in \mathfrak{A}$ ,  $\lambda \in \rho(u)$  и  $z$  удовлетворяет следующему свойству:  $u + z \in G(\mathfrak{A})$ . Тогда  $e + uz = (u - \lambda e) \left[ (u - \lambda e)^{-1} + z \right] + \lambda z$ . Отсюда следует, что  $e + uz \in G(\mathfrak{A})$ , т. е.  $z \in R(\mathfrak{A})$ . Теорема доказана.

Рассмотрим несколько примеров.

*Пример 1.* Пусть  $A \in L(\mathfrak{B})$  и  $A^{n+1} = 0$  для некоторого  $n \in \mathbb{N}$ . Обозначим через  $\mathfrak{A} = \{\alpha_0 I + \alpha_1 A + \dots + \alpha_n A^n\} \in L(\mathfrak{B})$ , где  $\alpha_k \in \mathbb{C}$ . В этом примере  $R(\mathfrak{A}) = \{\alpha_0 I + \alpha_1 A + \dots + \alpha_n A^n\}$  – коммутативная алгебра и, значит, имеет достаточную систему мультипликативных функционалов. Эта система состоит из единственного функционала  $f$ , определенного следующим образом:

$$f = \alpha_0 I + \alpha_1 A + \dots + \alpha_n A^n = \alpha_0.$$

Оператор  $B = \alpha_0 I + \alpha_1 A + \dots + \alpha_n A^n$  обратим в  $\mathfrak{A}$  тогда и только тогда, когда  $\alpha_0 \neq 0$ . Заметим также, что оператор  $B$  обратим в алгебре  $\mathfrak{A}$  тогда и только тогда, когда он обратим во всей алгебре  $L(\mathfrak{A})$ .

*Определение 2.* Достаточная система мультипликативных функционалов  $\{f_M\}$  называется симметричной, если для любого элемента  $x \in \mathfrak{A}$  существует элемент  $x^* \in \mathfrak{A}$  такой, что выполняется  $f(x^*) = f(x)$  для любого функционала  $f \in \{f_M\}$ .

*Пример 2.* Пусть  $A \in L(\mathfrak{B})$  и  $A^{n+1} = I$  для некоторого  $n \in \mathbb{N}$  и  $\mathfrak{A}$  – алгебра, порожденная оператором  $A$ :

$$\mathfrak{A} = \{ \alpha_0 I + \alpha_1 A + \dots + \alpha_n A^n \}.$$

Алгебра  $\mathfrak{A}$  является коммутативной,  $f(A^k) \cdot f(A^{n+1-k}) = 1$  и  $|f(A^k)| = 1$  для любого мультипликативного функционала  $f$ . Следовательно,  $f(A^{n+1-k}) = \overline{f(A^k)}$  и в общем случае

$\sum f(\bar{\alpha}_k A^{m+1-k}) = \overline{f(\sum \alpha_k A^k)}$ . Таким образом, алгебра  $\mathfrak{A}$  является симметричной. Достаточная система функционалов для этой алгебры образована мультипликативными функционалами вида

$$f_p \left( \sum_{k=0}^n \alpha_k A^k \right) = \sum_{k=0}^n \alpha_k \lambda_p^k, \quad \lambda_p \in \sigma(A).$$

Если оператор  $B \in \mathfrak{A}$  имеет вид  $B = \sum_{k=0}^n \alpha_k A^k$ , то

$$B \in G(\mathfrak{A}) \Leftrightarrow B \in G(L(\mathfrak{B})) \Leftrightarrow f_p \neq 0$$

для любого  $p$ .

*Пример 3.* Пусть  $\mathfrak{B} = L_2(a, b)$  и  $\mathfrak{A}$  – подалгебра алгебры  $L(\mathfrak{B})$ , порожденная сингулярным интегральным оператором

$$(S\varphi)(t) = \frac{1}{\pi i} \int_a^b \frac{\varphi(\tau)}{\tau - t} d\tau, \quad t \in (a, b).$$

Из равенства  $S^* = S$  [2, с. 40] следует, что  $\mathfrak{A}$  есть симметричная подалгебра. Спектр оператора  $S$  в алгебре  $\mathfrak{A}$  совпадает с его спектром в алгебре  $L(\mathfrak{B})$  и соответствует отрезку  $[-1; 1]$ . Любой мультипликативный функционал определен некоторой точкой  $\tau \in [-1; 1]$ :

$$f_\tau \left( \sum_{k=0}^n \alpha_k S^k \right) = \sum_{k=0}^n \alpha_k \tau^k.$$

В частности, для оператора  $A = \alpha I + \beta S$ ,  $(\alpha, \beta) \in \mathbb{C}$  имеем:

$$A \in G(\mathfrak{A}) \Leftrightarrow A \in G(L(\mathfrak{B})) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow f_\tau(A) = \alpha + \beta\tau, \quad \forall \tau \in [-1; 1].$$

*Определение 3.* Пусть  $\mathfrak{A}$  есть банахова алгебра операторов. Говорят, что  $\mathfrak{A}$  является алгеброй с символом, если существует система мультипликативных функционалов  $\{f_M\}$ ,  $(M \in \tau)$  такая, что для любого оператора имеет место утверждение:

$$A - \text{нетеров оператор} \Leftrightarrow f_M(A) \neq 0, \quad \forall M \in \tau.$$

Если алгебра  $\mathfrak{A} \in L(\mathfrak{B})$  имеет символ, то и на алгебре  $\mathfrak{A}^n \in L(\mathfrak{B}^n)$  также можно определить символ, но матричный.

Матричный символ появляется также в случае, когда расширяем алгебру  $\mathfrak{A}$ , добавляя, например, операторы со сдвигом.

Пусть  $\Gamma$  – кусочно ляпуновский контур и  $\mathfrak{B} = L_p(\Gamma, \rho)$ ,  $1 < p < \infty$ . Обозначим  $\mathfrak{A}_{pp}$  минимальную подалгебру алгебры  $L(\mathfrak{B})$ , содержащую все операторы  $(H\varphi)(t) = h(t)\varphi(t)$  умножения на функции  $h \in CP(\Gamma)$ , сингулярный интегральный оператор  $S$  и все операторы  $T \in \mathfrak{T}(\mathfrak{B})$ .

Покажем, что на этой алгебре нельзя определить скалярный символ. Действительно, в случае существования некоторого скалярного символа получим, что для нетерова оператора  $C \in \mathfrak{A}_{pp}$  и любых двух операторов  $A, B \in \mathfrak{A}_{pp}$  оператор  $C + AB - BA$  также должен быть нетеровым. Это следует из дальнейшего. Пусть  $\{f_M\}$ ,  $(M \in \tau)$  – скалярный символ на алгебре  $\mathfrak{A}_{pp}$  и  $T = AB - BA$ . Так как  $f_M(C + M) = f_M(C)$ ,  $\forall M \in \alpha$ , получим, что

$$f_T(C + T) \neq 0 \Leftrightarrow f(C) \neq 0.$$

Так как  $C$  – оператор Нетера, то  $C + T$  также является нетеровым для всех операторов  $A, B \in \mathfrak{A}_{pp}$ . В частности, оператор  $A = \lambda I + aS - Sa$  должен быть нетеровым

для любого  $\lambda \in \mathbb{C} \setminus \{0\}$  и любой функции  $a \in CP(\Gamma)$ . Это согласно теореме 2.1 [3, с. 946] эквивалентно утверждению, что оператор

$$\tilde{A} = \begin{vmatrix} I & aI \\ S & \lambda I + QS \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & a \\ 1 & \lambda + a \end{vmatrix} P + \begin{vmatrix} 1 & a \\ -1 & \lambda - a \end{vmatrix} Q,$$

$$P = \frac{1}{2}(I + S), \quad Q = \frac{1}{2}(I - S)$$

является нетеровым в  $\mathfrak{A}_{pp}$  для любого  $\lambda \neq 0$ . Вследствие теоремы 2.1 [3, с. 946] матрица

$$C = \begin{vmatrix} 1 & a \\ -1 & \lambda - a \end{vmatrix}^{-1} \begin{vmatrix} 1 & a \\ 1 & \lambda + a \end{vmatrix}$$

должна быть  $pp$ -несингулярной. Пусть  $t_0 \in \Gamma$  – точка разрыва функции  $a$ . Так как

$$C = \lambda^{-1} \begin{vmatrix} \lambda - 2a & -2a^2 \\ 2 & 2a + \lambda \end{vmatrix},$$

$$\text{то } \det C_{pp}(t_0, \mu) = \lambda^{-2} f(t_0, \mu)(1 - f(t_0, \mu)) \times \\ \times (a(t_0 + 0) - a(t_0 - 0))^2 + \dots$$

для всех

$$\lambda = (a(t_0 + 0) - a(t_0 - 0)) \times \\ \times \sqrt{f(t_0, \mu)(f(t_0, \mu) - 1)} \neq 0.$$

Таким образом, на алгебре  $\mathfrak{A}_{pp}$  не может быть определен скалярный символ. Заметим, однако, что если считать алгебру  $\mathfrak{A}_{pp}$  алгеброй, порожденной операторами  $aP + bQ$  с непрерывными коэффициентами, то на  $\mathfrak{A}_{pp}$  можем определить скалярный символ. А именно если  $A = aP + bQ$ , то функционалы  $f_t^{(1)}(A) = a(t)$  и  $f_t^{(2)}(A) = b(t)$  образуют достаточную систему (т. е. символ).

Утверждение следует из [3, с. 951]:

Оператор  $C + AB - BA$  – нетеров  $\Leftrightarrow$   $C$  – нетеров для любых  $A, B \in \mathfrak{A}_{pp}$ .

Вернемся теперь к алгебре  $\mathfrak{A}_{pp}$ , порожденной операторами вида  $A = aP + bQ$ ,  $a, b \in CP(\Gamma)$ , и определим матричный символ данной алгебры. Для этого используем результаты из [3].

Пусть  $\Gamma$  – замкнутый кусочно-ляпуновский контур. Обозначим через  $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$  все угловые точки с углами  $\pi\alpha_k$  ( $0 < \alpha_k < 1$ ), ( $k = 1, 2, \dots, n$ ) и

$$\rho(t) = \prod_{k=1}^n |t - \tau_k|^{\beta_k}, \quad (-1 < \beta_k < p - 1),$$

где  $t_k = \tau_k$  для  $k = 1, 2, \dots, n$ .

Обозначим через  $\sum(\Gamma, \rho) \subset L(L_p(\Gamma, \rho))$  алгебру, порожденную операторами  $(H\varphi)(t) = h(t)\varphi(t)$ ,  $h \in CP(\Gamma)$  и оператором  $S = S_\Gamma$ . Из [3, с. 960] следует, что  $\mathfrak{T}(L_p(\Gamma, \rho)) \in \sum(\Gamma, \rho)$ . Очевидно, что для определения символа на алгебре  $\mathfrak{A}_{pp}$  достаточно определить символ для операторов  $H$  и  $S$ . Пусть  $h \in CP(\Gamma)$  и  $(H\varphi)(t) = h(t)\varphi(t)$ . Символом оператора  $H$  назовем матрицу вида

$$h(t, \xi) = \begin{vmatrix} h(t+0) & 0 \\ 0 & h(t+0) \end{vmatrix}, \quad t \in \Gamma. \quad (1)$$

Символ  $S(t, \xi)$ , ( $t \in \Gamma, \xi \in \bar{\mathbb{R}}$ ) оператора  $S$  определим следующим образом:

$$S(t, \xi) = \begin{vmatrix} cth\pi(\xi + i\gamma(t)) & -\frac{e^{(\alpha(t)-1)\pi(\xi + i\gamma(t))}}{sh\pi(\xi + i\gamma(t))} \\ \frac{e^{(1-\alpha(t))\pi(\xi + i\gamma(t))}}{sh\pi(\xi + i\gamma(t))} & -cth\pi(\xi + i\gamma(t)) \end{vmatrix}, \quad (2)$$

где  $\alpha(t) = \alpha_k$  для  $t = \tau_k$  ( $k = 1, 2, \dots, n$ ) и  $\alpha(t) = 1$  для  $t \in \Gamma / \{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n\}$ ,  $\gamma(t) = \frac{1 + \beta_k}{p}$  для  $t = \tau_k$  ( $k = 1, 2, \dots, m$ ) и  $\gamma(t) = \frac{1}{p}$  для  $t \in \Gamma / \{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_m\}$ ,  $m > n$ .

Теорема 2 [4, с. 12]. Пусть оператор  $A \in \sum(\Gamma, \rho)$  и  $A(t, \xi)$  – его символ. Опе-

ратор  $A$  является оператором Нетера, если  $\det A(t, \xi) \neq 0$ , ( $t \in \Gamma$ ,  $\xi \in \bar{\mathbb{R}}$ ).

Заметим, что если контур  $\Gamma$  незамкнутый и образует в точке  $t_0 = \infty$  угол  $\pi\alpha_0$ , ( $0 < \alpha_0 < \infty$ ), то в этом случае символ операторов  $H$  и  $S$  в любой точке  $t \neq t_0$  определяется по формулам (1), (2), а в самой точке  $t_0 = \infty$  имеем:

$$h(\infty, \xi) = \begin{vmatrix} h(\infty+0) & 0 \\ 0 & h(\infty+0) \end{vmatrix},$$

$$S(\infty, \xi) = \begin{vmatrix} cth\pi(\xi + i\gamma_0) & -\frac{e^{(\alpha_0-1)\pi(\xi+i\gamma_0)}}{sh\pi(\xi+i\gamma_0)} \\ \frac{e^{(1-\alpha_0)\pi(\xi+i\gamma_0)}}{sh\pi(\xi+i\gamma_0)} & -cth\pi(\xi+i\gamma_0) \end{vmatrix},$$

$$\text{где } \gamma_0 = \frac{p-1 - \sum_{k=1}^n \beta_k - \beta}{p}.$$

В случае незамкнутого контура функция  $\rho$  имеет вид:

$$\rho(t) = |t|^\beta \prod_{k=1}^n |t - t_k|^{\beta_k}, \quad -1 < \beta_k < p-1,$$

$$-1 < \beta + \sum_{k=1}^n \beta_k < p-1.$$

Таким образом, теорема имеет место для любого оператора  $A \in \mathfrak{A}_{pp}$ .

Введем теперь понятие эквивалентности двух алгебр.

*Определение 4.* Пусть  $\mathfrak{A}_1$  и  $\mathfrak{A}_2$  — две подалгебры операторов  $\mathfrak{A}_1 \in L(\mathfrak{B}_1)$ ,  $\mathfrak{A}_2 \in L(\mathfrak{B}_2)$ . Говорят, что алгебры  $\mathfrak{A}_1$  и  $\mathfrak{A}_2$  эквивалентны, если существует некоторый обратимый оператор  $M \in L(\mathfrak{B}_1, \mathfrak{B}_2)$  такой, что множество операторов вида  $MAM^{-1}$ , где  $A \in \mathfrak{A}_1$ , совпадает с алгеброй  $\mathfrak{A}_2$ .

Очевидно, что если оператор  $MAM^{-1}$  — нетеров (обратим) в алгебре  $\mathfrak{A}_2$ , то оператор  $A$  будет нетеровым в алгебре  $\mathfrak{A}_1$ , и

наоборот. Изучим случай, при котором алгебра  $\mathfrak{A}_2$  является алгеброй с символом. Здесь естественно определить символ и на алгебре  $\mathfrak{A}_1$ , а именно: символом оператора  $A \in \mathfrak{A}_1$  назовем символ оператора  $MAM^{-1} \in \mathfrak{A}_2$ . Очевидно, что оператор  $A$  — нетеров, если его символ отличен от нуля. В качестве алгебры с символом возьмем алгебру  $\Sigma(\Gamma, h)$ , порожденную интегральными сингулярными операторами с кусочно-непрерывными коэффициентами в пространстве  $L_p(\Gamma, \rho)$ , контур интегрирования может быть как ограниченным, так и неограниченным [5].

*Теорема 3.* Пусть  $\mathbb{R}^+ = [0, \infty)$ ,  $\rho(x) = x^\beta$  ( $-1 < \beta < p-1$ ) и  $\Gamma_0 = [0, 1]$ ,  $\rho_0(t) = t^\beta |t-1|^{p-\beta-2}$ ,  $1 < p < \infty$ . Алгебра  $\mathfrak{A}_1 = \Sigma(\mathbb{R}^+, \rho)$  эквивалентна алгебре  $\mathfrak{A}_2 = \Sigma(\Gamma_0, \rho_0)$ .

*Доказательство.* Рассмотрим оператор  $M$ , определенный следующим образом:

$$(M\varphi)(t) = \frac{1}{1-t} \varphi\left(\frac{t}{t-1}\right), \quad t \in \Gamma_0.$$

Очевидно, оператор  $M$  является линейным. Пусть  $\varphi \in L_p(\mathbb{R}^+, \rho)$ , тогда

$$\|M\varphi\|_{L_p(\Gamma_0, \rho_0)} =$$

$$= \left( \int_0^1 \left| \varphi\left(\frac{t}{t-1}\right) \right|^p \frac{1}{|1-t|^p} |t|^\beta |t-1|^{p-\beta-2} dt \right)^{1/p} =$$

$$= \left( \int_0^\infty |\varphi(x)|^p |x|^\beta dx \right)^{1/p} = \|\varphi\|_{L_p(\mathbb{R}^+, \rho)}.$$

Таким образом,  $M$  представляет изометрию пространства  $L_p(\mathbb{R}^+, \rho)$  на пространство  $L_p(\Gamma_0, \rho_0)$ . Также  $MAM^{-1} = a_0 I$ ,  $a \in CP(\mathbb{R}^+)$ ,  $a_0(t) = a\left(\frac{t}{t-1}\right) \in CP(\Gamma_0)$ . Вычислим  $MS_{\mathbb{R}^+}M^{-1}$ . Пусть  $\varphi \in L_p(\mathbb{R}^+, \rho)$  — дифференцируемая функция. Тогда



$$(MS_{\mathbb{R}^+} \varphi)(t) = \frac{1}{\pi i (1-t)} \int_0^{\infty} \frac{\varphi(x)}{x - \frac{t}{1-t}} dx =$$

$$= \frac{1}{\pi i} \int_0^1 \frac{(M\varphi)(\tau)}{\tau - t} d\tau = S_0 M\varphi,$$

где  $S_0 = S_{\Gamma_0}$ .

Таким образом,  $MS_{\mathbb{R}^+} M^{-1} \in \Sigma(\Gamma_0, \rho_0)$ . Из полученного выше следует, что  $MAM^{-1} \in \Sigma(\Gamma_0, \rho_0)$  для любого оператора  $A \in \Sigma(\mathbb{R}^+, \rho)$ . Аналогично можно показать, что для любого оператора  $B \in \Sigma(\Gamma_0, \rho_0)$  оператор  $MBM^{-1}$  принадлежит алгебре  $\Sigma(\mathbb{R}^+, \rho)$ . Теорема доказана.

Алгебра  $\Sigma(\Gamma_0, \rho_0)$  является алгеброй с симметричным символом. Определяя символ оператора  $A \in \Sigma(\mathbb{R}^+, \rho)$  через символ оператора  $MAM^{-1} \in \Sigma(\Gamma_0, \rho_0)$ , получим, что алгебра  $\Sigma(\mathbb{R}^+, \rho)$  также является алгеброй с симметричным символом.

Рассмотрим подробнее случай, когда коэффициенты операторов из алгебры  $\Sigma(\mathbb{R}^+, \rho)$  являются непрерывными функциями (предполагаем, что существует конечный предел  $\lim_{x \rightarrow \infty} a(x)$ ) [6]. Итак, пусть оператор  $A \in \Sigma(\mathbb{R}^+, \rho)$  имеет вид  $A = aI + bS_{\mathbb{R}}$ , тогда  $MAM^{-1} = a_0I + b_0S_0$ , где  $f_0(t) = f\left(\frac{t}{1-t}\right)$ . Из [2] запишем символ оператора  $A_0 = MAM^{-1} \in \Sigma(\Gamma_0, \rho_0)$ . Получим следующее:

$$A_0(t, z) = a_0(t) + b_0(t)\Omega(t, z),$$

где

$$\Omega(t, z) = \begin{cases} \frac{z(1+a^2) - i(1-z^2)a}{1+z^2a^2}, & t=0, t=1, \\ z, & 0 < t < 1; \end{cases}$$

$a = cth \frac{1+\beta}{p} \pi$  и точка  $(t, z)$  проходит границу прямоугольника  $[0,1] \times [-1,1]$ .

Обозначим  $t = \frac{x}{x+1}$  ( $x \in \mathbb{R}^+$ ) и

$$z = \frac{e^{2\pi\xi} - 1}{e^{2\pi\xi} + 1}, \quad \xi \in \bar{\mathbb{R}}.$$

Тогда если точка  $(x, \xi)$  проходит границу множества  $X = [0, \infty] \times [-\infty; +\infty]$ , то соответствующая точка  $(t, z)$  проходит границу прямоугольника  $[0,1] \times [-1,1]$ . В этом случае символ  $A(x, \xi)$  оператора  $A$  может быть выражен в форме

$$A(x, \xi) = a(x) + b(x)\psi(x, \xi),$$

где

$$\psi(x, \xi) = \begin{cases} \frac{e^{2\pi(\xi+i\gamma)} + 1}{e^{2\pi(\xi+i\gamma)} - 1}, & x=0, \quad x=\infty, \\ \frac{e^{2\pi\xi} - 1}{e^{2\pi\xi} + 1}, & 0 < x < 1, \end{cases}$$

$$\gamma = \frac{1+\beta}{p}.$$

Таким образом доказали следующую теорему.

*Теорема 4.* Оператор  $A = aI + bS_{\mathbb{R}}$  является нетеровым в пространстве  $L_p(\mathbb{R}^+, \rho)$  тогда и только тогда, когда

$$A(x, \xi) \neq 0 \quad ((x, \xi) \in X).$$

При данном условии  $IndA = IndA(x, \xi)$ , где  $IndA(x, \xi)$  равен числу оборотов непрерывной кривой  $A(x, \xi)$  вокруг точки 0 тогда, когда точка  $(x, \xi)$  описывает один раз границу множества  $X$  в положительном направлении.

### Цитированная литература

1. **Наймарк М.Ф.** Нормированные кольца. – М., Наука, 1968.
2. **Гохберг И.Ц., Крупник Н.Я.** Введение в теорию одномерных сингулярных интегральных операторов. – Кишинев: Штиинца, 1973.



3. **Гохберг И.Ц., Крупник Н.Я.** Сингулярные интегральные операторы с кусочно-непрерывными коэффициентами и их символы // Изв. АН СССР. Сер.: Математика. – 1971. – Т. 35, № 4. – С. 940–964.
4. **Neaga V.** Conditii noetheriene si simbolurile operatorilor integrali singulari in cazul conturului Leapunov pe portiuni si nemarginit // Autoreferatul tezei de doctor habilitat in stiinte f.m. – Chisinau, 2003. – 36 p.
5. **Ворническу Г.И.** О символе операторов с кусочно-непрерывными коэффициентами // Матер. VIII Междунар. конф. «Математическое моделирование в образовании, науке и производстве». – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2013.
6. **Ворническу Г.И.** Непрерывность сингулярного интегрального оператора в случае сложного контура в пространствах  $L_p$  с весом // Вестник Приднестр. ун-та. Сер.: Физико-математические и технические науки. 2017. – № 3(57). – С. 63–67 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://spsu.ru/images/files/science/vestnik/Vestnik\\_2017\\_3\\_57.pdf](http://spsu.ru/images/files/science/vestnik/Vestnik_2017_3_57.pdf).
-

## ИНЖЕНЕРИЯ. ИНФОРМАТИКА

УДК 621.31+519.6(075.8)

### ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕДАЧИ МОЩНОСТИ ПО МНОГОПРОВОДНЫМ ЛИНИЯМ

*Ф.М. Ерхан, В.К. Римский, М.С. Тыршу*

*Статья посвящена проблемам передачи мощности по многопроводным линиям электропередачи. Получено точное аналитическое решение для полубесконечной линии с потерями при произвольной форме входного напряжения. Приведены результаты модельных расчетов, которые наглядно иллюстрируют безальтернативность PaPuRi-алгоритма, представленного в виде ЭВМ-программы в среде приложения Matlab. На основе решений телеграфных уравнений рассмотрены некоторые возможности повышения передаваемой мощности и КПД линий постоянного напряжения (тока).*

**Ключевые слова:** *полубесконечные линии, многопроводные линии, телеграфные уравнения, переходные и установившиеся процессы, PaPuRi-алгоритм, генерируемая и передаваемая мощность, КПД, взаимная индуктивность проводов.*

### PECULIARITIES OF POWER TRANSMISSION THROUGH MULTIWIRES LINES

*F.M. Erkhan, V.K. Rimskii, M.S. Tyrshu*

*The article is dedicated to the problems of power transmission on multiwire lines of electricity transmission. It is obtained the exact analytical decision for semi infinite line with loss in arbitrary form of input voltage. The results of model calculations are given which illustrated that there is no alternative of PaPuRi-algorithm, presented as a computer program in Matlab. Based on the solutions of the telegraph equations, some possibilities of increasing the transmitted power and the efficiency of constant voltage (current) lines are considered.*

**Keywords:** *semi-infinite lines, multi-wire lines, telegraph equations, transient and steady state processes, PaPuRi-algorithm, generated and transmitted power, efficiency, mutual inductance of wires.*

По ряду технико-экономических показателей линии постоянного тока выгоднее передач переменного тока, если длина электропередачи превышает 1600–2000 км. Устойчивость систем является основным фактором, ограничивающим пропускную способность электропередач переменного

тока большой протяженности, близкой к четверти длины волны (1500 км при промышленной частоте 50 Гц или 1250 км при частоте 60 Гц). Не случайно согласно концепции развития электроэнергетической системы США в период с 2010 по 2030 г. в структуре межрегиональных и региональ-

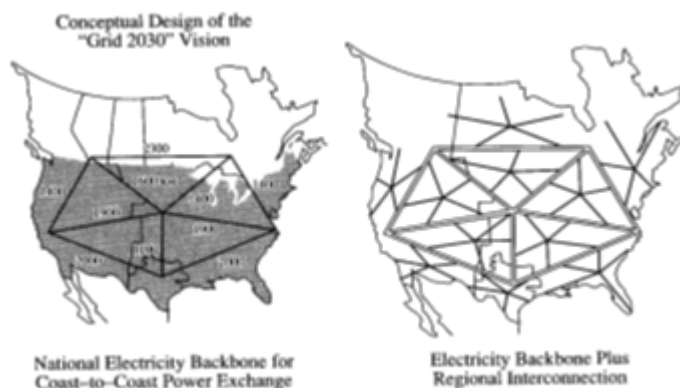


Рис. 1. Структура межрегиональных и региональных связей электропередач постоянного тока согласно концепции развития электроэнергетической системы США в 2010–2030 гг. [1]

ных связей длина электропередач постоянного тока (ЭПТТ) варьируется от 1100 до 2300 км (рис. 1).

Актуальность проблемы технической реализуемости ЛЭП, которые могут быть применены в качестве межконтинентальных электрических связей, отмечалась и в свете обсуждения идеи создания планетарной электроэнергетической системы [2]. По мнению авторов, основные параметры – длина, мощность и рабочее напряжение должны находиться в диапазонах: 1500–7500 км; 10–20 ГВт; 2000–2500 кВ переменного или постоянного напряжения. По соображениям надежности рекомендуется межконтинентальные связи выполнять многоцепными, хотя на первом этапе их сооружения даже одноцепные связи могут быть достаточно эффективными.

К настоящему времени процессы передачи мощности по электрическим цепям с распределенными и сосредоточенными элементами изучены крайне слабо. В учебниках и специальной литературе в основном рассматривается расчет установившихся режимов с помощью метода комплексных амплитуд (МКА), предложенного академиком В.Ф. Миткевичем еще в начале прошлого века. Но даже столь универсальный подход временами

дает сбои, поскольку далеко не всегда при синусоидальном входном напряжении или токе в цепи формируется установившийся синусоидальный режим [1]. Если в цепи, например, отсутствуют потери на эффект Джоуля–Ленца, то в ней невозможно получить установившийся синусоидальный режим. В некоторых случаях такой эффект не образуется даже при наличии потерь в разомкнутых (нагрузка отключена) или короткозамкнутых линиях.

### Методы математической физики в теоретических основах электротехники (ТОЭ)

Поскольку любому установившемуся режиму всегда предшествует нестационарный волновой процесс, то и их расчет следует проводить в рамках единого подхода по единообразным формулам в той же последовательности, какая имеет место в реальности. Установившееся или квазиустановившееся распределение тока и напряжения в электрической цепи должно получаться в качестве следствия стационарирования переходного процесса, и никак иначе.

Еще в далеком 1948 г. академику К.А. Кругу впервые удалось рассчитать не-

стационарное поведение длинной линии с потерями при ее мгновенном подключении к источнику постоянного напряжения. В [3] представлено точное аналитическое решение нестационарной задачи о распространении прямоугольной волны тока по полубесконечной линии с активными потерями при нулевой утечке тока через изоляцию:  $R = 2$ ,  $G = 0$ . Исходные телеграфные уравнения, записанные в безразмерной форме

$$\frac{\partial i}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial x} + Ri = 0; \quad \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial i}{\partial x} + Gu = 0, \quad (1)$$

интегрировались при нулевых начальных условиях  $u(x, 0) = i(x, 0) = 0$  и единичном скачке напряжения на входе линии:  $u(0, t) = 1$ . Пространственно-временное распределение тока автору (одному из разработчиков плана ГОЭРЛО) удалось представить в довольно компактном виде:

$$i(x, t) = I_0\left(\frac{R}{2}\sqrt{t^2 - x^2}\right)e^{-\frac{Rt}{2}}$$

при  $t > x$ ;  $i(x, t) = 0$  при  $t \leq x$ , (2)

где  $I_\nu(z) = J_\nu(jz)$  – видоизмененная функция Бесселя первого рода порядка  $\nu$ .

Принимая во внимание равенство скачков искомых функций на фронте волны

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0, \varepsilon > 0} u(x, x + \varepsilon) = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0, \varepsilon > 0} i(x, x + \varepsilon) = e^{-\frac{Rt}{2}}$$

и выражение для продифференцированной по  $x$  функции тока

$$\frac{\partial i(x, t)}{\partial x} = \frac{Rxe^{-\frac{Rt}{2}}}{2\sqrt{t^2 - x^2}} I_1\left(\frac{R}{2}\sqrt{t^2 - x^2}\right),$$

получим аналитическое представление и для напряжения [2]

$$u(x, t) = e^{-\frac{Rx}{2}} - \frac{R}{2} \int_x^t \frac{xe^{-\frac{Rz}{2}}}{\sqrt{z^2 - x^2}} I_1\left(\frac{R}{2}\sqrt{z^2 - x^2}\right) dz$$

при  $t > x$ ;  $u(x, t) = 0$  при  $t \leq x$ . (3)

Пользуясь линейностью и однородностью исходных дифференциальных уравнений в частных производных (1) формулы (2) и (3) удастся обобщить для произвольного входного напряжения  $u(0, t) = f(t)$ :

$$i(x, t) = f(t - x)e^{-\frac{Rx}{2}} - \int_0^{t-x} \frac{\partial i_1}{\partial t}(x, t - z)f(z) dz,$$

$t > x$ , (4)

$$u(x, t) = f(t - x)e^{-\frac{Rx}{2}} - \int_0^{t-x} \frac{\partial u_1}{\partial t}(x, t - z)f(z) dz,$$

$t > x$ ,  $i(x, t) = u(x, t) = 0$ ,  $t \leq x$ ,

где

$$\frac{\partial u_1(x, t)}{\partial t} = \frac{Rxe^{-\frac{Rt}{2}}}{2\sqrt{t^2 - x^2}} I_1\left(\frac{R}{2}\sqrt{t^2 - x^2}\right)e^{-\frac{Rt}{2}},$$

$t > x$ ,

$$\frac{\partial i_1(x, t)}{\partial t} = \frac{te^{-\frac{Rt}{2}}}{\sqrt{t^2 - x^2}} \times$$

$$\times I_1\left(\frac{R}{2}\sqrt{t^2 - x^2}\right) + e^{-\frac{Rt}{2}} I_0\left(\frac{R}{2}\sqrt{t^2 - x^2}\right),$$

$$t > x, \quad \frac{\partial u_1(x, t)}{\partial t} = \frac{\partial i_1(x, t)}{\partial t} = 0, \quad t \leq x.$$

Очевидно, что присутствующие здесь интегралы с переменным верхним пределом приходится определять численно, а дальнейшие обобщения решения, например для ненулевой утечки  $G > 0$  (за исключением случая неискажающей линии  $G = R$ ) или для линии конечной длины, представляются нереальными. Возможно, такие решения в квадратурах и можно построить для каких-то очень частных случаев, но они, наверняка, окажутся чрезвычайно громоздкими и малоприменимыми для компьютерных расчетов. Трудно даже представить, как будут выглядеть аналитические выражения для определения параметров волновых полей в линии ко-

нечной длины после нескольких десятков отражений волн от приемного конца, точек сопряжения или ветвления.

Заметим, что в случае идеальной линии ( $R = G = 0$ ) неограниченной протяженности ток генератора, исходя из приведенного точного решения (4), определяется как  $i(0,t) = u(0,t) / Z_B$  для любого момента времени  $t > 0$ . В учебной и специальной литературе константу  $Z_B = \sqrt{L/C}$  принято называть волновым сопротивлением длинной линии, где  $L$  – индуктивность петли, образованной прямым и обратным проводами, Гн/м;  $C$  – поперечная емкость между прямым и обратным проводами, Ф/м.

Если на входе линии задана функция тока, то входное напряжение вычисляется соответственно как  $u(0,t) = Z_B \cdot i(0,t)$ . Как следует из точного решения (4), в линии с потерями, за исключением неискажающей линии ( $R = G$ ), данное соотношение выполняется только на переднем фронте электромагнитной волны. При постоянном входном напряжении  $u = U_0 = \text{const}$  генерируемая мощность определяется как  $P_0 = U_0 \cdot I_0 / Z_B$  и зачастую называется номинальной, или натуральной. В случае синусоидального входного напряжения  $u(0,t) = U_0 \sin(2\pi ft)$  [4] для вычисления мощности используется среднее за период колебаний  $T = 1/f$  значение  $P_0 = 0,5 U_0 \cdot I_0 / Z_B$ .

Идеальные (неискажающие) линии конечной длины с кусочно-разрывными погонными параметрами  $L$  и  $C$ , точками ветвления и другими усложняющими факторами можно рассчитывать, интегрируя телеграфные уравнения с помощью метода характеристик, предложенного Д'Аламбером еще в XVIII в. Но для этого в качестве вспомогательных инструментов приходится использовать не компьютер, а калькулятор, циркуль и линейку. Дело в том, что расчетную область следует заранее разбивать на отдельные зоны исходя из расположения волновых фронтов, которые с течением времени (после не-

скольких десятков пробегов волны по длине неоднородной линии) приобретают все более сложную геометрическую конфигурацию (топологию).

Основу метода характеристик составляют точные решения телеграфных уравнений:

$$\begin{aligned} L \frac{\partial i}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial x} + Ri &= 0; \\ C \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial i}{\partial x} + Gu &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

для неискажающей линии  $R/L = G/C$ , где присутствует диссипация волн, но отсутствует их дисперсия. Если для реактивных параметров линии выполняется условие пропорциональности или неискажения волн  $R = \gamma L = G = \gamma C$ , то общее решение можно представить в виде затухающих бегущих волн произвольной формы и любой степени локализации:

$$i = e^{-\gamma t} \psi(x \pm at); u = \pm e^{-\gamma t} \psi(x \pm at) / Z_B,$$

где  $a = \pm 1/\sqrt{LC}$  – скорость распространения электромагнитного возмущения вдоль линии.

Отсюда следует, что инварианты  $I^\pm \equiv e^{\gamma t} (i \pm u/Z_B) = \text{const}$  сохраняют постоянные значения вдоль прямых  $dx/dt = \pm a$ , называемых характеристиками. Для идеальной линии ( $\gamma = 0$ ) имеем  $i \pm u/Z_B = i \pm aCu = \text{const}$ , откуда, в частности, следует более удобная формула для определения входного тока при заданном входном напряжении:  $i(0,t) = aC \cdot u(0,t)$ . Полученная формула верна и для многопроводной линии, где токи и напряжения в исходной системе уравнений (5) уже являются векторами, а  $C$  – симметричная матрица собственных и взаимных емкостей.

Заметим, что линейные (даламберовские) солитоны, распространяясь в прямом и обратном направлениях, пронизывают друг друга не взаимодействуя, так что любой их

набор удовлетворяет исходным уравнениям. Пользуясь соотношениями на характеристиках (римановыми инвариантами), легко построить точное решение для произвольной точки  $x$  и момента времени  $t > 0$  [5].

Хотя аналитический подход обладает ограниченными возможностями, не позволяющими ему в принципе преодолеть рамки четвертого технологического уклада, его значимость трудно переоценить, поскольку полученные с его помощью решения для линии с дисперсией являются чуть ли не единственными, которыми можно оперировать в качестве эталонных (тестовых) при оценке апостериорной точности численных методик и компьютерных технологий пятого-шестого укладов. Как показывает многолетний опыт эксплуатации конечно-разностных схем сквозного счета, для решения уравнений в частных производных априорные оценки их точности (порядок аппроксимации и устойчивость, гарантирующие сходимость при неограниченном измельчении шага

разностной сетки) осязаемого практического значения не имеют [5].

Зададим для начала граничную функцию  $u(0,t) = f(t)$  в виде серии из семи униполярных импульсов прямоугольной формы, разделенных равными интервалами времени  $\Delta = 0,1$ :

$f(t) = (t < 1,4) \frac{(-1)^{\lfloor 10t \rfloor + 1}}{2}$ , и протабулируем выражения (4) на множестве из 2000 равномерно расположенных в области  $-1,0 \leq x \leq 1,0$  узлов для момента времени  $t = 1,8$ . За это время передний фронт волны, распространяющийся от источника с единичной скоростью, успевает пройти расстояние  $l = 1,8$ . В среде приложения Matlab функция  $f(t)$  записывается как  $f(j) = (j < 1400) * ((-1)^{\text{floor}(j/100)})/2$  (униполярный импульс) или  $f(j) = (j < 1400) * ((-1)^{\text{floor}(j/100)+1})/2 * (-1)^{(j+1)}$  (биполярный импульс).

Результаты расчетов для отрезка линии при  $h = \tau = 0,001$ ,  $L = C = 1$ ;  $Z_B = \sqrt{L/C} = 1$  представлены на рис. 2. Если

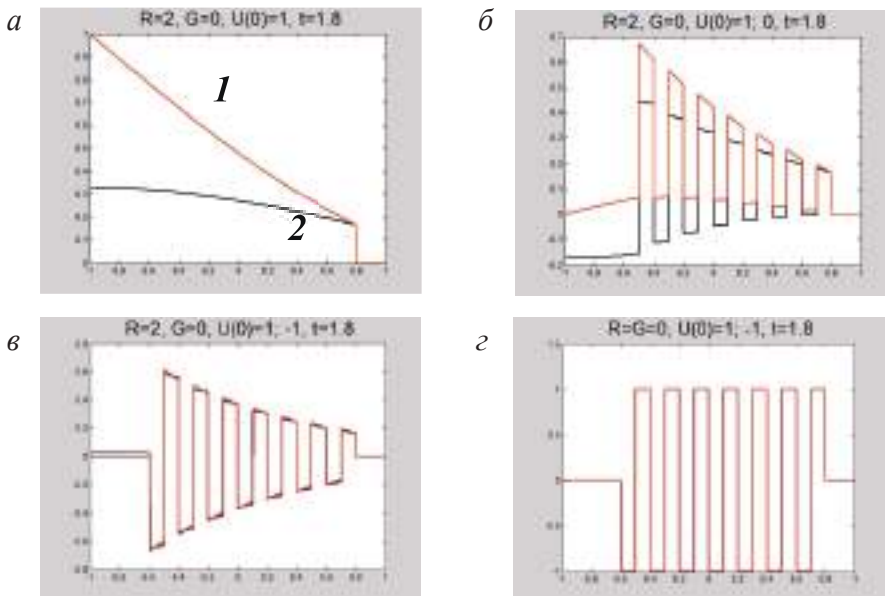


Рис. 2. Распределение напряжения (кривая 1) и тока (кривая 2) в линии на момент времени  $t = 1,8$  при униполярном (а, б) и биполярном (в, з) импульсах

линия идеальная без потерь ( $R = G = 0$ ) или неискажающая ( $R = G$ ), то в ней при любой форме входного напряжения выполняется соотношение  $u = Z_B \cdot i$ .

Совершенно другую картину имеем в линии с потерями, когда оно выполняется только на переднем фронте. Примечательно, что при биполярном входном импульсе (рис. 2, в, г) пространственное распределение тока визуально уже не так сильно отличается от функции напряжения по сравнению с результатами для униполярного импульса.

Если полярность входного сигнала менять на противоположную на каждом шаге интегрирования по времени:  $u(0, t) = q(j) = f(j) \cdot (-1)^{(j+1)}$ ,  $j = 1, 2, 3, \dots$ , то количество подводимой к линии электромагнитной энергии останется прежним, но структура волнового поля изменится радикально и в количественном, и в качественном отношении (рис. 3). При достаточно

больших потерях ( $R = 10$ ,  $G = 0$ ) от семи «ступенек» уже мало что остается. Их очертания сильно размазаны, а амплитуда тока в них становится даже больше амплитуд напряжения, чего не наблюдалось в предыдущих вариантах расчета.

Приведенные тестовые расчеты с точностью до 3–4 и более значащих цифр повторяет PaPuRi-алгоритм [5], в котором нет ничего, кроме четырех арифметических действий. В этом легко убедиться явочным порядком, если воспользоваться приведенной ниже ЭВМ-программой в среде приложения Matlab:

```
clear;
n = 2000; nm = n + 1; h = 0,001; tau = h;
k = 1800;
for i = 1 : n
X(i) = -1 + i*h - h / 2; R(i) = 10; G(i) = 0;
D(i) = 0; U(i) = 0;
al(i) = (R(i) + G(i)) / 2; AD(i) = 1 + tau*al(i);
AD1(i) = 1 + tau*(al(i) - R(i));
AU1(i) = 1 + tau*(al(i) - G(i)); end;
for j = 1 : k
for I = 2 : n
DA(i) = (D(i - 1) + D(i) + U(i - 1) - U(i)) / 2;
UA(i) = (U(i - 1) + U(i) + D(i - 1) - D(i)) / 2;
end;
UA(1) = (j < 1400)*((-1).^floor(j/100) + 1)/
2*(-1)^(j+1);
DA(1) = D(1) - U(1) + UA(1);
UA(nm) = 0; DA(nm) = D(n) + U(n);
for I = 1 : n
D(i) = (UA(i) - UA(i + 1) + D(i)*AD1(i)) /
AD(i);
U(i) = (DA(i) - DA(i + 1) + U(i)*AU1(i)) /
AD(i); end;
if(mod(j, 10) = 0)
p = plot(X, D, 'k', X, U, 'r');
pause(0.001);
end; end.
```

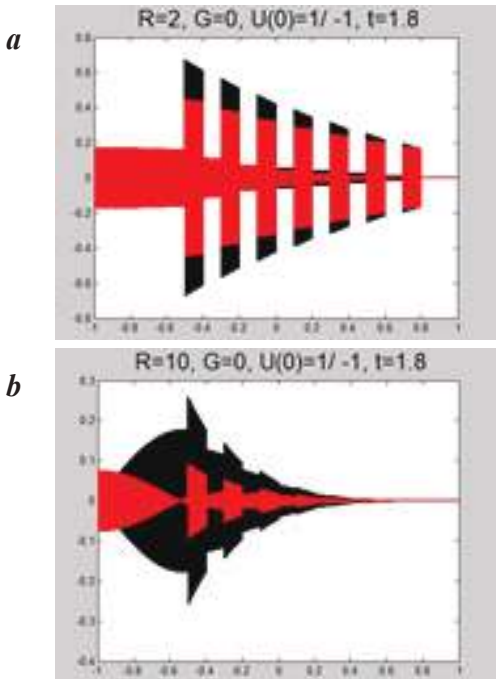


Рис. 3. Распределение напряжения (кривая 1) и тока (кривая 2) в линии на момент времени  $t = 1,8$  для «сплошного» биполярного входного импульса при  $R = 2$ ,  $G = 0$  (а);  $R = 10$ ,  $G = 0$  (б)

Динамику волн можно проследить на многочисленных видеороликах в YouTube, наглядно показывающих, что PaPuRi-



алгоритм предельно точно описывает не только эволюцию (в прямом времени), но и инволюцию (в обратном времени) электромагнитных волн при сшивке масштабов в 50 и более порядков [6]. Никакие другие алгоритмы и компьютерные методики численного решения телеграфных уравнений не смогут повторить эти результаты даже для идеальной линии. Самый раскрученный согласно Википедии *FDTD*-метод, которому посвящено более 2000 публикаций, позорно ломается на самой примитивной задачке с разрывными начальными условиями [7].

### Теоретические предпосылки для увеличения передаваемой мощности и КПД ЭПТ

Теорема о максимально потребляемой мощности для линии постоянного тока была доказана Ленцем–Ботто еще в 1844 г.: передаваемая мощность  $P_1$  максимальна при равенстве сопротивлений генератора и нагрузки  $R_s = lR$ . Ее теоретическая и практическая значимость более чем очевидна, поэтому весьма странно, что в современных учебниках по ТОЭ о ней даже не упоминается. Ее можно найти только в детской энциклопедии по физике [8]. В это сложно поверить, но и для линии синусоидального напряжения (тока) в учебниках до сих пор не приводятся условия, при которых чисто активная нагрузка на приемном конце потребляет максимальную мощность в установившемся режиме. Почему-то считается очевидным, что максимальная мощность достигается в режиме бегущих волн, когда линия замкнута на согласованную нагрузку, равную ее волновому сопротивлению  $R_s = Z_B$ . Другие авторы утверждают, что при таком режиме получаем наилучшие КПД или коэффициенты мощности (КМ). А между тем на эти и множество других вопросов существуют

вполне однозначные ответы, вытекающие из точных решений корректно сформулированных начально-краевых задач для телеграфных уравнений.

Будем полагать, что на входе линии генератор неограниченной мощности поддерживает постоянное напряжение  $u(0, t) = U_0 = 1$  или постоянный ток  $i(0, t) = I_0 = 1$ . Приемный конец замкнут на чисто активную нагрузку с сопротивлением  $R_s$ , который варьируется от  $R_s = 0$  (короткое замыкание (к.з.)) до  $R_s = \infty$  (холостой ход (х.х.)). В табл. 1 представлены результаты модельных расчетов о передаче мощности в установившемся режиме по линии постоянного напряжения с параметрами:  $Z_B = \sqrt{L/C} = 1$ ,  $a = \pm 1/\sqrt{LC} = 1$ ,  $R = 2$ ,  $G = 0$ ,  $l = 1/4$ ,  $P_0 = 1$ . В реальном масштабе имеем, например,  $u(0, t) = 2000$  кВ,  $Z_B = 25$  Ом,  $a = 300\,000$  км/с,  $R = 83$  мОм/км,  $l = 1500$  км,  $P_0 = 2000 \cdot 2000/25 = 0,16$  ГВт – номинальная мощность.

Вариация сопротивления нагрузки  $R_s$  (табл. 2) показывает, что максимальная передаваемая мощность действительно достигается при  $R_s = lR$ , где  $l$  – длина линии, а  $R$  – ее погонное сопротивление. При этом КПД линии в режиме максимально передаваемой мощности всегда остается равным 0,5.

Таблица 1  
Передача мощности в установившемся режиме по линии постоянного напряжения  $u(0, t) = 1$  при  $R = 2$ ,  $G = 0$

$P_0$	$P_1$	КПД	$R_s$	Примечания
<b>1,00</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	<b>1/2</b>	<b>Теорема Ленца–Ботто 1844 г.</b>
1,32	0,44	0,34	1/4	
1,60	0,32	0,20	1/8	
2	0	0	0	к.з.
0,67	0,45	0,67	1	
0,40	0,32	0,80	2	
0,23	0,20	0,87	4	
0,12	0,11	0,95	8	
0,061	0,059	0,97	16	
0	0	0	$\infty$	х.х.

Если потери в линии уменьшить в 4 раза: с  $R = 2$ ,  $G = 0$  до  $R = 1/2$ ,  $G = 0$ , то во столько же раз увеличится и ток к.з.: с 2 до 8. При отключенной нагрузке токи х.х. оказываются нулевыми. Заметим, что при увеличении сопротивления  $R_s$  потери в линии неуклонно уменьшаются, но при этом и передаваемая мощность неуклонно падает. Так, если в первом случае  $R = 2$ ,  $G = 0$  увеличить нагрузочное сопротивление в 8 раз:  $R_s = 1/2$  до  $R_s = 4$ , то получим уже достаточно приличный КПД = 0,87, но передаваемая мощность составит все-

го 20 % от номинальной (см. табл. 1). При уменьшении погонного сопротивления линии ( $R = 1/2$ ,  $G = 0$ ) передаваемая (потребляемая) мощность увеличивается всего на 3 %, но зато КПД достигает 0,97 (см. табл. 2). Таким образом, максимальные КПД линии постоянного напряжения наблюдаются при режимах передачи мощности, близких к х.х. Поэтому на практике часто приходится чем-то жертвовать: или уменьшать КПД для обеспечения нужного значения мощности  $P_1$ , или снижать передаваемую мощность с целью уменьшения потерь.

Таблица 2

Передача мощности в установившемся режиме по линии постоянного напряжения  $u(0, t) = 1$  при  $R = 1/2$ ,  $G = 0$

$P_0$	$P_1$	КПД	$R_s$	Примечания
1,60	1,28	0,80	1/2	
2,67	1,78	0,67	1/4	
<b>4,00</b>	<b>2,00</b>	<b>0,50</b>	<b>1/8</b>	<b>Теорема Ленца-Ботто 1844 г.</b>
8	0	0	0	к.з.
0,89	0,79	0,89	1	
0,47	0,44	0,94	2	
0,24	0,23	0,97	4	
0,12	0,12	0,99	8	
0,061	0,061	0,99	16	
0	0	0	$\infty$	х.х.

Таблица 3

Передача мощности в установившемся режиме по линии постоянного напряжения  $u(0, t) = 1$  при  $R = G = 2$  (неискажающая линия)

$P_0$	$P_1$	КПД	$R_s$	Примечания
<b>1,28</b>	<b>0,42</b>	<b>0,33</b>	<b>1/2</b>	<b>Максимальная мощность <math>P_1</math></b>
1,56	0,39	0,24	1/4	
1,80	0,29	0,16	1/8	
2,17	0	0	0	к.з.
<b>1,00</b>	<b>0,37</b>	<b>0,37</b>	<b>1</b>	<b>Максимальный КПД</b>
0,78	0,26	0,33	2	
0,64	0,16	0,25	4	
0,55	0,09	0,16	8	
0,50	0,05	0,09	16	
0,46	0	0	$\infty$	х.х.

Таблица 4

Передача мощности в установившемся режиме по линии постоянного тока  $i(0, t) = 1$  при  $R = 2$ ,  $G = 0$

$P_0$	$P_1$	КПД	$R_s$	Примечания
1,00	0,50	0,50	1/2	
0,75	0,25	0,30	1/4	
0,62	0,12	0,20	1/8	
0,50	0	0	0	к.з.
1,50	1,00	0,67	1	
2,50	2,00	0,80	2	
4,50	4,00	0,89	4	
8,50	8,00	0,94	8	
<b>16,50</b>	<b>16,00</b>	<b>0,97</b>	<b>16</b>	<b>Максимальная мощность <math>P_1</math></b>
$\infty$	0	0	$\infty$	х.х.

Электрические сигналы (одиночные импульсы) обычно передаются по неискажающим линиям ( $R = G$ ), в которых присутствует только диссипация (затухание) волн и отсутствует (или почти отсутствует) их дисперсия (табл. 3). Здесь сразу обращает на себя внимание тот факт, что если максимальную мощность приемника наблюдаем при  $R_s = 1/2$ , то максимальный КПД = 0,37 получаем в режиме бегущих волн при  $R_s = Z_B = 1$ . Ток к.з. при этом увеличивается незначительно, тогда как при х.х. он достигает уже 0,46.

Расчет линии постоянного тока  $i(0, t) = 1$  приводит к несколько неожиданным, на наш взгляд, результатам (табл. 4). Теорема

Ленца–Ботто здесь уже не работает. При наличии источника тока неограниченной мощности повышение сопротивления нагрузки  $R_S$  сопровождается увеличением и передаваемой мощности  $P_1$ , и КПД. Можно увеличить мощность хоть в десятки раз при условии, что нет ограничений на перепады напряжений вдоль линии электропередачи. Любопытно, что для неискажающей линии максимум  $P_1$  наблюдается при  $R_S = 2$ , а при  $R_S = Z_B = 1$  имеем максимальный КПД, как и для линии постоянного напряжения (табл. 5).

Попытаемся теперь увеличить передаваемую в нагрузку  $R_S = 1/2$  мощность  $P_1 = 0,5$ , периодически меняя полярность источника напряжения через равные промежутки времени  $\Delta_S$  (табл. 6). Для линии постоянного напряжения имеем оптимальное значение при  $\Delta_S = 0,5$ , для линии постоянного тока – при  $\Delta_S = 2,0$ , причем максимумы средней за период колебаний мощности достаточно близки:  $P_1 = 0,85$  и  $P_1 = 0,87$  (табл. 7).

А вот для нагрузки  $R_S = Z_B = 1$  получаем следующие результаты (табл. 8, 9).

Таблица 5

Передача мощности в установившемся режиме по линии постоянного тока  $i(0, t) = 1$  при  $R = G = 2$  (неискажающая линия)

$P_0$	$P_1$	КПД	$R_S$	Примечания
0,78	0,26	0,33	1/2	
0,64	0,16	0,25	1/4	
0,55	0,09	0,16	1/8	
0,46	0	0	0	к.з.
<b>1,00</b>	<b>0,37</b>	<b>0,37</b>	<b>1</b>	<b>Максимальный КПД</b>
<b>1,28</b>	<b>0,43</b>	<b>0,33</b>	<b>2</b>	<b>Максимальная мощность <math>P_1</math></b>
1,57	0,39	0,25	4	
1,80	0,29	0,16	8	
1,96	0,18	0,09	16	
2,17	0	0	$\infty$	х.х.

Таблица 7

Передаваемая в нагрузку  $R_S = 1/2$  мощность и КПД в зависимости от периода изменения полярности источника тока  $i(0, t) = \pm 1$  при  $R = 2, G = 0$

$P_0$	$P_1$	КПД	$\Delta_S$	Примечания
1,00	0,50	0,50	$\infty$	
<b>0,66</b>	<b>0,37</b>	<b>0,56</b>	<b>0,5</b>	<b>min <math>P_1</math></b>
0,66	0,37	0,56	1,0	
0,98	0,58	0,59	1,5	
<b>1,50</b>	<b>0,87</b>	<b>0,58</b>	<b>2,0</b>	<b>max <math>P_1</math></b>
1,44	0,81	0,56	2,5	
1,35	0,74	0,55	3,0	
1,27	0,69	0,54	3,5	
1,20	0,64	0,53	4,0	

Таблица 6

Передаваемая в нагрузку  $R_S = 1/2$  мощность и КПД в зависимости от периода изменения полярности напряжения  $u(0, t) = \pm 1$  при  $R = 2, G = 0$

$P_0$	$P_1$	КПД	$\Delta_S$	Примечания
<b>1,00</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	$\infty$	<b>Теорема Ленца–Ботто 1844 г.</b>
1,50	0,85	0,56	0,5	
<b>1,50</b>	<b>0,85</b>	<b>0,56</b>	<b>1,0</b>	<b>max <math>P_1</math></b>
0,84	0,49	0,59	1,5	
<b>0,63</b>	<b>0,36</b>	<b>0,58</b>	<b>2,0</b>	<b>min <math>P_1</math></b>
0,72	0,40	0,56	2,5	
0,78	0,43	0,55	3,0	
0,78	0,43	0,55	3,5	
0,80	0,43	0,53	4,0	

Таблица 8

Передаваемая в нагрузку  $R_S = 1$  мощность и КПД в зависимости от периода изменения полярности источника напряжения  $u(0, t) = \pm 1$  при  $R = 2, G = 0$

$P_0$	$P_1$	КПД	$\Delta_S$	Примечания
<b>0,67</b>	<b>0,45</b>	<b>0,67</b>	$\infty$	
1,00	0,61	0,61	0,5	
1,00	0,61	0,61	1,0	
<b>1,03</b>	<b>0,64</b>	<b>0,62</b>	<b>1,5</b>	<b>max <math>P_1</math></b>
0,95	0,60	0,63	2,0	
0,88	0,56	0,63	2,5	
0,84	0,54	0,64	3,0	
0,82	0,52	0,64	3,5	
0,80	0,51	0,64	4,0	

Таблица 9

Передаваемая в нагрузку  $R_s = 1$  мощность и КПД в зависимости от периода изменения полярности источника тока  $i(0, t) = \pm 1$  при  $R = 2, G = 0$

$P_0$	$P_1$	КПД	$\Delta_s$	Примечания
<b>1,50</b>	<b>1,00</b>	<b>0,67</b>	$\infty$	<b>max <math>P_1</math></b>
1,00	0,61	0,61	0,5	
1,00	0,61	0,61	1,0	
0,95	0,59	0,62	1,5	<b>min <math>P_1</math></b>
0,99	0,63	0,63	2,0	
1,07	0,68	0,63	2,5	
1,12	0,71	0,64	3,0	
1,17	0,76	0,65	3,5	
1,21	0,78	0,61	4,0	

Если для линии постоянного напряжения потребляемую мощность удастся увеличить с  $P_1 = 0,45$  до  $P_1 = 0,64$  при  $\Delta_s = 1,5$ , то для линии постоянного тока любое периодическое переключение полярности источника сопровождается только снижением мощности. При  $\Delta_s = 1,5$  имеем самое большое уменьшение с  $P_1 = 1,0$  до  $P_1 = 0,59$ .

На рис. 4 представлена эволюция генерируемой и передаваемой мощности вплоть до выхода на установившийся режим при мгновенном изменении значения сопротивления нагрузки:  $R_s = 1/2, 0, \infty, 1/8, 1, 2, 1/2$ .

На рис. 5 представлены результаты при биполярном источнике напряжения с периодом  $\Delta_s = 1,0$ .

### К чему приводит сближение проводов

В поисках ответа приведем простой пример, используя точное представление для вектора тока на входе линии:  $i(0, t) = aC \cdot u(0, t)$  при отсутствии потерь в ней. Для одного провода с погонной емкостью  $C = 12,10$  нФ/км,  $L = 0,9348$  мГн и  $a = 297\,336$  км/с,  $Z_B = 278$  Ом при  $u(0, t) = U_0 = 527,25$  кВ имеем  $i(0, t) = 527,25 / 278 = 297336 \cdot 12,10 \cdot 527,25 = 1,90$  кА и  $P_0 = 1,90 \cdot 527 = 1$  ГВт. Будем предполагать, что линия длиной  $l = 1487$  км (четверть волны:  $l = \lambda/4, \lambda = a/f$  – длина волны на частоте источника электропитания цепи) замкнута на согласованную нагрузку в виде волнового сопротивления линии  $R_s = Z_B = \sqrt{L/C}$ , которое полностью потребляет всю подведенную к нему электромагнитную энергию, т. е. в системе «источник (генератор) – длинная идеальная линия – приемник» отраженные волны отсутствуют. Другими словами, вся мощность передается в чисто активную нагрузку только прямой волной.

Рассмотрим теперь трехпроводную электропередачу с горизонтальным распо-

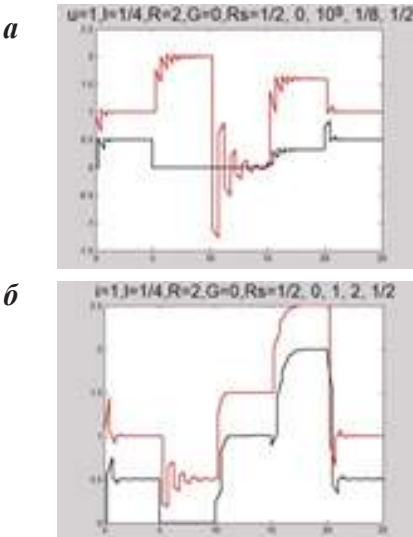


Рис. 4. Динамика генерируемой и передаваемой мощности для линий постоянного напряжения и тока при мгновенном изменении сопротивления нагрузки  $R_s$

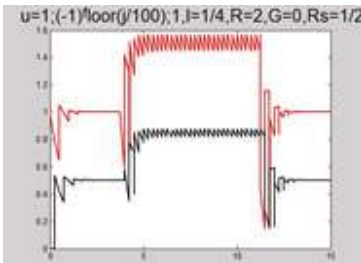


Рис. 5. Динамика генерируемой и передаваемой мощности при биполярном входном напряжении с периодом  $\Delta_s = 1,0$

ложением проводников цилиндрической формы одинакового радиуса ( $R_1 = R_2 = R_3 = 0,3385$  м), расстояние между центрами которых постепенно уменьшаем в 12 раз [5]:  $\Delta l = 12; 6; 3; 1$  м:

$$C = \begin{pmatrix} 13,02 & -2,88 & -0,84 \\ -2,88 & 13,57 & -2,88 \\ -0,84 & -2,88 & 13,02 \end{pmatrix} \text{ нФ/км;}$$

$$C = \begin{pmatrix} 14,35 & -4,81 & -1,58 \\ -4,81 & 15,79 & -4,81 \\ -1,58 & -4,81 & 14,35 \end{pmatrix} \text{ нФ/км;}$$

$$C = \begin{pmatrix} 17,24 & -7,76 & -2,47 \\ -7,76 & 20,38 & -7,76 \\ -2,47 & -7,76 & 17,24 \end{pmatrix} \text{ нФ/км;}$$

$$C = \begin{pmatrix} 31,98 & -22,99 & -4,04 \\ -22,99 & 50,90 & -22,99 \\ -4,04 & -22,99 & 31,98 \end{pmatrix} \text{ нФ/км.}$$

$$L = \begin{pmatrix} 0,92 & 0,22 & 0,11 \\ 0,22 & 0,93 & 0,22 \\ 0,11 & 0,22 & 0,92 \end{pmatrix} \text{ мГн/км;}$$

$$L = \begin{pmatrix} 0,93 & 0,35 & 0,22 \\ 0,35 & 0,93 & 0,35 \\ 0,22 & 0,35 & 0,93 \end{pmatrix} \text{ мГн/км;}$$

$$L = \begin{pmatrix} 0,93 & 0,49 & 0,35 \\ 0,49 & 0,93 & 0,49 \\ 0,35 & 0,49 & 0,93 \end{pmatrix} \text{ мГн/км;}$$

$$L = \begin{pmatrix} 0,95 & 0,71 & 0,63 \\ 0,71 & 0,86 & 0,71 \\ 0,63 & 0,71 & 0,95 \end{pmatrix} \text{ мГн/км.}$$

При  $u_1(0,t) = u_2(0,t) = u_3(0,t) = 527,25$  кВ, когда нет взаимовлияния проводов, имеем  $i_1(0,t) = i_2(0,t) = i_3(0,t) = 1,9$  кА,  $P_{30} = 3 \cdot 1 = 3$  ГВт.

С учетом их взаимовлияния для указанных четырех вариантов получим следующие значения тока и генерируемой мощности:

I –  $i_1(0,t) = i_3(0,t) = 1,46$  кА,  
 $i_2(0,t) = 1,22$  кА;  $P_{30} = 2,18$  ГВт.

II –  $i_1(0,t) = i_3(0,t) = 1,23$  кА,  
 $i_2(0,t) = 0,97$  кА;  $P_{30} = 1,82$  ГВт.

III –  $i_1(0,t) = i_3(0,t) = 1,10$  кА,  
 $i_2(0,t) = 0,76$  кА;  $P_{30} = 1,56$  ГВт.

IV –  $i_1(0,t) = i_2(0,t) = i_3(0,t) = 0,78$  кА;  
 $P_{30} = 1,22$  ГВт.

Что же получается? По мере сближения проводов ток в них уменьшается, а следовательно, уменьшается и передаваемая мощность  $P_{30}$ . При максимально сближенных трех проводах суммарная мощность составляет  $P_{30} = 1,22$  ГВт, тогда как при отсутствии взаимовлияния между ними имеем  $P_{30} = 3 \cdot 1 = 3$  ГВт. Таким образом, при сближении проводников постоянного напряжения передаваемую мощность увеличить невозможно в принципе.

Такой же эффект получаем и при синусоидальном входном напряжении  $u_1(0,t) = u_2(0,t) = u_3(0,t) = U_0 \sin(2\pi ft)$ . По мере сближения фазных проводов амплитуда тока  $I_0$  неумолимо уменьшается, как и в случае постоянного входного напряжения. При  $u_1(0,t) = u_2(0,t) = u_3(0,t) = 527,25 \sin(2\pi ft)$  кВ, когда нет взаимовлияния проводов, получаем суммарную мощность  $P_{30} = 1,50$  ГВт. С учетом их взаимовлияния значения мощности существенно меньше:  $P_{30} = 1,09; 0,91; 0,78; 0,61$  ГВт.

Однако, как только зададим симметричный сдвиг фазных напряжений относительно срединного провода на  $120^\circ$ :  $u_1(0,t) = U_0 \sin(2\pi ft - 2\pi/3)$ ,  $u_2(0,t) = U_0 \sin(2\pi ft)$ ,  $u_3(0,t) = U_0 \sin(2\pi ft + 2\pi/3)$ ,

получим не уменьшение, а, наоборот, увеличение амплитуды тока и соответственно передаваемой мощности:

$$\text{I} - i_1(0, t) = i_3(0, t) = 2,36 \text{ кА},$$

$$i_2(0, t) = 2,57 \text{ кА}; P_{30} = \mathbf{1,91 \text{ ГВт.}}$$

$$\text{II} - i_1(0, t) = i_3(0, t) = 2,79 \text{ кА},$$

$$i_2(0, t) = 3,23 \text{ кА}; P_{30} = \mathbf{2,30 \text{ ГВт.}}$$

$$\text{III} - i_1(0, t) = i_3(0, t) = 3,61 \text{ кА},$$

$$i_2(0, t) = 4,37 \text{ кА}; P_{30} = \mathbf{3,01 \text{ ГВт.}}$$

$$\text{IV} - i_1(0, t) = i_3(0, t) = 7,60 \text{ кА},$$

$$i_2(0, t) = 11,59 \text{ кА}; P_{30} = \mathbf{6,83 \text{ ГВт.}}$$

При сближении проводов постоянного напряжения ток в срединном проводе оказывается выше, чем в первом и третьем, и лишь при сильно сближенных проводах (вариант IV) амплитуды токов практически совпадают. В линии переменного напряжения наблюдается противоположный эффект, усиливающийся при уменьшении расстояния между проводами.

Когда нет взаимовлияния проводов, нагрузка в виде активного сопротивления  $R_S = Z_B = 278 \text{ Ом}$  полностью поглощает всю подведенную к ней мощность. В случае же наличия перетоков энергии между проводами это уже не так. Например, в варианте IV мощность, передаваемая в нагрузку  $R_S = Z_B = 278 \text{ Ом}$ , составляет  $P_{30} = \mathbf{1,01 \text{ ГВт}}$ , т. е. 82 % от генерируемой  $P_{30} = \mathbf{1,22 \text{ ГВт}}$ . А полное ее потребление (с точностью до четырех значащих цифр) достигается тогда, когда каждый из трех проводов линии постоянного напряжения замкнут на сопротивление  $R_S = 2,5 \cdot Z_B = 2,5 \cdot 278 = 695 \text{ Ом}$ .

В случае синусоидального входного напряжения с разнесенными на  $120^\circ$  фазами при  $R_S = Z_B = 278 \text{ Ом}$  имеем  $P_{30} = \mathbf{3,90 \text{ ГВт}}$ , т. е. всего 57 % от генерируемой мощности, и только при  $R_S = 0,2 \cdot Z_B = 55,6 \text{ Ом}$  получаем КПД = 0,97. Добиться абсолютно полного поглощения, варьируя только один параметр  $R_S$ , не удастся из-за того, что ток в срединном проводе процентов на 20 выше, чем в первом и

третьем проводах:  $i_1(0, t) = i_3(0, t) = 8,08 \text{ кА}$ ,  $i_2(0, t) = 10,45 \text{ кА}$ .

Итак, для передачи в режиме бегущих волн мощности  $P_{30} = \mathbf{3 \text{ ГВт}}$  по трем проводам, присоединенным к источнику постоянного напряжения:  $u_1(0, t) = u_2(0, t) = u_3(0, t) = U_0 = 527,25 \text{ кВ}$ , надо полностью исключить их взаимовлияние, тогда как по максимально сближенным (до 1 м) проводам переменного напряжения:  $u_1(0, t) = U_0 \sin(2\pi ft - 2\pi/3)$ ,  $u_2(0, t) = U_0 \sin(2\pi ft)$ ,  $u_3(0, t) = U_0 \sin(2\pi ft + 2\pi/3)$  удастся сгенерировать и передать в нагрузку (в режиме, близком к режиму бегущих волн)  $P_{30} = 0,97 \cdot 6,83 = \mathbf{6,63 \text{ ГВт}}$  (разница более чем двукратная).

А теперь зададим связь между током и напряжением в нагрузочном узле многопроводной линии в виде  $u(l, t) = R_S \cdot i(l, t)$ , где  $R_S$  уже не скаляр, а матрица, которую условно можем назвать по аналогии с одним проводом матрицей волновых сопротивлений:  $R_S = Z_B = L^{1/2} \cdot C^{-1/2}$ . Например, для варианта IV, когда провода максимально сближены, их конкретные значения таковы:

$$Z_B = \begin{pmatrix} 281 & 212 & 188 \\ 212 & 257 & 212 \\ 188 & 212 & 281 \end{pmatrix} \text{ Ом.}$$

В этом случае при произвольной форме входного напряжения  $u(0, t)$  всегда получаем, как и для одного провода, КПД = 1 (точно). Однако в реальной инженерной практике такая схема подключения нагрузочных сопротивлений никогда не применяется. Таким образом, открытым остается вопрос: что же можно принять в качестве волнового сопротивления многопроводной линии?

Конечно же, передаваемую мощность можно увеличить и для линии постоянного, и для линии переменного напряжения (за исключением  $l = \lambda/8, 3\lambda/8, 5\lambda/8, \dots$ ) в установившемся режиме смешанных волн, о чем мы расскажем в следующей статье.



И наконец последнее замечание. В учебниках [1, 4] и специальной литературе [5] волновое сопротивление фигурирует среди вторичных параметров длинной линии и расчетных соотношений метода комплексных амплитуд, которые получаются из точного решения телеграфных уравнений для синусоидального входного напряжения (тока) при установившемся режиме:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}};$$

$$\gamma = \alpha + j\beta = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)};$$

$$Z_S = R_S + j\left(\omega L_S - \frac{1}{\omega C_S}\right);$$

$$Z_{BX} = Z_0 \frac{Z_S + Z_0 \operatorname{th}(\gamma l)}{Z_0 + Z_S \operatorname{th}(\gamma l)}; \quad (6)$$

$$U_0 = Z_{BX} I_0; \quad U_1 = Z_S I_1;$$

$$U_1 = U_0 \operatorname{ch}(\gamma l) - Z_0 I_0 \operatorname{sh}(\gamma l);$$

$$S = UI^* = P + jQ =$$

$$= |U||I| \cos \varphi + j|U||I| \sin \varphi.$$

В уравнениях (6) использованы следующие обозначения величин:  $Z_0$  – комплексное волновое (характеристическое) сопротивление;  $\omega = 2\pi f$  – угловая (круговая) частота;  $\gamma, \alpha, \beta$  – коэффициенты распространения, затухания и фазы;  $Z_S, Z_{BX}$  – нагрузочное и входное сопротивления линейной электрической цепи;  $U_0, I_0, U_1, I_1$  – комплексы действующих значений напряжений и токов в начале и конце линии длиной  $l$ ;  $S$  – комплексная мощность с активной  $P$  и реактивной  $Q$  составляющими.

Зависимости (6) называют также формулами длинной линии, представленной в виде четырехполюсника, или уравне-

ниями установившегося режима (УУР). Здесь предполагается, что приемный конец линии замкнут на активно-реактивную нагрузку в виде последовательного соединения  $R_S, L_S, C_S$ -элементов (рис. 6) и аналитически представлен уравнением

$$u = R_S i + L_S \frac{di}{dt} + \frac{1}{C_S} \int_0^t i(\tau) d\tau \quad \text{при } x = l. \quad (7)$$

Очевидно, что при  $R_S = L_S = 0, C_S = \infty$  получаем режим короткого замыкания:  $u = 0$ , а условие  $R_S = \infty$  соответствует холостому ходу линии:  $i = 0$  (нагрузка отключена).

В МКА входное напряжение представляется в комплексном виде

$$u = \exp(j\omega t) = \cos(\omega t) + j \sin(\omega t).$$

Выделив вещественную часть в общем решении при  $\omega = 0$ , получаем решение для постоянного напряжения:  $u = 1$ . Если же  $\omega \neq 0$  и взять мнимую часть решения, то получим решение для синусоидального напряжения:  $u = \sin(\omega t)$ .

Пользуясь МКА, можно попытаться определить и для многопроводной линии синусоидального напряжения волновое сопротивление, при котором обеспечивается режим бегущих волн. Но оно уже

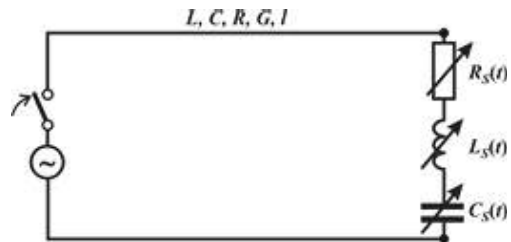


Рис 6. Электрическая цепь, состоящая из источника напряжения, однородной длинной линии с погонными параметрами  $L, C, R, G$  и сосредоточенной  $R_S, L_S, C_S$ -нагрузкой на приемном конце



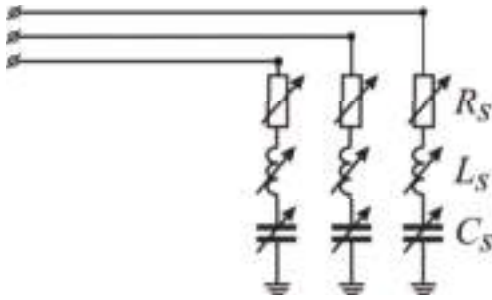


Рис. 7. Наиболее распространенная схема подключения нагрузки на приемном конце трехпроводной линии



Рис. 8. Кабель типа ААБл с тремя жилами секторной формы

будет зависеть от схемы подключения нагрузки на приемных концах. Как правило, она выглядит так, как показано на рис. 7, но могут быть и другие варианты.

Для многопроводной линии, в которой присутствует взаимовлияние проводов, в любом случае получим симметричную матрицу волновых сопротивлений  $Z_B$ , состоящую из ненулевых внедиагональных элементов. Чтобы обеспечить режим бегущих волн на приемном конце линии, в обязательном порядке должны выполняться граничные условия:  $u = Z_B i$ . Физически это означает включение между фазами ненулевых активно-реактивных сопротивлений, чего никогда не встречается на практике. Трудно, например, представить, что какие-то нагрузочные сопротивления могут быть включены между почти вплоты расположенными жилами кабеля типа ААБл, срез которых показан на рис. 8.

## Заключение

Процессы передачи мощности по линии постоянного напряжения  $u(0, t) = U_0 = 1$  и линии постоянного тока  $i(0, t) = I_0 = 1$  весьма разнятся и в качественном, и в количественном отношении. Лишь для неискрывающей линии  $R = G = 2$  получаем максимальный КПД = 0,37 при ее работе на согласованную нагрузку  $R_S = Z_B = 1$ . Разнятся и подходы к проблеме одновременного повышения передаваемой мощности и КПД.

Из представленных численных результатов, которые верны настолько, насколько верны телеграфные уравнения, согласованное с многопроводной линией нагрузочное сопротивление, обеспечивающее в ней режим бегущих волн, довольно сильно (в несколько раз) отличается от такового для однопроводной линии. Уже только по этой причине для расчета режимов работы реальных ЛЭП (трехфазных, двухцепных, разомкнутых, полуразомкнутых и др.) ни в коей мере нельзя использовать однопроводную модель или так называемые эквивалентные схемы замещения электрических цепей с распределенными и сосредоточенными элементами. Все расчеты должны основываться исключительно на предельно точных решениях корректно сформулированных начально-краевых задач для телеграфных уравнений или уравнений Максвелла. Особо отметим, что первичные параметры линии в виде матриц собственных и взаимных емкостей  $C$  и индуктивностей  $L$  необходимо определять не по приближенным формулам, игнорирующим геометрию поперечного сечения проводов [9], а исходя из точного решения пространственно-двумерных полевых задач для уравнений электростатики и магнитостатики [5]. В противном случае рискуем получить гарантированную погрешность в 30 % и более, что в свете современных требований к точности инженерных расчетов является совершенно недопустимым.

### Цитированная литература

1. Демирчян К.С., Бутырин П.А. Проблемы сохранения и развития электроэнергетической отрасли России // Известия Академии наук РФ. Сер.: Энергетика. – 2008. – № 1. – С. 5–17.
2. Ковалев Г.Ф., Лебедева П.М. Планетарная электроэнергетическая система // Энергия. – 2006. – № 9. – С. 27–34.
3. Круг К.А. Переходные процессы в линейных электрических цепях. – М.; Л.: ГЭИ, 1948.
4. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник для вузов. – М.: ЮРАЙТ, 2013. – 768 с.

5. Берил С.И., Римский В.К., Алхазов А.Э. РаPuRi-алгоритм, тесты, молниеотвод, шифратор (должен знать каждый выпускник технического вуза планеты). – Кишинев: РИЦ МолдГУ, 2018.
6. <https://www.youtube.com/watch?v=J2rDE4sld5w>.
7. <https://www.youtube.com/watch?v=g0o5ptcMD5k&t=42s>.
8. Энциклопедия для детей. Физика. Т. 16, ч. 2. – М.: Аванта+, 2000.
9. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В. Теоретические основы электротехники: учебник для вузов. Т. 2. – 5-е изд. – СПб.: Питер, 2009.

УДК 537.39

## АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТЯХ ПРИДНЕСТРОВСКОЙ МОЛДАВСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Д.А. Зайцев, М.В. Киорсак, В.Н. Радченко, Т.А. Федорова

*Статья посвящена исследованиям параметров качества электроэнергии в электрических сетях ПМР на соответствие ГОСТ 13109-2013. Проведены замеры показателей качества электроэнергии на подстанциях г. Тирасполя и г. Бендеры. Согласно изученным данным качество электрической энергии в сетях требует дополнительного анализа и принятия конкретных мер по его улучшению.*

**Ключевые слова:** *параметры качества электроэнергии, электрические сети, потребители электроэнергии, частота электрической сети, уровень гармоник, отклонение напряжения, коэффициент несимметрии напряжения.*

## ANALYSIS OF ELECTRICITY QUALITY IN THE NETWORKS OF PRIDNESTROVIAN MOLDAVIAN REPUBLIC

D.A. Zaitsev, M.V. Kiorsak, V.N. Radchenko, T.A. Fedorova

*The article is devoted to the researches of electric power quality parameters in the electric networks of the PMR in accordance with the State Standard 13109-2013. Electricity quality indicators were measured at substations in Tiraspol and Bender. According to taken results the quality of electricity revealed the necessity of additional analysis of the quality of electricity in Pridnestrovian networks and concrete measures for its improvement.*

**Keywords:** *indicators of electricity quality, power grids, power consumers, power grid frequency, harmonic level, voltage deviation, voltage asymmetry coefficient.*

Одна из основных задач электроэнергетики – надежное и бесперебойное обеспечение потребителей качественной электрической энергией. ГОСТ 13109-97 выделяет 11 основных показателей качества электрической энергии (ПКЭ):

- стационарное отклонение напряжения ( $\delta_{Us}$ , %);
- амплитуда изменения напряжения ( $\delta_{Uf}$ , %);
- доза мерцания ( $P_f$ , о.е.);
- коэффициент искажения напряжения ( $K_u$ , %);
- уровень гармоник напряжения ( $K_{u(n)}$ , %);
- коэффициент несимметрии напряжения обратной последовательности ( $K_{2U}$ , %);
- коэффициент несимметрии напряжения нулевой последовательности ( $K_{0U}$ , %);
- отклонение частоты ( $\Delta f$ , Гц);
- длительность провала напряжения ( $\Delta t_{пр}$ , %);
- импульсное напряжение ( $U_{имп}$ , кВ);
- коэффициент временного перенапряжения ( $K_{пнв}$ , о.е.).

Для восьми из этих показателей установлен нормальный допустимый и допустимый предел. За последнее время создан целый ряд технических средств управления режимами работы энергосистем. При этом возросла доля существовавших ранее потребителей электрической энергии, а также возникли новые, которые сами искажают синусоидальную форму тока и напряжения и предъявляют повышенные требования к качеству электроэнергии. Экономический ущерб от низкого качества электрической энергии в России составляет по минимальной оценке около 25 млрд долларов в год [1]. Это привело к необходимости введения нового стандарта качества электроэнергии ГОСТ 32144-2013 [2], включающего дополнительные ПКЭ, причем без выделения основных показателей. В каждом конкретном случае перечень показателей, подлежащих определению, зависит от поставленной задачи.

В нынешних условиях параметрами качества электроэнергии в электрических сетях практически никто не занимается. При детальном изучении качества электроэнергии рекомендуется рассмотреть около 40 ПКЭ. В связи с этим на первом этапе работы необходимо хотя бы оценочно определить те ПКЭ, которые оказывают влияние на режим функционирования большинства потребителей электроэнергии. Для этого требуется создать лабораторию по мониторингу ПКЭ. Существующая на сегодняшний день материальная база, в том числе в ПМР, позволяет это реализовать.

Очевидно, что по мере внедрения новых технических средств, SMART-технологий, появления и увеличения количества потребителей, которые влияют на качество электроэнергии и на которых оно оказывает воздействие, мониторинг качества электроэнергии должен стать обязательной частью управления функционированием энергосистем.

Нами были проведены замеры и проанализированы основные ПКЭ на некоторых характерных подстанциях в распределительных сетях ПМР (ТП-27, ТП-71, ТП-170, ТП-261 г. Бендеры и ТП-86 г. Тирасполя), оказывающие наибольшее влияние на технико-экономические характеристики и режимы работы потребителей. Измерения выполнены на стороне 0,4 кВ анализатором ПКЭ PQM-700, отвечающим всем требованиям ГОСТ 32144-2013. Были измерены следующие ПКЭ:

- напряжение RMS фаза–нейтраль (L–N), фаза–фаза (L–L) в диапазоне до 690 В ( $\pm 1150$  В пикового значения);
- ток RMS в диапазоне до 3000 А (10 кА пикового значения) при использовании гибких клещей (F-1, F-2, F-3), до 1000 А (3600 А пикового значения) при использовании клещей С-4 или С-5, до 10 А (36 А пикового значения) при использовании клещей С-7;

- коэффициент пиковых значений силы тока и напряжения;
- частота сети в диапазоне 40–70 Гц;
- активная, реактивная, полная мощность и энергия, мощность нелинейных искажений;
- гармонические составляющие напряжений и токов (до 40-й);
- коэффициент нелинейных искажений  $THD_F$  и  $THD_R$  тока и напряжения;

- активная и реактивная мощность гармонических составляющих;
- угол фазового сдвига между напряжением и током;
- коэффициент мощности  $\cos\phi$ ,  $\tan\phi$ ;
- длительная и кратковременная дозы фликера  $P_{st}$  и  $P_{lf}$ .

На рис. 1–6 представлены основные результаты измерений на подстанции БРЭС – ТП-27.

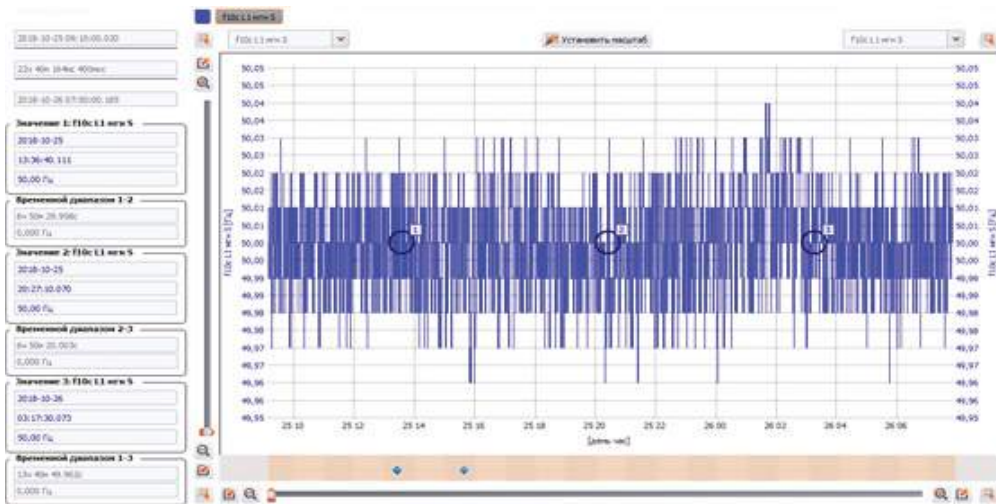


Рис. 1. Частота напряжения,  $f$

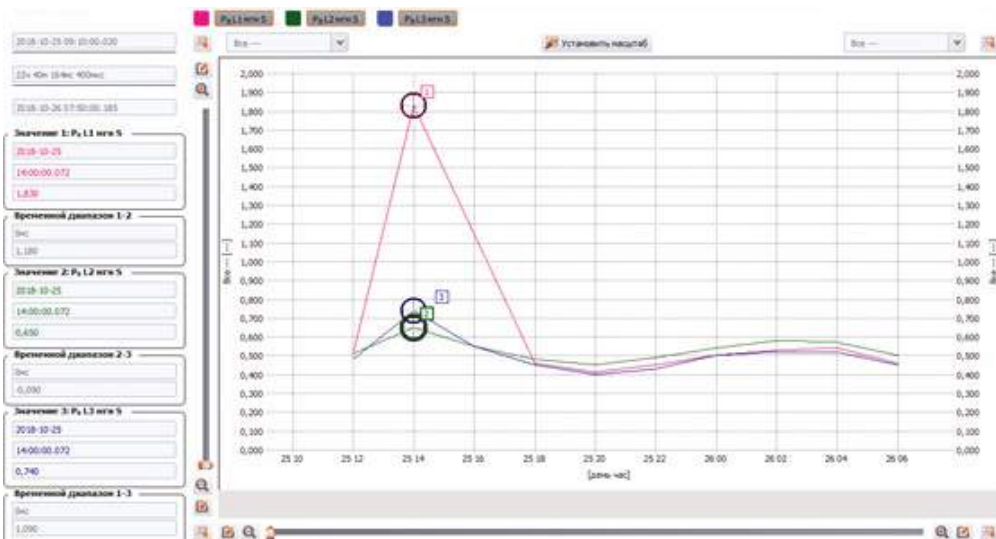


Рис. 2. Длительные дозы фликера,  $P_{st}$

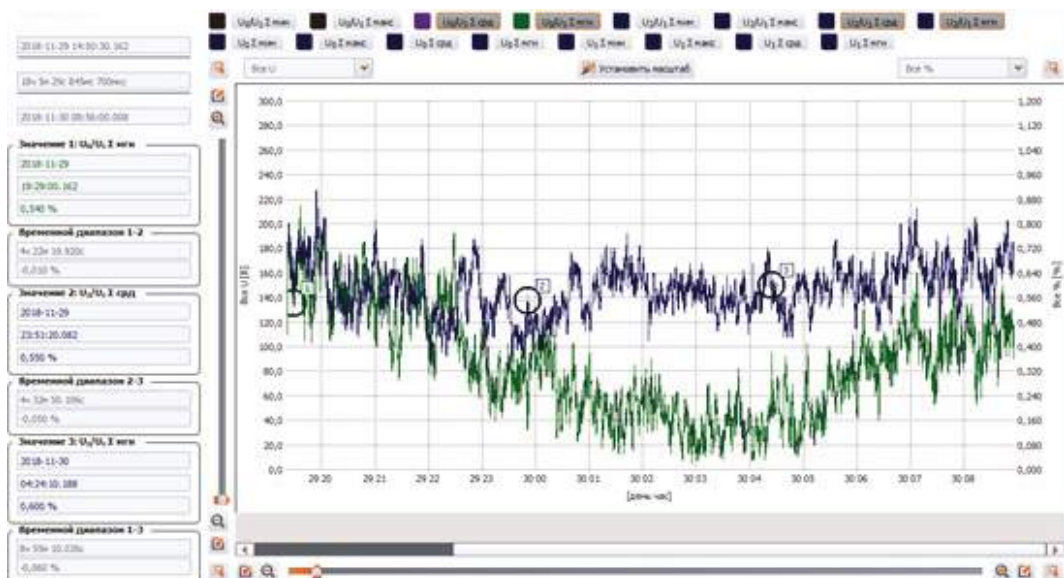


Рис. 3. Коэффициент нулевой несимметрии,  $U_0/U_1$



Рис. 4. Коэффициент гармонических искажений напряжения,  $THD_v$



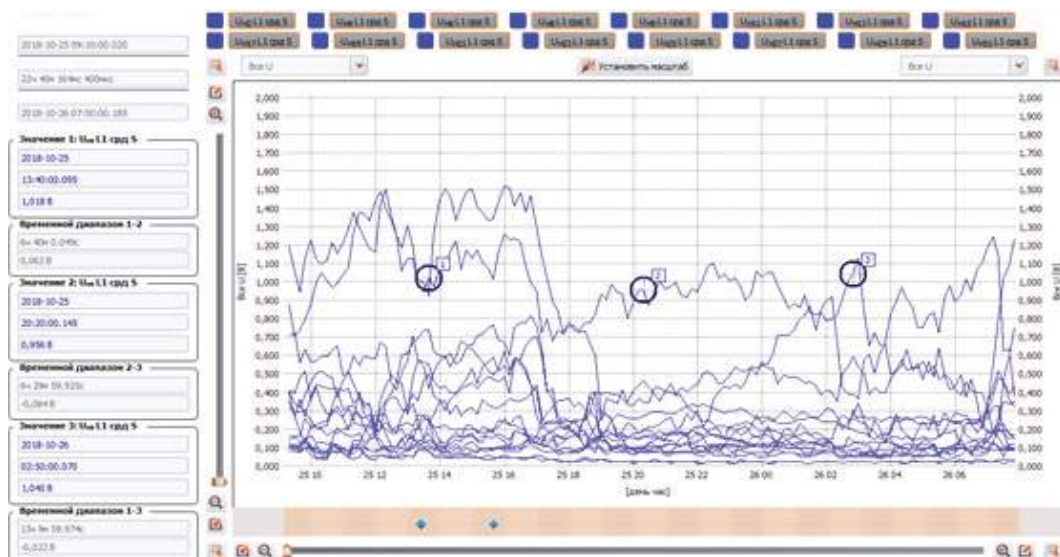


Рис. 5. Графики высших гармоник



Рис. 6. Значения напряжения высших гармоник

Обработка данных показала:

– Частота сети находится в диапазоне 50,04–49,96 Гц. Отклонения составляют  $\pm 0,04$  Гц, что значительно меньше допустимых  $\pm 0,2$  Гц.

– Фазное напряжение колеблется от 230,7 до 214,8 В, что составляет +4,864...–2,18 %. Допустимые отклонения  $\pm 5$  %. Наблюдается разное по значению напряжение фаз. Разница достигает:

$$\Delta U = U_{L2} - U_{L3},$$

$$\Delta U = 226,4 - 214,8 = 11,6 \text{ В.}$$

То есть фазы загружены неравномерно, что вызывает токи нулевой последовательности. Необходимо выравнять нагрузку фаз: фазу  $U_{L3}$  разгрузить, а фазу  $U_{L2}$  догрузить.

– Линейное напряжение колеблется от 397 до 378 В, что составляет 4,47...–0,526 %.

– Многофазный провал напряжения на фазе  $U_{L1}$  достигает 181,8 В и длится 0,1 сек.

– Длительная доза фликера за 6 часов составляет: фаза  $U_{L1}$  – 1,84, фаза  $U_{L2}$  – 0,73, фаза  $U_{L3}$  – 0,65.

– Кратковременная доза фликера за 19 минут составляет: фаза  $U_{L1}$  – 4,15, фаза  $U_{L2}$  – 1,5, фаза  $U_{L3}$  – 1,25.

– Коэффициент нулевой несимметрии  $U_0/U_1$  колеблется в диапазоне 0,76–0,2 %.

– Коэффициент гармонических искажений  $THD_U = 2,53$  % с 8.00 до 17.00, а после этого колеблется в диапазоне 1,6–1,8 %.

– Значения напряжения высших гармоник: 3-я = 2,1, 5-я = 2,1, 7-я = 1,98 и т. д.

Аналогичные измерения ПКЭ были проведены на остальных подстанциях (см. таблицу).

Обработка результатов показала:

– Отклонение фазного напряжения превышает допустимое ( $\pm 5$  %) на трех

Результаты измерений ПКЭ на подстанциях г. Бендеры и г. Тирасполя

№ п/п	Название ПКЭ	ТП-27 БРЭС, г. Бендеры	ТП-71, м-н Ленинский г. Бендеры	ТП-170, Стоматолог. поликлиника г. Бендеры	ТП-261, типография г. Бендеры	ТП-86, г. Тирасполь	Допуст. значение по ГОСТ
1	Откл. частоты, Гц	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,2
2	Откл. фазного напр., %	+4,86 ... –2,18	+9,09 ... +2,27	+5,77 ... +0,22	+2,10 ... –6,45	+5,97 ... +4,55	5
3	Наибольшая разница напр. фаз, В	11,6	4,0	12,2	18,8	12	
4	Откл. линейных напр., %	+4,47 ... –0,53	+2,2 ... +9,13	+2,15 ... +3,47	–0,13 ... –3,50	+4,47– 0,52	5
5	Многофазный провал напряжения, В	181,8 дл. 0,1 с	62,0 дл. 12 ч	не наблюдалось	не наблюдалось	62 дл. 12 ч	
6	Наиболее длительная доза фликера фаз за 6 ч	1,84	0,46	не наблюдалось	не наблюдалось	3,12	1
7	Наиболее краткая доза фликера фаз	4,15 дл. 19 мин	0,66 дл. 12 мин	0,28 дл. 20 мин	не наблюдалось	не наблюдалось	1,38
8	Наибольший коэф. нулевой несим., %	0,76	0,88	3,30	8,90	16,50	
9	Наибольший коэф. гармонич. искажений напр., $THD_u$	2,53	2,64	1,85	3,88	3,12	8
10	Значения напряжения 3-й гармоники, В	2,10	2,9	1,25	9,50	2,50	



подстанциях в Бендерах: ТП-71 (м-н Ленинский), ТП-170 (Стоматологическая поликлиника), ТП-261 (типография) – и в г. Тирасполе на ТП-86.

– Отклонение линейного напряжения превышает допустимое ( $\pm 5\%$ ) на ТП-71 (м-н Ленинский).

– Разница напряжений фаз от 4 до 18 В наблюдается на всех подстанциях.

– Наибольший провал многофазного напряжения 62 В длительностью 12 часов имел место на ТП-71 (м-н Ленинский г. Бендеры).

– Наибольшая кратковременная доза фликера фаз 4,15 длительностью 19 минут, больше 1,38, наблюдалась на ТП-27 БРЭС (г. Бендеры).

– Наиболее длительная доза фликера фаз 1,84 за 6 часов больше допустимой 1 наблюдалась на ТП-27 БРЭС (г. Бендеры).

– Наибольший коэффициент гармонического искажения напряжения  $THD_U = 3,88$  меньше допустимого 8 и наибольшее значение напряжения 3-й гармоники 9,5 В имели место на ТП-261 (типография г. Бендеры).

– Наибольший коэффициент нулевой несимметрии 16,5 % зарегистрирован на ТП-86 (г. Тирасполь).

Из анализа приведенных результатов можно сделать следующие выводы:

– Несимметрия фазных и линейных напряжений и высокий коэффициент ну-

левой несимметрии, которые в той или иной мере отмечены на всех обследуемых подстанциях, обусловлены неравномерной загрузкой фаз данных подстанций.

– Многофазный значительный провал напряжения до 62 В длительностью 12 часов на ТП-71 (м-н Ленинский г. Бендеры) требует принятия немедленных мер по его устранению.

– Наиболее длительная доза фликера фаз 1,84 за 6 часов больше допустимой 1 на ТП-27 БРЭС (г. Бендеры) требует дополнительного анализа ее причины и устранения недостатка.

– Проведенные выборочные измерения и анализ рассмотренных ПКЭ показали, что качество электрической энергии в сетях ПМР требует дополнительного анализа и принятия конкретных мер по его улучшению.

### Цитированная литература

1. Добрусин Л.Н. Проблема качества электроэнергии и электросбережения в России // Энергоэксперт. – 2008. – № 4(9). – С. 30–35.

2. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Электромагнитная совместимость технических средств. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандартинформ, 2014.

УДК 519.68, 620.9

## ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГИОНА

С.Г. Федорченко, Г.С. Федорченко, Ю.В. Балашова

*Исследуется математическое описание энергетической системы региона. Вводится интегральный показатель функционирования народнохозяйственного комплекса. Исходя из полученного описания энергетической системы осуществляется поиск оптимального распределения энергоресурсов между потребителями.*

**Ключевые слова:** энергетическая безопасность, интегральный показатель, энергетика, распределение энергоресурсов, D-функция.

## FORMATION OF THE REGION ENERGY SYSTEM MATHEMATICAL DESCRIPTION

*S.G. Fedorchenko, G.S. Fedorchenko, Y.V. Balashova*

*The article is devoted to the problem of finding a mathematical description of the region energy system. An integral indicator of the functioning of the national economic complex is introduced. Based on the received description of the energy system, a search is made for the optimal distribution of energy resources between consumers.*

**Keywords:** *energy security, integral index, energy, energy distribution, D-function.*

Как известно, в функционировании экономики любой страны одну из ключевых ролей играет энергетическая система. Для управления энергетической системой, предсказания ее поведения в разных ситуациях, а также проверки различных стратегий управления крайне полезно иметь математическую модель. Рассмотрим подход, используя

который можно получить математическую модель энергетической системы региона.

В качестве входных величин возьмем количество первичных энергоресурсов, а выходных – показатели работы различных секторов экономики.

Схема распределения энергетических ресурсов некоторого региона (рис. 1) де-

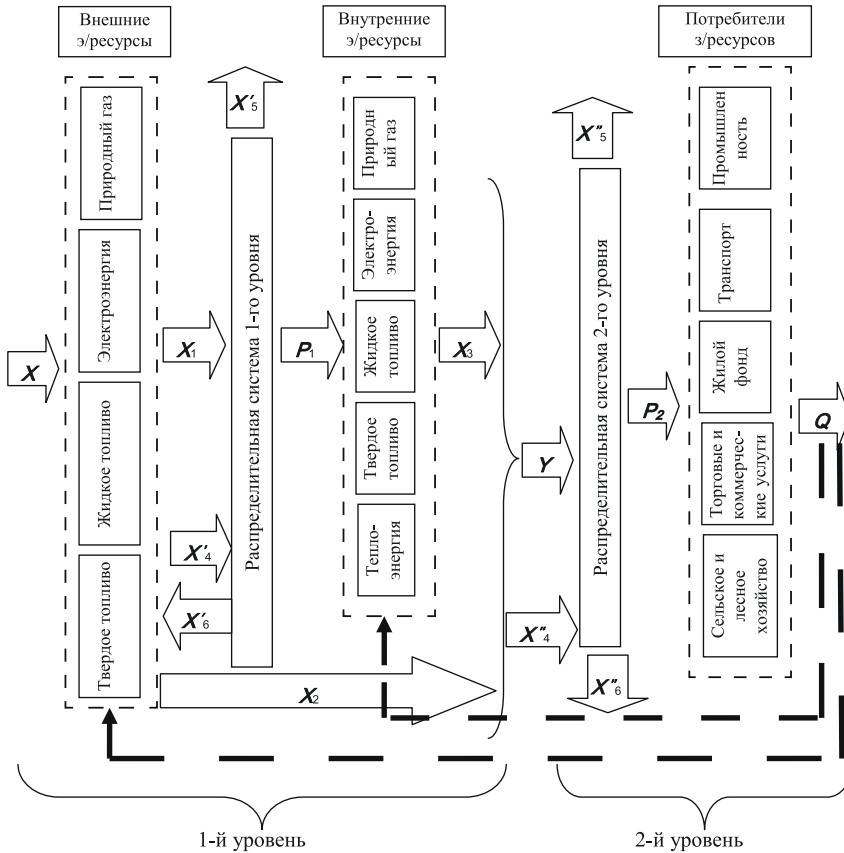


Рис. 1. Схема распределения внешних и внутренних энергетических ресурсов по потребителям

монстрирует, что на вход энергосистемы поступают энергоресурсы различных видов, которые через распределительную систему направляются потребителям, использующим их в процессе своего функционирования.

Каждый из этих энергоресурсов можно разделить на две составляющие:

- а) внешний ресурс, поступающий извне;
- б) внутренний, порожденный внутри рассматриваемой системы.

Выделим два уровня энергосистемы. На первом уровне расположены все источники энергоресурсов – как внутренние, так и внешние. На втором уровне – конечные потребители энергоресурсов.

На вход энергосистемы поступают энергетические ресурсы из внешних источников, описываемые вектором  $X$ . Часть этих энергоресурсов, описываемая вектором  $X_1$ , используется для функционирования источников внутренних энергоресурсов, а часть, описываемая вектором  $X_2$ , напрямую поступает для распределения по потребителям. Очевидно, что  $X = X_1 + X_2$ .

Рассмотрим более подробно 1-й уровень энергосистемы.

В общем случае на конкретной территории могут находиться источники любых энергоресурсов, добыча (генерация, переработка) которых требует использования внешних энергоресурсов. Вектор  $X_1$  поступает на вход распределительной системы 1-го уровня, которая формирует матрицу  $P_1$ . Компоненты этой матрицы содержат информацию о распределении внешних энергоресурсов по секторам энергосистемы, отвечающим за формирование внутренних энергоресурсов.

В распределительной системе 1-го уровня имеют место потери, описываемые компонентами вектора  $X'_5$ . С учетом потерь выражение формирования матрицы  $P_1$  можно представить в виде

$$P_1 = V \cdot (X_1 - X'_5)^T. \quad (1)$$

Здесь  $V$  – матрица, коэффициенты которой описывают распределение внешних энергоресурсов по секторам энергосистемы. Элементы  $i$ -й строки матрицы  $V$  показывают распределение по секторам энергосистемы  $i$ -го внешнего энергоресурса.

Очевидно, что  $\sum_j v_{ij} = 1$ .

Часть энергоресурсов, допускающих длительное хранение, может быть не использована в течение рассматриваемого периода, образуя остатки на складах. Для описания остатков введем два вектора  $X_4$  и  $X_6$ . Вектор  $X_4$  характеризует остатки на складах на начало рассматриваемого периода, а вектор  $X_6$  – на конец рассматриваемого периода. Каждый из введенных нами векторов разобьем на две составляющие, описывающие данные остатки на 1-м уровне энергосистемы ( $X'_4$  и  $X'_6$ ) и на 2-м уровне энергосистемы ( $X''_4$  и  $X''_6$ ).

Поскольку теплота энергия транспортируется на очень небольшие расстояния (в пределах одного населенного пункта), она отсутствует в списке внешних энергоресурсов, но присутствует в списке внутренних энергоресурсов. Остальные энергоресурсы (электроэнергия, природный газ, твердое и жидкое топливо) допускают транспортировку на большие расстояния и поэтому присутствуют как в списке внешних, так и в списке внутренних энергоресурсов.

Под термином «твердое топливо» понимается уголь, кокос, биомасса (дрова, отходы ряда производств, которые могут быть использованы в качестве топлива). Под термином «жидкое топливо» понимается нефть, нефтепродукты, сжиженный газ.

Очевидно, что в технологическом плане мы имеем несколько непересекающихся технологических цепочек по добыче, транспортировке, хранению, распределению указанных ресурсов.

Вектор энергетических ресурсов  $Y$  выражается формулой

$$Y = X_2 + X_3 + X_4' \quad (2)$$

Из-за появления новой компоненты – вектора  $X_3$ , характеризующего такой энергоресурс, как теплоэнергия, размерность векторов  $X_2$ ,  $X_4$  меньше, чем вектора  $X_3$ , поэтому напрямую их сложение невозможно. Введем вектора  $X_2'$  и  $X_4'$ , которые получили добавлением новой компоненты  $X_3$ , равной нулю, к векторам  $X_2$ ,  $X_4$ .

Процесс выработки внутренних энергоресурсов можно описать выражением

$$X_3 = G(X_1), \quad (3)$$

где  $G$  – вектор-функция, описывающая зависимость вырабатываемых внутренних энергоресурсов от внешних энергоресурсов, использованных в данном процессе.

Вектор-функция  $G$  имеет две компоненты:

- одна описывает поведение технологических циклов, формирующих (генерирующих) новые энергоресурсы, в зависимости от количества использованных внешних энергоресурсов;

- другая описывает поведение технологических циклов, формирующих (генерирующих) новые энергоресурсы и не использующих внешние энергоресурсы (например, ГЭС).

Тогда величины энергоресурсов, поступивших на вход распределительной системы, можно описать выражением

$$Y = X_2' + X_3' + X_4 = X_2' + G(X_1) + X_4. \quad (4)$$

Рассмотрим 2-й уровень энергосистемы (см. рис. 1).

При функционировании энергетической отрасли, в частности распределительной системы, имеют место потери энергоресурсов, описываемые вектором  $X_5''$ . Тогда общие потери будут описываться вектором  $X_5 = X_5' + X_5''$ .

С учетом величины потерь энергоресурсы, доступные конечным потребителям, будет описываться вектором

$$Y_1 = Y - X_5'' - X_6. \quad (5)$$

Распределение энергоресурсов по потребителям можно описать выражением

$$P_2 = Y_1 \cdot R, \quad (6)$$

где  $P_2$  – матрица ресурсов потребителей, компоненты которой содержат информацию о том, как распределены все виды ресурсов по потребителям;  $R$  – распределительная матрица, содержимое которой говорит о том, в каких пропорциях производится распределение поступивших энергоресурсов по потребителям.

Полнота выполнения функций, возложенных на каждого конечного потребителя, зависит, в частности, от количества поступивших в его распоряжение энергоресурсов. Степень выполнения потребителями своих функций описывается вектором  $Q$ :

$$Q = W(P - P_T). \quad (7)$$

Здесь  $W$  – некоторая вектор-функция, компоненты которой описывают зависимость функционирования потребителей от наличия энергоресурсов.

Сформируем вектор  $P_T$ , который характеризует количество энергоресурсов, требуемое для успешного функционирования каждого конечного потребителя. Тогда разница  $P - P_T$  дает нам показатель неудовлетворенности конечных потребителей. Компоненты вектора  $P_T$  в общем случае зависят от даты (времени года), времени дня (день, ночь и т. д.), вида дня (рабочий, праздничный, выходной и т. п.) и других условий. Возникший дефицит энергоресурсов (разница  $P - P_T$ ) покрывается за счет внутренних или внешних энергоре-

сурсов, что показано на рис. 1 пунктирными стрелками, образуя обратную связь в энергосистеме. Таким образом, результат работы энергосистемы описывается вектором  $\mathbf{Q}$ .

Если нам требуется сформировать некоторый интегральный показатель – скалярное значение, которое характеризовало бы функционирование энергосистемы в целом, то нам необходимо для каждого потребителя указать его вес. Данные показатели можно рассматривать как компоненты вектора  $\mathbf{\beta}$ . В этом случае интегральный показатель функционирования народнохозяйственного комплекса региона может быть вычислен с помощью выражения

$$D = D(\mathbf{Q}, \mathbf{\beta}). \quad (8)$$

Таким образом, для получения математического описания энергосистемы необходимо знать матрицы  $\mathbf{G}$ ,  $\mathbf{V}$ ,  $\mathbf{R}$  и вектор-функцию  $\mathbf{W}$ .

Для формирования интегрального показателя функционирования энергосистемы нужно знать вектор  $\mathbf{\beta}$  и определить вид функции  $D$ .

Таким образом, мы получили имитационную модель, которая показывает связь между количеством энергоресурсов, поступающих в регион и генерируемых в регионе, с одной стороны, и интегральным показателем функционирования народнохозяйственного комплекса региона – с другой.

### Применение полученной модели для поиска оптимального распределения энергоресурсов между потребителями

Для оценки качества функционирования конечных потребителей энергоресурсов используем функцию полезности  $d_i$  [2]. Данная функция должна показывать

зависимость качества функционирования конкретного конечного потребителя от совокупного объема энергетических ресурсов, использованных им. Найдем для  $i$ -го конечного потребителя оптимальный объем энергоресурсов, при котором его потребности в них полностью удовлетворены, –  $V_i^0$ . Найдем отношение реального объема энергоресурсов  $V_i$  к оптимальному по формуле

$$Y_i = V_i/V_i^0. \quad (9)$$

Очевидно, что по мере увеличения  $Y_i$  качество работы  $i$ -го потребителя будет улучшаться. Будем считать, что увеличение значения  $Y_i$  в первой половине отрезка ( $b = 0, c = 100$ ) оказывает слабое влияние на повышение качества функционирования потребителя, а во второй половине данного отрезка – гораздо большее влияние, поэтому используем для вычисления значений  $d_i$  формулы, взятые нами из [2], для 3-го вида кривой.

Кривая данного типа является S-образной возрастающей асимметричной с медленным начальным возрастанием и рассчитывается по формуле

$$d = 1 - \exp \left\{ - \exp \left\{ - \left[ 9 \left( \frac{c - Y}{c - b} \right)^{a^{\text{III}}} - 2 \right] \right\} \right\}, \quad (10)$$

где показатель степени  $a^{\text{III}}$  можно найти по единственной точке ( $Y^{\text{III}}; d^{\text{III}}$ ) по формуле

$$a^{\text{III}} = \frac{\ln \left( 2 - \ln \ln \frac{1}{1 - d^{\text{III}}} \right) - \ln 9}{\ln(c - Y^{\text{III}}) - \ln(c - b)}. \quad (11)$$

Значения  $Y^{\text{III}}$ ,  $d^{\text{III}}$ , использованные нами для вычисления показателя степени  $a^{\text{III}}$ , приведены в табл. 1.

Здесь представлены значения заданных нами точек ( $Y^{\text{III}}; d^{\text{III}} = 0,37$ ) – это граница областей «плохое качество функ-

ционирования потребителя» и «удовлетворительное функционирование потребителя» для различных конечных потребителей энергоресурсов. Поскольку величина  $Y_i$  выражена в процентах, то границы ее существования ( $b$ ,  $c$ ) заданы выражениями  $b = 0$ ;  $c = 100$ .

Тогда вектор-функция  $Q$  имеет следующий вид:

$$Q = \begin{pmatrix} 1 - \exp \left\{ - \exp \left\{ - \left[ 9 \left( \frac{100 - Y_1}{100} \right)^{0,732} - 2 \right] \right\} \right\} \\ 1 - \exp \left\{ - \exp \left\{ - \left[ 9 \left( \frac{100 - Y_2}{100} \right)^{0,980} - 2 \right] \right\} \right\} \\ 1 - \exp \left\{ - \exp \left\{ - \left[ 9 \left( \frac{100 - Y_3}{100} \right)^{1,70} - 2 \right] \right\} \right\} \\ 1 - \exp \left\{ - \exp \left\{ - \left[ 9 \left( \frac{100 - Y_4}{100} \right)^{5,28} - 2 \right] \right\} \right\} \\ 1 - \exp \left\{ - \exp \left\{ - \left[ 9 \left( \frac{100 - Y_5}{100} \right)^{0,978} - 2 \right] \right\} \right\} \end{pmatrix} \quad (12)$$

Здесь  $i$ -я строка вектора  $Q$  – функция  $d_i$ , характеризующая качество функционирования  $i$ -го конечного потребителя в зависимости от степени обеспеченности его энергоресурсами. Значения, возвращаемые

функциями  $d_i$ , характеризуют функционирование  $i$ -го потребителя и принадлежат интервалу 0–1. Значение функции  $d_i$ , равное 1, говорит об отличном функционировании данного потребителя, а 0 – о крайне неудовлетворительном.

Для вычисления значения интегрального показателя функционирования народнохозяйственного комплекса региона  $D$  используем формулы, взятые нами из [2], для кривой 3-го типа. Весовые коэффициенты, полученные в результате опроса группы экспертов, представлены в табл. 2.

Используем созданную нами имитационную модель для анализа ряда возможных ситуаций, связанных со снабжением региона энергоресурсами. Рассмотрим ситуацию, когда один из основных энергоресурсов поставляется в меньшем количестве, чем необходимо для полноценного функционирования народнохозяйственного комплекса региона.

Предлагается сценарий, состоящий из нескольких шагов.

*Шаг 1:*

1) количество природного газа, поставляемого в регион, меньше необходимого (интервал изменений 1300–700 тыс. т усл. топл.);

2) в первую очередь, в полном объеме газ поставляется на генерирующие мощности, расположенные в регионе;

Таблица 1  
Значения показателя степени  $a^{III}$  для различных конечных потребителей энергоресурсов (3-я форма кривой)

Конечные потребители энергоресурсов	$Y^{III}$ , в % от требуемого кол-ва	$d^{III}$	$a^{III}$
Промышленность	80	0,37	0,732
Транспорт	70	0,37	0,98
Жилой фонд	50	0,37	1,7
Торговые и коммерческие услуги	50	0,37	5,28
Сельское и лесное хозяйство	70	0,37	0,978

Таблица 2  
Весовые коэффициенты для вычисления интегрального показателя функционирования народнохозяйственного комплекса региона

№ потребителя $i$	Конечные потребители энергоресурсов	Весовой коэффициент $\alpha_i$
1	Промышленность	0,8
2	Транспорт	0,7
3	Жилой фонд	0,6
4	Торговые и коммерческие услуги	0,35
5	Сельское и лесное хозяйство	0,45



3) пропорции распределения природного газа по потребителям остаются неизменными;

4) веса потребителей остаются неизменными.

На основе вычисленных значений частных функций полезности, которые характеризуют работу различных потребителей энергоресурсов, рассчитаны значения интегрального показателя функционирования народнохозяйственного комплекса региона (табл. 3). Показатели, которые меньше 0,37 (т. е. принадлежат области «плохо»), выделены жирным шрифтом. Таким образом, видно, что при количестве природного газа

меньше 800 тыс. т усл. топл. функционирование промышленности характеризуется как плохое из-за недостаточного объема данного вида энергоресурсов. То же самое можно сказать и о другом потребителе – жилом фонде.

*Шаг 2.* Возьмем природного газа в количестве 700 тыс. т усл. топл. и последовательно будем снижать объем природного газа, выделенного для внутренней генерации, тогда освободившийся газ будет распределяться в прежних пропорциях между различными потребителями (табл. 4.)

Видно, что с уменьшением количества природного газа, передаваемого для внутренней генерации энергоресурсов,

Таблица 3

Результаты вычислений в соответствии с шагом 1 сценария

Природный газ, тыс. т усл. топл.	Частные функции полезности $d_i$ потребителей						Интегральный показатель функционирования территориального хозяйственного комплекса $D$
	Промышленность	Транспорт	Жилой фонд	Торговые и коммунальные услуги	Сельское и лесное хозяйство	Прочие	
700	<b>0,221</b>	0,688	<b>0,184</b>	<b>0,317</b>	0,413	0,422	<b>0,323</b>
750	<b>0,278</b>	0,917	<b>0,240</b>	0,525	0,775	0,819	0,460
800	<b>0,345</b>	0,992	<b>0,310</b>	0,741	0,965	0,982	0,562
900	0,512	1,000	0,490	0,975	0,999	0,999	0,715
1000	0,709	0,999	0,711	0,999	0,999	0,999	0,847
1100	0,889	0,999	0,905	1,000	0,999	0,999	0,948
1200	0,980	0,997	0,984	0,999	0,999	0,999	0,990
1300	0,998	0,998	0,999	1,000	0,999	0,999	0,999

Таблица 4

Результаты вычислений при объеме природного газа 700 тыс. т усл. топл.

Природный газ, использованный для внутренней генерации, тыс. т усл. топл.	Частные функции полезности $d_i$ потребителей						Интегральный показатель функционирования территориального хозяйственного комплекса $D$
	Промышленность	Транспорт	Жилой фонд	Торговые и коммунальные услуги	Сельское и лесное хозяйство	Прочие	
620	<b>0,221</b>	0,681	<b>0,183</b>	<b>0,317</b>	0,413	0,422	<b>0,323</b>
600	<b>0,242</b>	0,795	<b>0,203</b>	0,396	0,564	0,593	0,376
580	<b>0,265</b>	0,880	<b>0,244</b>	0,481	0,710	0,752	0,432
560	<b>0,289</b>	0,940	<b>0,244</b>	0,519	0,832	0,875	0,478
540	<b>0,315</b>	0,973	<b>0,263</b>	0,657	0,917	0,949	0,517
520	0,342	0,986	<b>0,281</b>	0,740	0,965	0,982	0,548
500	0,991	0,991	<b>0,298</b>	0,814	0,986	0,994	0,575

Результаты вычисления для объема природного газа 750 тыс. т усл. топл.

Природный газ, использованный для внутренней генерации, тыс. т усл. топл.	Частные функции полезности $d_i$ потребителей						Интегральный показатель функционирования территориального хозяйственного комплекса $D$
	Промышленность	Транспорт	Жилой фонд	Торговые и коммунальные услуги	Сельское и лесное хозяйство	Прочие	
620	<b>0,27</b>	0,91	<b>0,24</b>	0,53	0,78	0,82	0,452
600	<b>0,29</b>	0,95	<b>0,26</b>	0,61	0,88	0,92	0,496
580	<b>0,32</b>	0,97	<b>0,29</b>	0,70	0,95	0,97	0,533
560	<b>0,34</b>	0,98	<b>0,32</b>	0,78	0,98	0,99	0,566
540	<b>0,37</b>	0,98	<b>0,35</b>	0,85	0,99	1,00	0,546
520	0,40	0,98	0,39	0,90	1,00	1,00	0,624
500	0,43	0,98	0,42	0,94	1,00	1,00	0,651

промышленность переходит в состояние «удовлетворительно», при этом состояние другого потребителя – жилого фонда все еще остается неудовлетворительным.

Повторим наши действия, но для объема поставляемого природного газа 750 тыс. т усл. топл. (табл. 5). Результаты вычислений показывают, что можно подобрать такие значения вектора  $X_1$ , при которых и промышленность и жилой фонд будут функционировать удовлетворительно.

Подобным образом, выполнив ряд вычислений с помощью полученной нами имитационной модели, мы можем найти оптимальное распределение энергоресурсов между потребителями конкретного региона.

### Цитированная литература

1. Федорченко С.Г., Федорченко Г.С. Классификация состояний энергосистемы // Энергетика Молдовы. – 2016. – С. 202–204.
2. Обобщенная функция полезности и ее приложения / С.Г. Федорченко, Ю.А. Долгов, А.В. Кирсанова, Э.М. Менчер, С.В. Помян, М.В. Нижгородова, Е.И. Андрианова, Н.В. Колоскова, А.В. Колегов, А.М. Башкатов; под ред. С.Г. Федорченко. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2011. – 196 с.
3. Топливо-энергетический баланс Республики Молдова / Национальное бюро статистики Республики Молдова. – Кишинэу, 2013. – 92 с.

УДК 519.68, 620.9

## ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА НА ПРИМЕРЕ ПРИДНЕСТРОВЬЯ

Г.С. Федорченко

*Изучается возможность оценки энергетической безопасности региона. Применяется индикативный анализ, функция полезности Харингтона–Менчера. При оценке уровня энергетической безопасности предлагается учитывать режим функционирования энергетической системы региона.*

**Ключевые слова:** энергетическая безопасность,  $D$ -функция, корреляционные плеяды, интегральный показатель.

## ASSESSMENT OF REGION ENERGY SECURITY IN TERMS OF PRIDNESTROVIE

G.S. Fedorchenko

The article studies the possibility of assessment of the region energy security. The indicative analysis, the utility function of the Harrington–Mencher is used. The author offers to take into account the mode of operating of region energy security in the assessment of the level of energy security.

**Keywords:** energy security, D-function, correlation pleiades, integral index.

Ранее нами было предложено [1–3] использовать для оценки энергетической безопасности региона интегральный показатель и опираться при его формировании:

- на набор индикаторов, характеризующих энергетическую безопасность исследуемого региона;
- границы областей кризисности, заданных исследователем;
- функцию Харингтона–Менчера [4].

Используем предложенную нами методику для построения интегрального показателя энергобезопасности Приднестровья. Предварительно необходимо значения индикаторов преобразовать в значения безразмерной функции полезности  $d_p$ , ко-

торые будем называть частными показателями качества. Это преобразование подробно описано в [5].

Методика формирования интегрального показателя энергетической безопасности требует, чтобы значения используемых индикаторов были некоррелированы. Для проверки выполнения этого требования применим метод корреляционных плеяд [6].

При оценке уровня энергетической безопасности Приднестровья нами использовались 16 индикаторов. Границы кризисности были заимствованы (с некоторыми изменениями) из [7].

После 1-й итерации мы получили пять плеяд (рис. 1). Выберем в качестве

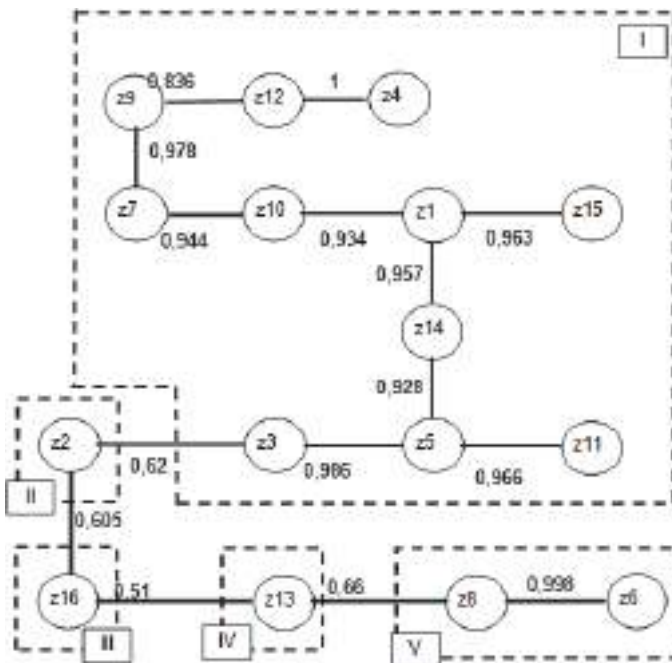


Рис. 1. Граф корреляционных плеяд для индикаторов энергобезопасности Приднестровья, 1-я итерация

представителя 1-й плеяды  $z_1$ , 5-й плеяды –  $z_8$ , остальные плеяды содержат по одному индикатору –  $z_2, z_{16}, z_{13}$ . Выполним 2-ю итерацию – построим заново граф корреляционных плеяд для вышеуказанных представителей плеяд (рис. 2).

В результате проделанной работы мы получили четыре плеяды, причем одна из них (1-я) содержит 13 индикаторов, а остальные – по одному индикатору. Возникает вопрос: как быть с множеством индикаторов, принадлежащих 1-й плеяде? Мы не можем взять один индикатор и рассматривать его как представителя всей плеяды, поскольку значения функции полезности индикаторов, входящих в 1-ю плеяду, различны (табл. 1).

Найдем средневзвешенное значение частных функций полезности индикато-

ров, входящих в 1-ю плеяду, и обозначим его как  $d_1^*$ .

Будем использовать в качестве значения, характеризующего плеяду, средневзвешенное значение частных показателей качества по всем членам плеяды. Значения весов, полученные нами по результатам опроса экспертов, представлены в табл. 1.

Данные для вычисления обобщенной функции полезности сведены в табл. 2.

Тогда величина интегрального показателя энергобезопасности региона может быть вычислена с помощью выражения

$$D = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 \sqrt{d_1^{\alpha_1} d_2^{\alpha_2} d_3^{\alpha_3} d_4^{\alpha_4}}. \quad (1)$$

Полученный нами показатель  $D$  назовем комбинированным интегральным показателем энергобезопасности региона.

Рис. 2. Граф корреляционных плеяд для индикаторов энергобезопасности Приднестровья, 2-я итерация

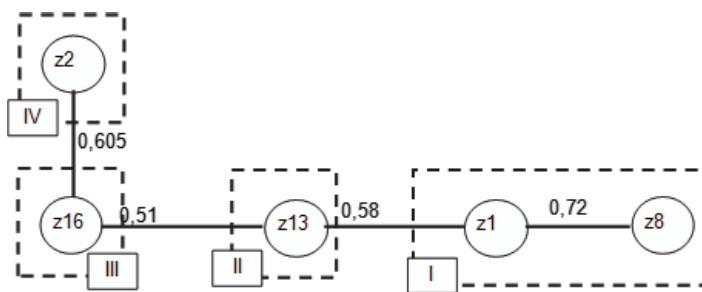


Таблица 1

Значения функции полезности для индикаторов, принадлежащих 1-й плеяде

Код	Описание индикатора	Вес индикатора
$z_1$	Потребление топлива на душу населения	0,5
$z_3$	Выработка электроэнергии на душу населения	0,5
$z_4$	Выработка теплоэнергии на душу населения	0,5
$z_5$	Доля собственных источников электроэнергии в покрытии баланса за год	0,9
$z_7$	Доля блок-станций в общей установленной мощности	0,6
$z_9$	Уровень износа подстанций	0,6
$z_{10}$	Выбросы диоксида углерода	0,4
$z_{11}$	Потребление электроэнергии на душу населения	0,6
$z_{12}$	Потребление централизованной теплоэнергии на душу населения	0,8
$z_{14}$	Энергоемкость ВВП	0,5
$z_{15}$	Электроемкость ВВП	0,5
$z_6$	Доля ГЭС в общей потребляемой мощности	0,8
$z_8$	Доля мощности наиболее крупной электростанции	0,6

Вычисления, результаты которых приведены в табл. 2, выполнены для нормального режима работы энергосистемы [8]. Очевидно, что в других режимах работы энергосистемы весовые коэффициенты индикаторов изменятся, повлияв на значение интегрального показателя (табл. 3). Видно, что веса индикаторов очень сильно зависят от режима работы энергосистемы. Так, при критических режимах работы снижается значение экономических индикаторов ( $z_{13}$ ,  $z_{16}$ ) и возрастает роль индикатора «доля доминирующего топлива»  $z_2$ . По мере ухудшения режима работы энергосистемы снижается значение комбинированного интегрального показателя энергетической безопасности  $D$ . Нам необходимо найти причину, вызывающую это изменение.

Преобразуем формулу вычисления обобщенной функции полезности:

$$D = \sum^{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4} \sqrt{d_1^{\alpha_1} d_2^{\alpha_2} d_3^{\alpha_3} d_4^{\alpha_4}} = d_1^{\alpha_1/\Sigma} d_2^{\alpha_2/\Sigma} d_3^{\alpha_3/\Sigma} d_4^{\alpha_4/\Sigma} = D_1 D_2 D_3 D_4. \quad (2)$$

Здесь  $D_1, D_2, D_3, D_4$  – сомножители комбинированного интегрального показателя энергетической безопасности.

Рассмотрим для определенности значения индикаторов, характеризующих энергобезопасность Приднестровья в 2008 г. Выполним расчеты значений  $D_1, D_2, D_3, D_4$  и построим по ним графики (рис. 3, 4). Данные графики показывают, что по мере изменения режима работы энергосистемы (при неизменных значениях индикаторов, но меняющихся значениях их весов) уменьшается величина сомножителя  $D_2$  – доля доминирующего топлива в суммарном количестве топлива, что влечет за собой снижение величины всего интегрального показателя энергетической безопасности.

По мере ухудшения режима работы энергосистемы величина  $D_2$  уменьшается (рис. 5), причем, начиная с режима функционирования № 5, переходит в зону значений «неудовлетворительно» ( $D < 0,37$ ).

Таблица 2

**Данные, используемые при вычислении обобщенной функции полезности**

Код	Описание индикатора	Плеяда	Вес плеяды $\alpha_i$
$d_1^*$	Средневзвешенное значение $d_1^*$ по 1-й плеяде	1	0,6
$d_2$	Доля доминирующего топлива в суммарном количестве топлива	2	0,8
$d_{16}$	Инвестиции в энергетику	3	0,5
$d_{13}$	Соотношение стоимости энергоресурсов и среднедушевого дохода	4	0,7

Таблица 3

**Значения комбинированного интегрального показателя в зависимости от режима работы энергосистемы**

№	Режим функционирования энергосистемы	Значение весового коэффициента				Значение комбинированного интегрального показателя $D$				
		$Z_1^*$	$z_2$	$z_{16}$	$z_{13}$	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
1	Нормальный	0,8	0,1	0,5	0,9	0,545	0,623	0,63	0,66	0,66
2	Предкризисный начальный	0,8	0,2	0,45	0,75	0,444	0,49	0,49	0,52	0,52
3	Предкризисный развивающийся	0,8	0,3	0,4	0,7	0,363	0,401	0,4	0,42	0,42
4	Предкризисный критический	0,8	0,4	0,4	0,65	0,301	0,339	0,34	0,35	0,35
5	Кризисный нестабильный	0,8	0,5	0,35	0,6	0,254	0,283	0,29	0,29	0,29
6	Кризисный угрожающий	0,8	0,7	0,3	0,55	0,184	0,204	0,21	0,21	0,21
7	Кризисный критический	0,8	0,8	0,3	0,5	0,16	0,176	0,18	0,18	0,18
8	Кризисный чрезвычайный	0,8	0,9	0,25	0,4	0,128	0,139	0,14	0,14	0,14

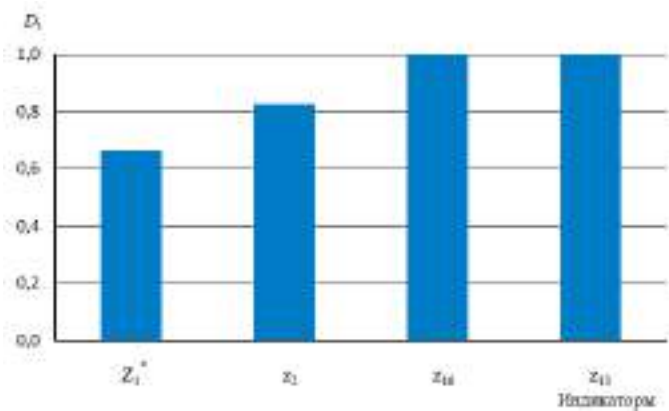


Рис. 3. Сомножители интегрального показателя, режим функционирования – 1-й

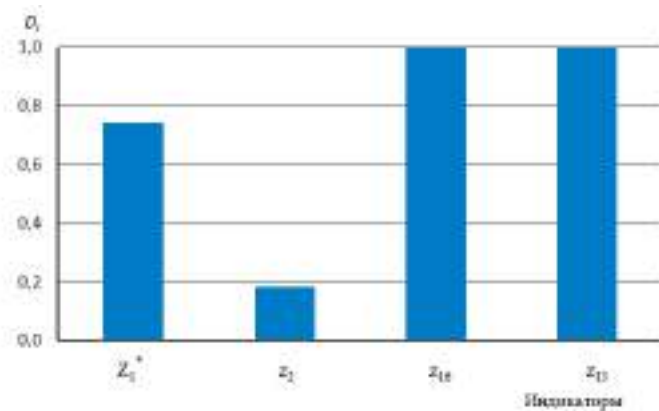


Рис. 4. Сомножители интегрального показателя, режим функционирования – 8-й

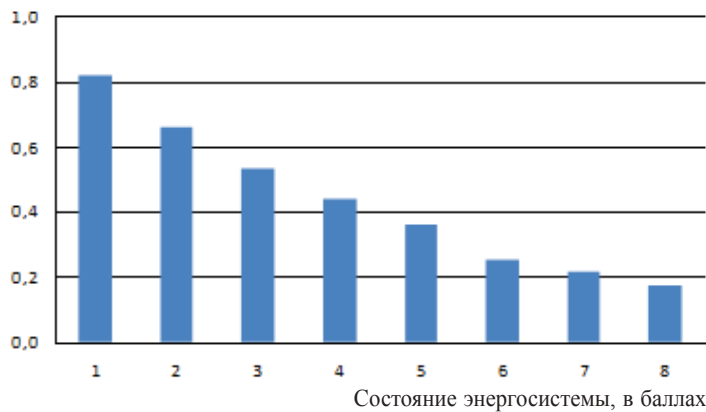


Рис. 5. Изменение значения  $D_2$  в зависимости от режима функционирования энергосистемы



Нами предпринята попытка численно оценить влияние возможных значений индикатора  $z_2$  на энергетическую безопасность региона при неизменных значениях других индикаторов. Для этого были изменены значения индикатора на 50–98 % и подсчитана величина комбинированного интегрального показателя энергобезопасности региона  $D$  (табл. 4, 5).

В табл. 4 жирным шрифтом выделены значения, которые меньше 0,37. Они свидетельствуют о том, что энергосистема региона находится в неудовлетворительном состоянии. Подчеркнуты значения, которые меньше 0,2, они соответствуют состоянию системы «очень плохо». Видно, что эти оценки зависят от режима функционирования системы. Так, в режимах № 1,

2 ни при каких значениях индикатора  $z_2$  система не будет находиться в неудовлетворительном состоянии, в режимах № 7, 8 для обеспечения удовлетворительной работы энергосистемы значение индикатора  $z_2$  должно быть менее 80 %.

Для сравнения рассмотрим те же результаты расчета, но будем ориентироваться на число 0,63 – границу хорошего и удовлетворительного функционирования энергосистемы (см. табл. 5). Видно, что для обеспечения хорошего функционирования системы значение индикатора  $z_2$  в 8-м режиме должно быть менее 66 %, а в 1-м режиме – менее 90 %.

Опираясь на приведенные значения, можно утверждать, что для повышения уровня энергетической безопасности ра-

Таблица 4

 $D$  для различных значений  $z_2$  (выделены значения < 0,37, подчеркнуты < 0,2)

№ режима функционирования системы	Значение индикатора $z_2$ , %						
	78	80	82	86	90	94	98
1	0,701	0,692	0,681	0,656	0,628	0,596	0,564
2	0,627	0,610	0,591	0,547	0,498	0,446	0,398
3	0,580	0,556	0,530	0,472	0,410	<b>0,348</b>	<b>0,293</b>
4	0,550	0,520	0,488	0,420	<b>0,350</b>	<b>0,282</b>	<b>0,226</b>
5	0,518	0,483	0,447	0,370	<b>0,294</b>	<b>0,225</b>	<b>0,170</b>
6	0,457	0,416	0,375	<b>0,291</b>	<b>0,214</b>	<b>0,149</b>	<b>0,103</b>
7	0,434	0,391	<b>0,348</b>	<b>0,262</b>	<b>0,186</b>	<b>0,124</b>	<b>0,082</b>
8	0,394	<b>0,350</b>	<b>0,306</b>	<b>0,221</b>	<b>0,149</b>	0,094	0,058

Таблица 5

 $D$  для различных значений  $z_2$  (выделены значения < 0,63, подчеркнуты < 0,37)

№ режима функционирования системы	Значение индикатора $z_2$ , %										
	66	68	70	72	74	76	78	80	82	86	90
1	0,738	0,734	0,729	0,723	0,717	0,709	0,701	0,692	0,681	0,656	<b>0,628</b>
2	0,699	0,69	0,681	0,67	0,657	0,643	<b>0,627</b>	<b>0,610</b>	<b>0,591</b>	<b>0,547</b>	<b>0,498</b>
3	0,682	0,67	0,656	0,64	<b>0,622</b>	<b>0,602</b>	<b>0,580</b>	<b>0,556</b>	<b>0,530</b>	<b>0,472</b>	<b>0,410</b>
4	0,678	0,663	0,645	<b>0,625</b>	<b>0,602</b>	<b>0,577</b>	<b>0,550</b>	<b>0,520</b>	<b>0,488</b>	<b>0,420</b>	<b>0,350</b>
5	0,674	0,654	0,632	<b>0,608</b>	<b>0,580</b>	<b>0,551</b>	<b>0,518</b>	<b>0,483</b>	<b>0,447</b>	<b>0,370</b>	<b>0,294</b>
6	0,65	<b>0,625</b>	<b>0,597</b>	<b>0,566</b>	<b>0,532</b>	<b>0,496</b>	<b>0,457</b>	<b>0,416</b>	<b>0,375</b>	<b>0,291</b>	<b>0,214</b>
7	0,644	<b>0,617</b>	<b>0,586</b>	<b>0,552</b>	<b>0,515</b>	<b>0,476</b>	<b>0,434</b>	<b>0,391</b>	<b>0,348</b>	<b>0,262</b>	<b>0,186</b>
8	<b>0,620</b>	<b>0,590</b>	<b>0,556</b>	<b>0,519</b>	<b>0,480</b>	<b>0,438</b>	<b>0,394</b>	<b>0,350</b>	<b>0,306</b>	<b>0,221</b>	<b>0,149</b>

боты региона необходимо иметь возможность при режимах функционирования энергосистемы, отличных от нормального, уменьшить долю доминирующего топлива.

Рассмотрим один из вариантов таких действий: перевод агрегата Днестровской ГРЭС, который обеспечивает электроэнергией Приднестровье, на другой вид топлива – уголь. Известно, что Днестровская ГРЭС имеет соответствующее оборудование, находящееся в законсервированном состоянии. При этом она использует от 30 до 40 % газа, потребляемого республикой. Таким образом, можно утверждать, что перевод агрегата ГРЭС на уголь позволит уменьшить долю доминирующего топлива на 27–36 %, т. е. данный индикатор примет значения в интервале от 60 до 55 %. Как видно из табл. 4, 5, это повысит уровень энергобезопасности региона до удовлетворительного состояния вне зависимости от режима функционирования энергосистемы.

### Выводы

Предложен подход, позволяющий определить, какие именно индикаторы оказывают наибольшее негативное влияние на энергобезопасность региона. Применение данного подхода проиллюстрировано на примере Приднестровья. На основе полученных результатов сформулированы рекомендации по повышению уровня энергобезопасности региона.

### Цитированная литература

1. Федорченко Г.С., Федорченко С.Г. Интегральная мера оценки состояния энер-

гетической безопасности // Проблемы региональной энергетики. – 2014 [Электронное издание]. – Режим доступа: <http://journal.ie.asm.md/ru/contents/elektronnyj-zhurnal-n-124-2014>

2. Федорченко Г.С., Федорченко С.Г. Мультипликативная интегральная мера оценки состояния энергетической безопасности // Вестник Приднестр. ун-та. Сер.: Физ.-мат. и техн. науки. – 2014. – № 3. – С. 86–94.

3. Федорченко Г.С., Федорченко С.Г. Мультипликативная интегральная оценка состояния энергетической безопасности // Проблемы региональной энергетики. – 2016. – № 1 [Электронное издание]. – Режим доступа: <http://journal.ie.asm.md/ru/contents/electronni-jurnal-n130-2016>

4. Федорченко С.Г., Долгов Ю.А., Кирсанова А.В. и др. Обобщенная функция полезности и ее приложения / под ред. С.Г. Федорченко. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2011. – 196 с.

5. Федорченко Г.С. Расчет значений индикаторов, характеризующих энергетическую безопасность Приднестровья // Вестник Приднестр. ун-та. Сер.: Физ.-мат. и техн. науки. – 2017. – № 3(57). – С. 144–149 [Электронное издание]. – Режим доступа: [http://spsu.ru/images/files/science/vestnik/Vestnik\\_2017\\_3\\_57.pdf](http://spsu.ru/images/files/science/vestnik/Vestnik_2017_3_57.pdf)

6. Быкова Е.В., Михайлевич Е.В., Постолатий В.М. Методические рекомендации решения проблем энергетической безопасности Молдавии и Белоруссии. – Кишинев, 2010. – 100 с.

7. Дружинин Г.В. Методы оценки и прогнозирования качества. – М.: Радио и связь, 1982. – 160 с.

8. Федорченко Г.С. Классификация режимов функционирования энергосистемы региона // Вестник Приднестр. ун-та. Сер.: Физ.-мат. и техн. науки. – 2018. – № 3(60). – С. 132–138 [Электронное издание]. – Режим доступа: [http://spsu.ru/images/files/science/vestnik/Vestnik\\_Fis-mat\\_3-18.pdf](http://spsu.ru/images/files/science/vestnik/Vestnik_Fis-mat_3-18.pdf)

УДК 004.8

## КЛАССИФИКАЦИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ УНИВЕРСАЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРЫ

С.В. Помян, В.С. Попукайло, М.В. Нижегородова

*Рассмотрена классификация нейронных сетей для разработки универсальной архитектуры, модель искусственного нейрона, классификация функций активации нейрона, обучение нейронной сети. Сформулирована задача построения системы, предоставляющей возможности по конструированию, обучению и работе нейронных сетей различных архитектур, на основе проведенной классификации нейронных сетей.*

**Ключевые слова:** нейронные сети, классификация нейронных сетей, классификация функций активации нейрона, обучение нейронной сети.

## CLASSIFICATION OF NEURON NETWORK FOR DEVELOPMENT OF UNIVERSAL ARCHITECTURE

S.V. Potmyan, V.S. Popukailo, M.V. Nizhegorodova

*The article considers the classification of neuron network for development of universal architecture, the model of artificial neuron, the classification of neuron activation functions, neuron network training. The problem of system construction is formulated, which provides opportunities for the design, training and operation of neural networks of various architectures based on the conducted classification of neural networks.*

**Keywords:** neural networks, neural network classification, neuron activation function classification, neural network training.

Человеческий мозг представляет собой огромную естественную нейронную сеть, которая может успешно выполнять функции познания, восприятия и управления. Мозг способен решать сложные вычислительные задачи восприятия и совершать управляющие действия, что обусловлено эффективным использованием параллелизма и способностью обрабатывать неточную информацию. Человеческий мозг состоит из более чем 10 млрд нейронов, связанных между собой. Каждый нейрон – это клетка, которая использует биохимические реакции для получения, обработки и передачи информации.

Термин «искусственная нейронная сеть» появился в середине XX века, однако активный интерес к исследованию нейронных сетей возник только тогда, когда компьютеры достигли больших вы-

числительных мощностей. В настоящее время постоянно создаются новые архитектуры сетей, алгоритмы их обучения. Все более расширяется спектр применения нейронных сетей. Они используются в таких областях, как распознавание образов, классификация, принятие решений и управление, кластеризация, прогнозирование, аппроксимация, сжатие данных и ассоциативная память.

В связи с этим возникает потребность в накоплении знаний о нейронных сетях, подробной их классификации и создании единого интерфейса для работы с нейронными сетями различных архитектур. К сожалению, на сегодняшний день в русскоязычных материалах существует большое количество разногласий по поводу применения тех или иных методов и терминов, вплоть до базовых понятий. В такой

ситуации достаточно сложно выделить обобщенную архитектуру нейронной сети и типовые варианты ее построения, обучения и работы с ней.

Актуальность данного исследования обусловлена повышением в последнее время интереса к вычислениям при помощи нейронных сетей, а также отсутствием библиотек, работающих с нейронными сетями различных архитектур и при этом оставляющих возможности для расширения применения таких сетей пользователем.

Существует несколько основных библиотек, работающих с нейронными сетями, – *Caffe*, *Tensorflow*, *Torch*. Все они очень хорошо подходят для целевого создания и обучения архитектур нейронных сетей, однако весьма плохо подходят для начала знакомства с нейронными сетями, так как скрывают большое количество деталей во внутренней реализации и предоставляют возможности для расширения с достаточно высоким порогом вхождения.

Задачи работы – выполнить классификацию существующих нейронных сетей и на ее основе выделить обобщенный вид нейронной сети и искусственного нейрона.

Для решения поставленных задач рассмотрим несколько видов наиболее распространенных нейронных сетей и выделим важные аспекты и составляющие элементы каждой сети.

*Модель искусственного нейрона.* Искусственные нейронные сети были разработаны в качестве обобщенной математической модели биологических нервных сетей. Интерес к нейронным сетям (которые также известны как коннекционная модель, или система параллельной распределенной обработки) появился после внедрения МакКалокком и Питцем в 1943 году понятия упрощенного нейрона. Авторы показали, что сеть на таких элементах может выполнять числовые и логические

операции. Практически сеть была реализована Фрэнком Розенблаттом в 1958 году как компьютерная программа, а впоследствии как электронное устройство.

Базовый блок обработки в нейронных сетях называется искусственным нейроном, нейроном или узлом. Искусственный нейрон включает несколько основных элементов [1]:

- набор синапсов, или связей между нейронами (каждая связь характеризуется своим весом, связи с положительным весом называются возбуждающими, а с отрицательным – тормозящими);

- сумматор – элемент, который складывает входные сигналы, взвешенные относительно соответствующих синапсов;

- функция активации (сжимающая функция) – функция, ограничивающая амплитуду выходного сигнала нейрона.

Базовая архитектура нейронной сети состоит из трех слоев: входного, скрытого и выходного. В зависимости от положения нейрона в нейронной сети его можно определить как входной, скрытый или выходной.

Входные нейроны фактически не являются нейронами в прямом смысле, так как не производят никаких преобразований входных данных, а просто распределяют данные на следующие слои.

Значения нейронов выходного слоя представляют собой результат работы сети. Эти значения образуют выходной вектор, каждый из элементов которого соответствует вероятности того, что входные данные относятся к соответствующему классу, который нейронная сеть смогла выделить во время своего обучения.

Элементы скрытого слоя дают нейронной сети дополнительные вычислительные способности, которые намного превышают возможности однослойных нейронных сетей.

*Классификация функций активации нейрона.* Функция активации нейрона

(передаточная функция, функция возбуждения, activation function) – это функция, с помощью которой вычисляется выходной сигнал нейрона [2].

Обычно нормализованный диапазон амплитуд выхода нейрона лежит в пределах  $[0, 1]$  или  $[-1, 1]$ . В зависимости от задачи, которая стоит перед нейронной сетью, в качестве функции активации используются различные функции. Объединяющей их особенностью является то, что все они принимают в качестве входного значения взвешенную сумму входов.

Первой функцией активации, использованной в ранних работах по нейронным сетям, была функция Хевисайда (ступенчатая функция, функция единичного скачка). Функция Хевисайда имеет несколько существенных недостатков. Прежде всего, она не является дифференцируемой функцией. В случае однослойной нейронной сети это не представляется проблемой, так что зачастую используется именно функция Хевисайда. Однако для многослойных сетей данная функция неприменима, так как для их обучения чаще всего используются методы, включающие в себя дифференцирование функции активации.

Еще одним важным негативным фактором является отсутствие достаточной гибкости при обучении и настройке нейронной сети. Если значение вычисляемой взвешенной суммы не достигает заданного порога, то выходной сигнал не формируется и выходное значение нейрона равно нулю. Это приводит к тому, что снижается интенсивность выходного сигнала данного нейрона и формируется невысокое значение уровня на взвешенных входах в следующем слое нейронов.

Следующим этапом можно считать функцию линейного порога, или гистерезис. Она имеет два линейных участка, где функция активации тождественно равна минимально допустимому и максимально допустимому значению, и участок, на ко-

тором функция строго монотонно возрастает.

Гистерезис лишен трудностей в обучении, таких как у функции Хевисайда. Однако данная функция все еще не является дифференцируемой, что не позволяет строить нейронные сети более чем с одним слоем.

Потребность в дифференцируемой функции привела исследователей к использованию сигмоидальной функции. Она является непрерывной, монотонно возрастающей и дифференцируемой, что позволяет применять ее для построения многослойных сетей.

На практике применяются различные вариации сигмоидальной функции, в частности функция Ферми, рациональная сигмоида и гиперболический тангенс. Конкретный вид функции может быть выбран исходя из поставленной задачи и особенностей каждой из сигмоидальных функций.

Гроссберг в 1973 году обнаружил, что сигмоидальная функция активации решает поставленную им дилемму шумового насыщения. Слабые сигналы нуждаются в большом сетевом усилении, чтобы дать пригодный к использованию выходной сигнал. Однако усилительные каскады с большими коэффициентами усиления могут привести к насыщению выхода шумами усилителей, которые присутствуют в любой физически реализованной сети. Сильные входные сигналы, в свою очередь, также будут приводить к насыщению усилительных каскадов, исключая возможность полезного использования выхода. Сигмоидальная функция является решением этой проблемы, усиливая слабые сигналы и, напротив, приглушая сильные.

На практике выбор функции активации зависит, прежде всего, от поставленной задачи, и общего мнения здесь нет. В некоторых работах указывается, что и функции линейного порога может быть

достаточно для решения сложных задач. Однако в задачах прогнозирования, классификации и подобных обычно применяются сигмоидальные функции.

*Классификация нейронных сетей.* Существуют различные классификации нейронных сетей в зависимости от признака.

Классифицируя нейронные сети по топологии, можно выделить три основных типа:

- Полносвязная сеть, представляющая собой сеть, у которой каждый нейрон передает остальным нейронам свой выходной сигнал, причем сигнал может быть передан и себе. Учитывается, что всем нейронам передаются все входные сигналы, после нескольких тактов функционирования сети выходными сигналами могут быть все или некоторые.

- Многослойная (слоистая) сеть, в которой нейроны объединяются в слои, содержащие совокупность нейронов только с входными сигналами, в каждом слое число нейронов может быть любым, не зависящим от количества нейронов в других слоях. Кроме входного и выходного слоев такая сеть имеет один или несколько промежуточных (скрытых) слоев. Именно такая архитектура считается классической архитектурой нейронной сети.

- Слабосвязная сеть (нейронная сеть с локальными связями), представляющая собой слоистую сеть с небольшим количеством связей. Нейроны здесь располагаются в узлах прямоугольной или гексагональной решетки, каждый из них связан с четырьмя (окрестность фон Неймана), шестью (окрестность Голея) или восемью (окрестность Мура) своими ближайшими соседями.

Среди слоистых сетей выделяют следующие типы:

- сети без обратных связей (сети прямого распространения), в которых нейроны входного слоя получают входные сигналы, преобразуют их и передают ней-

ронам следующего слоя и так до выходного слоя, выдающего выходные сигналы;

- рекуррентные нейронные сети (сети с обратными связями), в которых имеется обратная связь. Под обратной связью понимается связь от логически более удаленного элемента к менее удаленному элементу. Наличие обратных связей позволяет запоминать и воспроизводить целые последовательности реакций на один стимул. С точки зрения программирования в таких сетях появляется аналог циклического выполнения, а с точки зрения систем – сеть эквивалентна конечному автомату. Такие особенности потенциально предоставляют множество вариантов моделирования, но на данный момент большинство из них плохо изучены в связи с возможностью построения разнообразных архитектур и сложностью их анализа.

В свою очередь, рекуррентные сети можно классифицировать таким образом:

- слоисто-циклические сети, отличающиеся тем, что слои замкнуты в кольцо: последний слой передает свои выходные сигналы первому, все слои равноправны и могут как получать входные сигналы, так и выдавать выходные;

- слоисто-полносвязные, состоящие из слоев, каждый из которых представляет собой полносвязную сеть, а сигналы передаются как от слоя к слою, так и внутри слоя; в каждом слое цикл работы распадается на три части: прием сигналов от предыдущего слоя, обмен сигналами внутри слоя, выработка выходного сигнала и передача следующему слою;

- полносвязно-слоистые, в которых не разделяются фазы обмена внутри слоя и передачи следующему, на каждом такте нейроны всех слоев принимают сигналы от нейронов как своего слоя, так и последующих.

По однородности функции активации все нейронные сети можно разделить на гомогенные (однородные) и гетерогенные.



Гомогенная сеть состоит из нейронов одного типа с единой функцией активации, а гетерогенная сеть содержит нейроны с различными функциями активации.

Существуют бинарные и аналоговые сети. Бинарная сеть оперирует только двоичными сигналами, выход каждого нейрона может принимать значение либо нуля (заторможенное состояние), либо единицы (возбужденное состояние).

Нейронные сети классифицируются на синхронные и асинхронные. В синхронной сети в каждый момент времени свое состояние меняет один нейрон, в асинхронной сети – сразу целая группа нейронов, обычно весь слой.

Отдельно стоит ввести определение термина «перцептрон».

Перцептрон – математическая или компьютерная модель восприятия информации мозгом (кибернетическая модель мозга), предложенная Розенблаттом в 1957 году и реализованная в виде электронной машины «Марк-1» в 1960 году. Основной математической задачей, решенной с помощью перцептрона, является линейное разделение любых нелинейных множеств, так называемое обеспечение линейной сепарабельности.

Перцептроны могут быть классифицированы как искусственные нейронные сети с одним скрытым слоем, пороговой передаточной функцией и прямым распространением сигнала.

*Основы обучения нейронных сетей.* Самым важным свойством нейронных сетей является их способность обучаться на основе входных данных и в результате обучения повышать свою производительность. Нейронная сеть должна быть сконфигурирована таким образом, чтобы при подаче определенного набора входных значений она выдавала желаемый набор выходных значений.

Известно множество методов калибровки силы связей между нейронами.

Одним из способов является ручная установка весов связей в соответствии со знаниями о предметной области. Другой метод заключается в тренировке нейронной сети, при которой на вход подаются обучающие примеры, а сеть сама настраивает веса согласно правилу обучения.

Все методы обучения можно разделить на три категории [3]:

1. Обучение с учителем – когда входной вектор подается в паре с выходным вектором, каждый элемент которого означает желаемый сигнал соответствующего нейрона выходного слоя. После прямого прохода обнаруживают ошибку или расхождение между желаемым выходом и реальным для каждого выходного узла сети. Эти значения после используют для изменения весов нейронной сети согласно выбранному правилу обучения. Лучшими примерами применения данной техники являются алгоритм обратного распространения ошибки, дельта-правило и правило обучения перцептрона [4].

2. Обучение без учителя (или самоорганизация) – метод, при котором выходной слой тренируется таким образом, что начинает выделять определенные шаблоны во входной информации. Предполагается, что система отбирает характерные особенности во входной информации. В отличие от обучения с учителем здесь не существует априорного набора категорий, на которые сеть делит шаблоны входной информации. Вместо этого система строит свое собственное представление входных стимулов.

3. Обучение с подкреплением означает обучение действиям, которые сеть должна предпринять, для того чтобы максимизировать сигнал подкрепления. Учитель не говорит сети, что она должна делать, как это происходит в большинстве форм машинного обучения. Его задача – определить, какие действия дадут в результате наибольший сигнал

подкрепления, если сеть выполнит эти действия. В самых интересных случаях действия могут не только давать мгновенный эффект, но и влиять на последующее обучение. Обучение путем проб и ошибок и задержка сигнала подкрепления являются двумя наиболее важными отличительными особенностями обучения с подкреплением.

Парадигмы обучения говорят о результате обучения в терминах изменения весов соединений между узлами в соответствии с каким-либо правилом. Важный вклад в историю коннекционизма внес физиолог и нейропсихолог Д. Хебб. Он представил свою теорию нервной системы, основанную, насколько это возможно, на физиологии. Самой важной концепцией стало формальное утверждение, известное как правило Хебба, о том, как происходит обучение сети. Первое правило Хебба: если сигнал перцептрона неверен и равен нулю, то необходимо увеличить веса тех входов, на которые была подана единица. Второе правило Хебба: если сигнал перцептрона неверен и равен единице, то необходимо уменьшить веса тех входов, на которые была подана единица [5].

Технология обучения с учителем искусственной нейронной сети предполагает наличие двух однотипных множеств – множества учебных примеров, которое используется для «настройки» сети, и множества контрольных примеров, которое используется для оценки качества работы сети.

Процедура обучения искусственной нейронной сети сводится к процедуре коррекции весов ее связей. Целью процедуры коррекции весов является минимизация функции ошибки.

Общая схема обучения с учителем выглядит следующим образом:

1) весовые коэффициенты нейронной сети настраиваются некоторым образом, обычно малыми случайными значениями;

2) на вход нейронной сети подаются в определенном порядке учебные примеры, для каждого примера вычисляется ошибка (ошибка обучения) и по определенному алгоритму производится коррекция весов;

3) проверяется правильность работы сети: на вход в определенном порядке подаются контрольные примеры, для каждого примера вычисляется ошибка (ошибка обобщения), если результат неудовлетворительный, то производится модификация множества учебных примеров или архитектуры сети и повторение цикла обучения [6].

Если после нескольких итераций алгоритма обучения ошибка обучения падает почти до нуля, в то время как ошибка обобщения вначале спадает, а затем начинает расти, то это является признаком эффекта переобучения, и тогда обучение необходимо прекратить.

В случае однослойной сети желаемые выходные значения нейронов единственного слоя известны, и подстройка весов синаптических связей идет в направлении, минимизирующем ошибку на выходе сети. По этому принципу построен алгоритм Розенблатта. Весовые коэффициенты меняются, только если реальное выходное значение не совпадает с идеальным выходным значением. Перцептрон Розенблатта ограничивается бинарными выходами [1].

Видроу и Хофф изменили модель Розенблатта, используя непрерывную линейную функцию активации нейрона. Метод обучения Видроу–Хоффа известен как дельта-правило. Этот метод ставит своей целью минимизацию функции ошибки в пространстве весовых коэффициентов [6].

Сеть, имеющую один и более скрытых слоев, невозможно обучить описанными выше методами, поскольку в многослойных сетях известен выход лишь последнего слоя нейронов. Решение этой

задачи было предложено Румельхартом в 1986 году и названо методом обратного распространения ошибки [7]. Основная идея этого метода состояла в распространении сигналов ошибки от выходов сети к ее входам в направлении, обратном прямому распространению сигналов в обычном режиме работы.

Метод обратного распространения ошибки – это итеративный градиентный алгоритм обучения многослойной искусственной нейронной сети без обратных связей. При обучении ставится задача минимизации среднеквадратической функции ошибки. Минимизация функции ведется методом градиентного спуска.

Алгоритм обратного распространения ошибки обычно останавливается в локальном минимуме, так как начальные веса назначаются случайным образом. На некоторых начальных значениях начальных весов алгоритм может быть не способен достичь глобального минимума в весовом пространстве, в то время как другие начальные данные для этой же сети позволят ей достичь оптимального минимума.

Практический опыт в использовании алгоритмов тренировки показывает, что различные начальные веса приводят к различным итоговым конфигурациям нейронных сетей. Следовательно, множественные минимумы существуют и их насчитывается большое количество.

В практике для подстройки весов используются четыре типа алгоритмов оптимизации. Градиентный спуск, метод сопряженных градиентов и квазиньютоновский метод – это методы общей оптимизации, применение которых вкладывается в контекст минимизации квадратичной ошибки. Поверхность ошибки не является квадратичной, для дифференцируемых функций ошибка не будет квадратичной при достаточной близости локального минимума, и такой анализ предоставляет информацию

о поведении алгоритма тренировки на диапазоне в несколько итераций и о приближении к достижению цели алгоритма. Четвертый метод – алгоритм Левенберга–Марквардта специально создан для минимизации функции ошибки, которая получается из критерия квадратичной ошибки [7]. Общая особенность этих алгоритмов – необходимость повторяющихся эффективных вычислений градиента.

Для методов обучения без учителя, так же как и для методов обучения с учителем, требуется множество учебных примеров. Процесс обучения сводится к подстройке весовых коэффициентов, но в отличие от обучения с учителем здесь нет эталонных выходов и веса изменяются по алгоритму, учитывающему только входные и производные от них сигналы.

*Тренировка и тестирование нейронных сетей.* Лучший способ тренировки сети – это сформировать большой набор тестовых примеров (чем сложнее задача, тем больше нужно примеров), которые представляют все возможные характеристики задачи. Для создания устойчивой сети в некоторых случаях к тренировочным данным добавляется «шум», чтобы сеть была готова к естественному непостоянству реальных данных.

Плохие тестовые данные неизбежно ведут к неустойчивой и непредсказуемой сети. Обычно нейронная сеть тренируется на заранее определенном количестве эпох или до тех пор, пока ошибка между эпохами изменяется более, чем определенное пороговое значение.

Особенно важно не перетренировать сеть, поскольку в этом случае она может стать слишком подогнанной под обучающую выборку, вследствие чего окажется неспособной классифицировать примеры, не принадлежащие этой выборке.

Количество нейронов в скрытом слое влияет на то, насколько эффективно сеть может разделять данные. Большое коли-

чество скрытых нейронов дает гарантию верного распознавания данных, на которых сеть была обучена, но ее эффективность на новых данных и способность к обобщению ставится под сомнение. Если скрытых нейронов будет слишком мало, сеть может оказаться неспособной понять зависимости между данными и величина ошибки не сможет достичь приемлемого уровня. Таким образом, выбор количества нейронов в скрытом слое является критическим решением.

Алгоритмы обучения используют технику крутого спуска, при котором происходит спуск в пространстве ошибки до тех пор, пока не будет найден первый минимум. Это делает выбор начальной точки в многомерном весовом пространстве критическим. Однако рекомендаций и правил по этому поводу нет, за исключением нескольких попыток с разных стартовых позиций и сравнения результатов между собой.

Скорость обучения фактически управляет размером шага, который совершается в многомерном весовом пространстве при изменении весов. Если выбранная скорость обучения будет слишком большой, алгоритм может постоянно пропускать локальный минимум, что выльется в колебания и приведет к низкому значению ошибки. Если скорость слишком мала, количество итераций может быть очень большим, результатом чего станет низкая эффективность обучения.

Можно определить следующие задачи построения системы, предоставляющей возможности по конструированию, обучению и работе нейронных сетей различных архитектур на основе проведенной классификации нейронных сетей:

1) основываясь на классификации, выделить обобщенный вид нейронной сети и искусственного нейрона;

2) провести декомпозицию обобщенной архитектуры для выделения составляющих элементов сети и определения их типовых характеристик;

3) реализовать полученную архитектуру и проверить ее корректность, используя в качестве эталонных примеров иные исследовательские работы;

4) определить основные форматы входных данных нейронных сетей, предусмотрев возможность выбора пользовательской разметки данных на входы нейронной сети;

5) предоставить оптимизированную реализацию для определенных типов сетей с целью ускорения обучения и работы наиболее часто используемых типов сетей.

## Цитированная литература

1. **Розенблатт Ф.** Принципы нейродинамики: перцептроны и теория механизмов мозга / пер. с англ. В.Я. Алтаева, Б.А. Власюка, Ю.А. Крутикова, Ю.А. Патругина; под ред. С.М. Осовца. – М.: Мир, 1965. – 480 с.
2. **Каллан Р.** Основные концепции нейронных сетей / пер. с англ. и ред. А.Г. Сивака. – М.: Вильямс, 2001. – 287 с.
3. **Горбань А.Н.** Обучение нейронных сетей. – М.; СПб.: ПараГраф, 1990. – 160 с.
4. **Круглов В.В., Борисов В.В.** Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – М.: Горячая линия; Телеком, 2001. – 382 с.
5. **Заенцев И.В.** Нейронные сети: основные модели: учебное пособие к курсу «Нейронные сети». – Воронеж: ВГУ, 1999. – 76 с.
6. **Уоссермен Ф.** Нейрокомпьютерная техника: теория и практика / пер. с англ. Ю.А. Зуева, В.А. Точенова. – М.: Мир, 1992. – 184 с.
7. **Хайкин С.** Нейронные сети. Полный курс / пер. с англ. Н.Н. Куусуль и А.Ю. Шелестова; под ред. Н.Н. Куусуль. – 2-е изд., испр. – М.: Вильямс, 2006. – 1104 с.

УДК 004:42

## РАЗРАБОТКА ЯДРА ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

*А.В. Курсанова, А.Н. Богатый*

*Изложен способ реализации программного ядра промежуточного программного обеспечения, использующего технологию Web-API интеграции, для взаимодействия с существующей информационной системой. Показан способ программной интеграции в информационных системах.*

**Ключевые слова:** *информационная система, эффективное взаимодействие информационных систем, система штрафования, система оповещения.*

## DEVELOPMENT OF THE CORE OF INTERMEDIATE SOFTWARE FOR INTERACTION OF INFORMATION SYSTEMS

*A.V. Kirsanova, A.N. Bogatyι*

*The article describes the implementation medium of the intermediate software core that uses the technology of Web-API integration to interact with the existing information system. The method of software integration in information systems is shown.*

**Keywords:** *information system, effective interaction of information systems, penalty system, notification system.*

В настоящее время происходит интенсивная информатизация государственной деятельности, обусловленная все более глубоким проникновением цифровых технологий в процессы информирования граждан. Информация рассматривается как один из основных ресурсов развития общества, а информационные системы и технологии – как средство повышения производительности и эффективности работы людей [1]. Автоматизация информационных систем проводится с целью повышения эффективности организации рабочих процессов учреждения, а также для оперативного обеспечения людей требуемой информацией. Многие государственные органы и учреждения прибегают к использованию современных технологий в своей деятельности для упрощения получения информации, ее изменения, сохранения и отражения на официальных сайтах.

Информационная технология направлена на целесообразное использование инфор-

мационных ресурсов и снабжение ими всех элементов организационной структуры. Однако у одного и того же учреждения может быть несколько филиалов, следовательно, несколько информационных систем, поэтому возникает проблема их эффективного взаимодействия. Таким образом, основным вопросом является поиск способа взаимодействия информационных систем и обмена информацией между ними [2]. Примером реализации взаимодействия информационных систем служит применение разработанного нами программного ядра в информационной системе штрафования ГАИ.

Наибольшую актуальность приобретают задачи разработки методов интеграции новых ресурсов в уже существующие информационные системы.

Предметом настоящего исследования являются возможности автоматизации работы информационной системы, их применение в существующей информационной системе ГАИ.



Сотрудники ГАИ при помощи программных решений ежедневно взаимодействуют с информационной системой. Однако взаимодействие между компонентами системы бывает затруднительно, особенно если необходимо совершить изменения в одном из компонентов. Использование современных информационных технологий и их возможностей в полной мере позволит автоматизировать информационную систему ГАИ, а именно систему штрафования.

В информационную систему ГАИ ПМР внедрена современная система «Безопасный город», которая успешно функционирует [3]. Эта автоматизированная система позволяет обеспечивать безопасность на улицах при помощи камер видеонаблюдения. На всей территории республики установлено около 500 камер, которые работают круглосуточно и распознают все большее количество видов нарушений правил дорожного движения. В Центре обработки информации сотрудники ГАИ в режиме реального времени отслеживают правонарушения. Выявленное нарушение фиксируется инспектором системы «Безопасный город», сохраняется на сервере, затем информация передается ведомствам, которые проводят разбирательство. Для нарушителей ПДД это зачастую заканчивается извещением, которое высылается им по почте. Однако основной проблемой является то, что данные извещения не всегда доставляются адресату и поэтому он не знает о наличии действующих постановлений, которые необходимо оплатить. Очевидно, что эта часть системы штрафования ГАИ ПМР требует совершенствования. Таким образом, нуждаются в модернизации основные функции и действия сотрудников ГАИ при работе с постановлениями и способы оповещения водителей транспортных средств о наличии новых штрафов, чтобы нарушители своевременно получали информацию из базы данных.

Целями работы являются: реализация программного ядра промежуточного программного обеспечения, использующего технологию *Web-API* интеграции, для взаимодействия с информационной системой ГАИ ПМР, а именно с системой штрафования [4]; автоматизация основных функций и действий сотрудников ГАИ в отношении постановлений; внедрение современных способов оповещения водителей о наличии новых постановлений.

Практическая значимость результатов настоящей работы заключается в возможности внедрения созданного ядра промежуточного программного обеспечения в существующую информационную систему штрафования ГАИ ПМР. Это позволит повысить эффективность передачи данных в системе, усовершенствует способы обмена информацией между сотрудниками и приложениями, а также обеспечит оперативный доступ водителей транспортных средств к информации о наличии постановлений и даст возможность своевременно оповещать нарушителей о штрафах современными способами.

Для достижения поставленных целей были проанализированы российские и украинские примеры программных систем в данной области, произведен обзор методик проектирования и разработки способов взаимодействия информационных систем, изучены существующие аналоги программных решений, выявлены их основные преимущества и недостатки.

В Российской Федерации разработана крупнейшая система для проверки наличия и оплаты штрафов за нарушения ПДД. Главным преимуществом данной информационной системы является то, что с ней могут взаимодействовать различные соответствующие приложения. Так, веб-сайт *shtrafy-gibdd.ru* создан для работы системы в интернете по всей территории России. Существует и мобильное приложение «Штрафы ГИБДД» от банка «Тинькофф».



Оно позволяет проверять наличие штрафов и оплачивать их при помощи мобильного устройства на платформах *Android*, *iOS* и *Windows Phone*.

Украинским аналогом программного продукта является платежно-информационный сервис «Штрафы UA». Он работает на территории Украины. Сервис включает приложение для смартфонов и веб-сайт, через которые в упрощенной форме можно оплатить имеющийся на руках штраф в установленный законом срок.

Однако применение этих продуктов в Приднестровье не представляется возможным, так как они разрабатываются с учетом специфики конкретного региона. Для каждого государства создается своя информационная система, своя структура взаимодействия с ней как сотрудников, так и обычных граждан.

На основе анализа названных программных решений, с учетом их достоинств и недостатков сформулированы требования к разрабатываемому программному продукту:

- возможность интеграции в существующую систему штрафования ГАИ Приднестровья;

- наличие системы электронного взаимодействия с информационной системой ГАИ ПМР на основе *Web API* с архитектурой *REST*;

- наличие авторизации *OAuth 2.0* для сотрудников ГАИ с целью разделения ролей и прав при использовании системы электронного взаимодействия;

- реализация системы оповещения граждан через *E-mail*, а также через *SMS* на мобильный телефон.

Разработка программного обеспечения рассматривается как проектная деятельность, предполагающая дискретность выполнения отдельных шагов (итераций). Для создания программного продукта выбрана спиральная модель, или, как ее называют, эволюционная стратегия. Оче-

редной цикл по спирали выполняется в направлении от центра к периферии, постепенно создаются полные версии программного продукта. Решения принимаются на основе актуальной информации о состоянии разработки.

Итак, была выбрана технология *Web-API* на платформе *ASP.NET* [4], позволяющая интегрировать другие приложения на любой платформе. Взаимодействие компонентов внутри *API* реализовано в архитектурном стиле *REST*. Веб-модуль, взаимодействующий с ядром, разработан с помощью языка *C#* в среде разработки *Visual Studio*.

Программный продукт разработан с использованием среды разработки *Visual Studio 2015*, системы управления реляционными базами данных *Microsoft SQL Server 2012*, на языке высокого уровня *C#*. Для генерации и взаимодействия с базой данных будет использована *Entity Framework* [5].

Главным компонентом программной системы является веб-сервис *Web-API*. Он развернут и опубликован на *Internet Information Server (IIS)*. В целях безопасности взаимодействия *Web-API* настроен по протоколу *HTTPS*. Также реализован протокол авторизации *OAuth 2.0*, который не требует постоянной передачи логина и пароля [6], достаточно получить *token\_access* (токен доступа).

Разработанный программный продукт предоставляет следующие возможности:

- взаимодействие с базой данных;
- авторизация пользователей по протоколу *OAuth 2.0*;
- разграничение прав доступа пользователей;
- просмотр информации о водителях, транспортных средствах;
- изменение данных в информационной системе сотрудниками ГАИ;
- осуществление работы с данными информационной системы при помощи *HTTP*-запросов;

– получение информации о действующих постановлениях по данным водителя или транспортного средства;

– оповещение о наличии новых постановлений через *E-mail* или *SMS*-сообщение на мобильный телефон.

Основным принципом реализации программного продукта является создание ядра, которое обеспечивает взаимодействие информационной системы с приложениями на любой платформе. Данное ядро называется **системой электронного взаимодействия**.

В результате проектирования программного продукта была разработана функциональная схема ядра промежуточного программного обеспечения для взаимодействия с информационной системой (см. рисунок).

Авторизация пользователя осуществляется на основе токенов при помощи

протокола *OAuth 2.0*. Реализации данной спецификации способствуют компоненты *OWIN*, благодаря которым производится генерация токенов, их выдача клиенту и дальнейшая валидация.

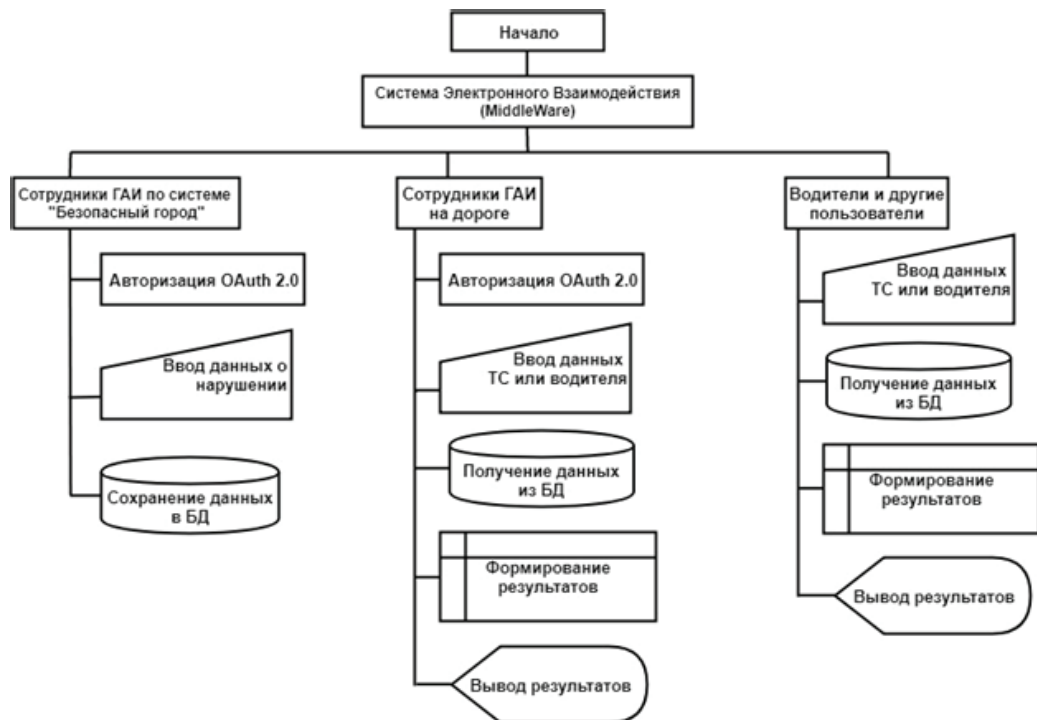
Для обеспечения безопасности данных в системе электронного взаимодействия реализовано разграничение прав доступа. В информационной системе предусмотрено три роли:

– *ApiAdmin*, или Главные администраторы *API*;

– *Admin*, или Администраторы системы;

– *User*, или Сотрудники ГАИ и Камеры фиксации нарушений.

Главные администраторы системы имеют доступ ко всем методам веб-сервиса. Изменение, удаление пользователей, раздача прав доступа к нему – это только их полномочия. Рядовые администраторы



Функциональная схема программного продукта

системы имеют доступ ко всем методам веб-сервиса, кроме вышеприведенных – администраторских. Они могут добавлять, изменять или удалять информацию, которая содержится в базе данных. Последние также имеют доступ к методам добавления информации о новых постановлениях.

*HTTP*-методы веб-сервиса разработаны для каждого класса информационной системы. Для работы с данными созданы контроллеры, которые являются потомками класса *ApiController*. Класс *ApiController* определяет свойства и методы контроллера *API*. В каждом контроллере описаны методы добавления, изменения, удаления при помощи стандартных *HTTP*-методов: *GET*, *POST*, *PUT* и *DELETE*. Каждый метод *API*-контроллера обращается в исходную базу данных для различных целей: выборки данных, добавления новой информации, ее изменения или удаления. В основе подобных операций лежит технология *LINQ*. Контроллеры веб-сервиса принимают запрос в виде объекта *HttpRequestMessage*, обрабатывают его с помощью одного из методов и посылают в ответ результат обработки в виде объекта *HttpResponseMessage*. Методы контроллеров в основном возвращают тип объектов *IActionResult*.

Состояние обработки запроса на сервере контролируется с помощью стандартных статусных кодов: 200 (статус *Ok*), 201 (статус *Created*), 204 (статус *NoContent*), 400 (статус *BadRequest*), 401 (статус *Unauthorized*), 403 (статус *Forbidden*), 404 (статус *NotFound*).

Методы оповещения через электронную почту реализованы при помощи классов *MailMessage* и *SmtplibClient* пространства имен *System.Net.Mail*.

В программном продукте предусмотрены пользовательские приложения: веб-модуль и *Windows*-приложение. Веб-модуль реализован при помощи библиотеки *JQuery* для взаимодействия с ядром. Он совершает

вызов запросов веб-сервиса на получение информации о наличии постановлений по данным водителя *FineByCar* и по данным транспортного средства *FineByDriver*, а также содержит методы оповещения водителей через *E-mail* – метод *EmailNotification* или через *SMS* на мобильный телефон – метод *SmsNotification*. Каждый запрос выполняется асинхронно, через технологию *AJAX*.

Для демонстрации работы разработанного ядра промежуточного программного обеспечения было реализовано *Windows*-приложение, которое совершает авторизацию по протоколу *OAuth 2.0* и эмулирует добавление нового постановления в информационную систему сотрудником ГАИ. Для работы с клиентом *HTTP* в проект была добавлена библиотека *Microsoft.AspNet.WebApi.Client*. Также для обработки ответов веб-сервиса используется библиотека *Newtonsoft.Json*. После успешного получения *token\_access*, чтобы более не вызывать метод получения, совершается сохранение этих данных в самом приложении в параметрах *Setting.Default*. Далее для отправки запросов к серверу во всех методах используется класс *HttpClient*. Для подписывания запросов с токеном создан метод *CreateClient()*, который устанавливает токен в заголовках авторизации и возвращает объект *HttpClient*.

Программный продукт предусматривает методы и средства защиты данных. Кроме описанных выше способов – протокола *OAuth 2.0* и разделения по правам доступа для безопасности на веб-сервере используется расширенный протокол *HTTP* для поддержки шифрования – протокол *HTTPS*, который необходим для установления зашифрованного соединения между веб-сервером и веб-клиентом. *HTTPS* позволяет безопасно обмениваться данными благодаря идентификации и проверке подлинности сервера, а также обеспечению конфиденциальности и целостности всех передаваемых данных.

В результате проделанной работы спроектирована модель распределенной программной системы с учетом местных требований, создано программное ядро промежуточного программного обеспечения для взаимодействия с информационной системой. Испытание разработанного продукта произведено на примере информационной системы ГАИ, а именно на ее системе штрафования с помощью эмуляционного модуля.

### Цитированная литература

1. **Пирогов В.Ю.** Информационные системы и базы данных: организация и проектирование: учебное пособие. – СПб.: Изд-во БХВ-Петербург, 2015. – 315 с.

2. **Вагнер Б. С#:** Эффективное программирование: учебное пособие. – СПб.: Лори, 2013. – 320 с.

3. Система «Безопасный город» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tsv.md/bezopasnyj-gorod> (дата обращения: 16.09.2018).

4. Технология Web API в ASP.NET [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://metanit.com> (дата обращения: 30.11.2018).

5. Введение в Entity Framework [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://metanit.com> (дата обращения: 16.01.2019).

6. Введение во фреймворк OAuth 2.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.digitalocean.com/community/tutorials/oauth-2-ru> (дата обращения: 16.09.2018).

7. **Аквино К., Ганди Т.** Front-end. Клиентская разработка для профессионалов: учебное пособие. – СПб.: Питер, 2017. – 512 с.

УДК 005.93

## ОЦЕНКА ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ОТРАСЛЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕГИОНА

*В.Г. Звонкий, Е.А. Царюк, Д.Н. Мельниченко*

*Обоснована необходимость оценки инновационного потенциала отраслей промышленности Приднестровья. Разработана методика выбора состава оценочных показателей, сбора информации по этим показателям, упорядочения и выстраивания их по определенным законам, позволяющим объективно оценить инновационный потенциал. Проведено опробование методики посредством численного эксперимента с использованием статистических данных.*

**Ключевые слова:** *инновационная политика, инновационный потенциал, оценочные показатели, шкала желательности, корреляционная матрица, граф.*

## ASSESSMENT OF INNOVATIVE POTENTIAL OF REGION SECTORAL INDUSTRY

*V.G. Zvonkii, E.A. Tsaryuk, D.N. Melnichenko*

*The article proved the need of assessment of innovative potential of industries of Pridnestrovie. The methodology of determination of structure of estimated indicators, collection of information by these indicators, streamlining and their forming under the certain laws allowing to estimate innovative potential is developed. Approbation of this technique by means of a numerical experiment on statistical data is carried out.*

**Keywords:** *innovative policy, innovative potential, estimated indicators, desirability scale, correlation matrix, count.*

Промышленность является важной составляющей экономики Приднестровья. В ней сосредоточена четверть занятых граждан, и основная их часть приходится на отраслевые специализации – черную металлургию, машиностроение, электроэнергетику, легкую, пищевую, электротехническую и химическую промышленность, производство строительных материалов.

Современные тенденции развития промышленных предприятий представляют собой модернизацию организации производства, в ходе которой выявляются проблемы и вырабатываются возможные пути их решения. Использование результатов развития организации производства, т. е. их получение, воспроизводство и реализация, является инновационным процессом. Оценка его состояния служит важнейшим индикатором социально-экономического развития республики.

В настоящее время инновационная политика является составной частью государственной социально-экономической политики Приднестровья. Она позволяет решать задачи модернизации экономики в области непрерывного обновления материально-технической базы производства, выпуска конкурентоспособной продукции. Другими словами, она обеспечивает создание благоприятного экономического климата для осуществления инновационных процессов и является связующим звеном между сферой чистой науки и задачами промышленных предприятий.

Одним из главных факторов восприимчивости к нововведениям является инновационный потенциал, который представляет собой меру способности (возможности) и готовности предприятий выполнять поставленные конкретные инновационные задачи [1].

Статистический метод оценки инновационного потенциала промышленных предприятий включает в себя две основные методики, такие как:

1. *Количественная оценка инновационного потенциала предприятия.* Данная методика позволяет, с одной стороны, исследовать динамику инновационного развития промышленного предприятия, а с другой – определить его рейтинг среди аналогичных предприятий в отрасли. Результаты исследования могут служить методическими рекомендациями по оценке инновационной активности промышленных предприятий.

Количественная оценка инновационной активности предприятия учитывает следующие основные составляющие: производственно-технологический, научно-технический, финансово-экономический, кадровый и организационно-управленческий потенциалы (рис. 1). По каждой составляющей определяются один или несколько показателей.

2. *Экспертная оценка инновационного потенциала предприятия.* Количественная оценка не учитывает роли нематериальных активов, что делает оценку неполной, поэтому для большей наглядности оцениваются перспективы предприятия.

Поскольку статистический метод не дает количественной характеристики и зависит от субъективной оценки экспертов, высказываемой исходя из собственных

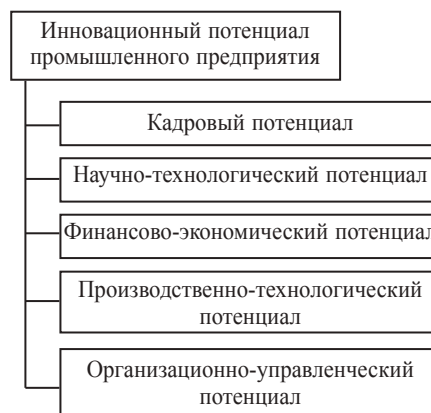


Рис. 1. Структура инновационного потенциала промышленного предприятия

представлений об объекте, он все-таки позволяет выявить слабые и сильные стороны предприятия, благодаря чему при грамотном подходе можно улучшить организацию производства. Поэтому экспертная оценка инновационного потенциала является актуальной методикой для большинства предприятий различных отраслей.

Таким образом, для более полной и объективной оценки инновационного потенциала необходимо использовать как количественные, так и не количественные методы.

Определение состава оценочных показателей является важной проблемой методического сопровождения оценки инновационного потенциала предприятия, поскольку от этого зависит ее объективность. Показатели, позволяющие в комплексе характеризовать потенциал по различным составляющим:

1. Выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских или технологических работ по созданию инновационного продукта.

2. Комплексное научно-технологическое, индикативное планирование и целевое программирование, организация и нормативно-правовое обеспечение работ по созданию инновационного продукта.

3. Технологическое переоснащение и подготовка производства для выпуска инновационного продукта (услуги), технологии.

4. Проведение испытаний и освоение потребителем инновационного продукта.

5. Продвижение инновационного продукта, включая правовую защиту результатов интеллектуальной деятельности, использованных в продукте.

6. Передача либо приобретение прав на объекты интеллектуальной собственности, включая их вовлечение в гражданско-правовой оборот.

7. Экспертиза, консультационные, информационные, юридические и иные услуги (включая организацию финансирования

инновационной деятельности) по созданию и реализации нового и усовершенствованного инновационного продукта [2].

Для характеристики инновационного потенциала отраслевой промышленности, будь то легкая или машиностроительная, используем основные оценочные показатели: количество внедряемых новых изделий за год, шт.; удельный вес новых компьютерных программ в управлении, %; коэффициент прогрессивности оборудования; коэффициент механизации и автоматизации производства; коэффициент прогрессивности технологических процессов; профессионально-квалификационный уровень персонала, баллы; количество оформленных за год новшеств в виде изобретений, патентов, рационализаторских предложений и т. п., шт.; удельный вес затрат на разработку новшеств, % и т. д.

Наиболее эффективным способом сбора информации по этим показателям является систематическое изучение всех сфер деятельности предприятия и его внутренней документации.

Очень часто показатели находятся в сложной взаимосвязи друг с другом, при этом каждый имеет свой физический смысл и свою размерность. Объединив различные оценочные показатели, необходимо ввести для каждого из них некоторую безразмерную шкалу и впоследствии выбрать правила их комбинирования. Один из наиболее удобных способов преобразования натуральных значений показателей в безразмерную шкалу – использование обобщенной функции желательности или предпочтительности [3]. Шкала желательности относится к психофизическим шкалам. Ее назначение – установление соответствия между физическими и психологическими параметрами. Здесь под физическими параметрами понимаются возможные значения, характеризующие оценочные показатели, а под психологическими – чисто субъективные оценки экс-



периментатора желательности того или иного значения параметра.

Чтобы получить шкалу желательности, удобно пользоваться таблицей соответствия между отношениями предпочтения в эмпирической и числовой (психологической) системах (табл. 1).

Для фиксации цифровых значений оценочных показателей и упорядочения первичной собранной информации используем таблицу исходных данных для 12 оценочных показателей по 8 отраслевым секторам промышленности (табл. 2).

Таблица исходных данных представляет собой 12-факторное линейное пространство. Для построения корреляционных плеяд необходимо предварительно найти

корреляционную матрицу. Поскольку факторы распределены по нормальному закону, то корреляционная матрица (табл. 3) представляет собой симметричную матрицу, главная диагональ которой заполнена едини-

Таблица 1

Связь между количественными значениями безразмерной шкалы и психологическим восприятием человека

Желаемая оценка	Отметки по шкале желательности
Очень хорошо	1,00–0,88
Хорошо	0,87–0,71
Удовлетворительно	0,70–0,51
Плохо	0,50–0,37
Очень плохо	0,36–0,00

Таблица 2

Таблица исходных данных

	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$Y_5$	$Y_6$	$Y_7$	$Y_8$	$Y_9$	$Y_{10}$	$Y_{11}$	$Y_{12}$
$X_1$	6	4	16	8	30	60	0,7	0,7	0,6	7	10	20
$X_2$	2	5	18	10	40	55	0,5	0,7	0,3	6	10	20
$X_3$	5	6	20	8	25	50	0,4	0,5	0,5	7	10	20
$X_4$	5	6	8	10	20	60	0,5	0,7	0,7	7	20	25
$X_5$	4	4	7	4	20	50	0,3	0,5	0,4	6	10	20
$X_6$	4	2	16	5	30	60	0,5	0,6	0,5	7	15	25
$X_7$	2	4	4	3	20	50	0,3	0,5	0,4	6	10	20
$X_8$	2	2	8	3	20	50	0,3	0,5	0,3	6	10	20
$\bar{Y}$	3,75	4,125	12,125	6,375	25,625	54,375	0,437	0,587	0,462	6,50	11,875	21,25
$S_Y$	1,581	1,593	6,010	2,973	7,289	4,955	0,141	0,099	0,141	0,535	3,720	2,315

Таблица 3

Корреляционная матрица данных табл. 2

	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$Y_5$	$Y_6$	$Y_7$	$Y_8$	$Y_9$	$Y_{10}$	$Y_{11}$	$Y_{12}$
$Y_1$	1	0,364	0,365	0,448	-0,031	0,524	0,626	0,342	0,850	0,844	0,334	0,293
$Y_2$	0,364	1	0,212	0,731	0,055	0,012	0,171	0,290	0,521	0,258	0,201	-0,050
$Y_3$	0,365	0,212	1	0,589	0,764	0,315	0,585	0,350	0,091	0,511	-0,140	-0,013
$Y_4$	0,448	0,731	0,589	1	0,548	0,552	0,668	0,794	0,482	0,494	0,379	0,240
$Y_5$	-0,031	0,055	0,764	0,548	1	0,408	0,620	0,606	0,183	0,092	-0,181	-0,053
$Y_6$	0,524	0,012	0,315	0,552	0,408	1	0,857	0,855	0,678	0,674	0,654	0,701
$Y_7$	0,626	0,171	0,585	0,678	0,600	0,857	1	0,857	0,585	0,664	0,256	0,274
$Y_8$	0,342	0,029	0,350	0,794	0,606	0,855	0,857	1	0,474	0,404	0,460	0,389
$Y_9$	0,850	0,529	0,091	0,482	-0,183	0,678	0,585	0,474	1	0,853	0,699	0,603
$Y_{10}$	0,844	0,258	0,511	0,494	0,092	0,674	0,664	0,404	0,853	1	0,538	0,165
$Y_{11}$	0,334	0,201	-0,140	0,379	-0,181	0,654	0,256	0,460	0,699	0,538	1	0,933
$Y_{12}$	0,293	-0,050	-0,013	0,240	-0,053	0,701	0,274	0,389	0,603	0,165	0,933	1

цами, а недиагональные элементы выражают меру тесноты связи между парой показателей. Другими словами, для заполнения корреляционной матрицы необходимо найти меру тесноты связи для каждой пары оценочных показателей, т. е. провести корреляционный анализ таблицы исходных данных по принципу «каждый с каждым» любым известным способом. Коэффициент корреляции может быть рассчитан по формуле

$$r_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{(N-1)S_X S_Y},$$

где  $N$  – число пар параметров;  $\bar{X}$  и  $\bar{Y}$  – среднее значение переменной;  $S_X$  и  $S_Y$  – стандартное отклонение.

Для построения корреляционных пледов находим недиагональный элемент с максимальной по модулю величиной коэффициента корреляции  $r_{ij}$ . Из матрицы вычеркиваем столбцы  $i$  и  $j$ , а из строк с номерами  $i$  и  $j$  выбираем следующий максимальный по модулю элемент. Столбец  $l$  вычеркиваем, а из строк  $i$ ,  $j$  и  $l$  выбираем следующий максимальный по модулю элемент и т. д. до исчерпания данных.

Результат такой работы удобно представить в виде графа, вершинами которого являются оценочные показатели, а ребрами – максимальные связи. Анализ графа позволил выделить одну пледу в виде цепи, внутри которой показатели находятся в тесной интенсивной функциональной связи (рис. 2).

Из графической интерпретации корреляционной пледы оценочных показате-

телей инновационного потенциала можно выделить показатель 11 (количество оформленных за год новшеств в виде изобретений, патентов, рационализаторских предложений и т. п., шт.) и показатель 12 (удельный вес затрат на разработку новшеств, %), имеющие максимально тесную связь с целевой функцией – 0,933. Остальные показатели пледы, каждый из которых максимально связан с двумя другими, также имеют сильную корреляционную связь с целевой функцией. Увеличение одного из них пропорционально повлечет увеличение других.

Рассмотрим маршруты перемещения по графу от максимального значения корреляционной связи. Первый маршрут объединяет показатели 12, 6, 7, 8, 4, 2 (с корреляционной суммой 3,94); второй маршрут – 12, 6, 7, 8, 5, 3 (с корреляционной суммой 3,785); и третий маршрут – 11, 9, 1, 10 (с корреляционной суммой 2,391). Однако можно заметить, что первые два маршрута в большей степени определяют материальные и финансовые ресурсы, а третий – интеллектуальные и трудовые ресурсы инновационного потенциала. И этот маршрут всегда будет в роли «догоняющего».

Если интеллектуальную и кадровую составляющую инновационного потенциала следует рассматривать как совокупность способностей и приобретенных знаний специалистов, их умений и навыков, которые могут быть приведены в действие и использованы для решения какой-либо инновационной задачи [4], то целесообразно исследовать формирование зна-

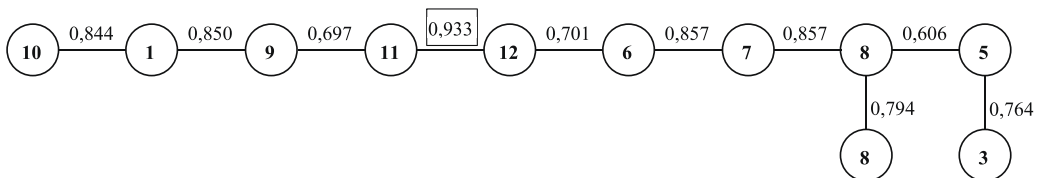


Рис. 2. Граф корреляционных пледов

ний, умений и навыков сотрудников как в допроизводственных условиях, на этапе подготовки специалистов, так и непосредственно на производстве.

Таким образом, с целью принятия своевременных и объективных решений для дальнейшего развития и совершенствования инновационного потенциала той или иной отрасли промышленности региона эффективным инструментом управления является подготовка профессиональных квалифицированных кадров в ходе образовательного процесса, вобравшего в себя новаторские достижения науки и техники, с учетом конкретных запросов промышленного сектора.

### Цитированная литература

1. Гарнов А.П., Абрамова А.А., Болкина Г.И. и др. Управление малым бизнесом: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: ИНФРА-М, 2016.
2. Дармилова Ж.Д. Инновационный менеджмент: учебное пособие. – М.: Дашков и К, 2013.
3. Долгов Ю.А. Статистическое моделирование: учебник для вузов. – Тирасполь, 2011.
4. Петрухина Е.В., Губарева Л.И. Интеллектуально-кадровый потенциал инновационного развития региона // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1. – С. 58–61.

УДК 620.193.013:669.268.7

## ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ ДВОЙНЫХ И ТРОЙНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА И ХРОМА: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*Е.В. Бомешко, Н.И. Корнейчук*

*Исходя из анализа теоретического материала и практического опыта гальванического осаждения металлов группы железа, хрома и сплавов на их основе объясняются механизмы отдельного и совместного электровосстановления металлов, в том числе под влиянием органических добавок, с целью выработки рекомендаций по организации электрохимического производства ремонтной базы для автомобильных предприятий Приднестровья.*

**Ключевые слова:** электрохимическое осаждение металлов и сплавов, механизмы электровосстановления, перенапряжение разряда ионов, способы смещения электродных потенциалов.

## ELECTRODEPOSITION OF DOUBLE AND TRIPLE ALLOYS BASED ON IRON AND CHROMIUM: THEORETICAL FOUNDATIONS AND PRACTICAL RECOMMENDATIONS

*E.V. Bomeshko, N.I. Korneychuk*

*The article presents the mechanisms of separate and joint metal electroreduction based on the analysis of theoretical material and practical experience in the galvanic deposition of metals of the iron and chromium group, including under the influence of organic additives.*

*In the result the authors give the recommendations on the organization of electrochemical production of repair base for automobile enterprises of Pridnestrovie.*

**Keywords:** electrochemical deposition of metals and alloys, mechanisms of electroreduction, overvoltage of ion discharge, methods of electrode potentials displacement.

**Введение.** Под воздействием сил трения и окружающей среды значительное количество механизмов и узлов машин и оборудования подвергаются изнашиванию, преимущественно коррозионно-механическому. В результате ухудшаются трибологические характеристики сопряжения узла и машины в целом. Поэтому ученые, инженеры и специалисты проводят бесчисленные исследования по увеличению ресурса машин за счет использования новых материалов, инновационных технологий покрытий как при изготовлении, так и при ремонте машин и оборудования. Многолетняя практика применения электролитических износостойких покрытий для реновации изношенных поверхностей деталей машин и оборудования показывает, что наиболее распространенными способами нанесения гальванических покрытий на восстанавливаемую поверхность являются электрохимическое железнение, хромирование и формирование сплавов на их основе [1].

Электролитическое покрытие хромом и его сплавами обеспечивает более высокую твердость, химическую, жаровую и коррозионную стойкость деталей по сравнению с их железным покрытием; коэффициент трения хромированных поверхностей ниже, чем стальных, а износостойкость в несколько раз выше, особенно при нанесении пористо-хромовых покрытий. Но, несмотря на явные преимущества, процесс электролитического хромирования реализуется почти в два раза реже процесса железнения, в основном для упрочнения поверхностей мерительных и режущих инструментов, повышения износостойкости трущихся деталей, работающих в условиях абразивного и гидроабразивного изнашивания при граничном и полусухом трении, изготовления жаростойких пресс-форм, матриц и штампов. Это обусловлено относительно низкой производительностью процесса хроми-

рования (выход хрома по току не превышает 18 % и лишь в отдельных случаях при специфических непроизводственных условиях может достигать 30 %) и невозможностью наращивания поверхностей толщиной более 1,0 мм [2], в то время как при выходе по току электролитического железа более 86 % можно наращивать железные покрытия толщиной до нескольких миллиметров на сторону, что позволяет восстанавливать широкую номенклатуру самых разнообразных деталей [3, с. 120].

В условиях реального производства получение покрытий, обладающих определенными свойствами, обычно решается сугубо эмпирически. Отсутствие простых и надежных методов количественной оценки эффекта взаимного влияния параллельно протекающих при электролизе катодных и анодных процессов, а также механизмов совместного осаждения железа и хрома с образованием сплава определяет практический и научный интерес, что и составляет содержание данной работы и ее актуальность.

#### **Постановка задач исследования.**

Проведение комплексного анализа практического применения методов электролитического хромирования, железнения и сплавообразования с целью выявления «узких мест» и их устранения; разработка комплексной теории совместного разряда ионов железа, хрома, сопутствующих ионов на катоде, а также анодных процессов, их взаимного влияния на качество покрытий; выработка рекомендаций для формирования режимов электролиза и составов электролитов в целях организации электролитического ремонтного производства на автомобильных предприятиях Приднестровья.

**Раскрытие проблемы.** Анализ обширной практики применения электролиза в целях реновации машин и механизмов позволил выявить следующие основные недостатки электролитического хромирования:

1. Значительная агрессивность применяемых электролитов на основе как высоковалентного хрома (анионов Cr-6), так и низковалентного хрома (катионов Cr-3), даже при режимах «холодного» хромирования (при температуре гальванической ванны, не превышающей 50 °С).

2. Низкая рентабельность производства хромового покрытия: при электролизе значительная часть электрической энергии расходуется на побочные процессы и разложение воды на водород H<sub>2</sub> и кислород O<sub>2</sub>. Выделяющиеся в межэлектродном пространстве газы образуют ядовитый туман, увлекающий за собой мельчайшие частицы раствора (что приводит к нарушению химического состава электролита), поэтому необходимо устройство приточно-вытяжной вентиляции.

3. Высокая теплоотдача при электролизе: экзотермический катодный процесс сопровождается выделением большого количества энергии, следовательно, для сохранения изотермических условий возникает необходимость охлаждения работающей гальванической ванны.

4. Использование высоких катодных плотностей тока (150–200 А/дм<sup>2</sup>) для повышения скорости электролиза: даже при сравнительно небольшой площади покрытия общая сила тока на ванну может достигать нескольких тысяч ампер при напряжении 10–12 В, что требует применения электропроводящих шин и подвесных устройств с большим поперечным сечением, способных пропускать такую силу тока в течение нескольких часов без значительного нагревания [4, с. 18].

5. Низкая рассеивающая способность электролита, особенно при хромировании профилированных деталей, что требует применения *фигурных анодов*, повторяющих профиль покрываемых деталей и обеспечивающих тем самым равномерное распределение тока на их поверхности. При хромировании внутренних поверхно-

стей применяются отвечающие форме полостей внутренние аноды.

6. Нарушение стабильности заданного состава электролита хромирования, обусловленное его испарением в процессе электролиза и применением нерастворимых (преимущественно свинцовых) анодов. Осаждение хрома в универсальных электролитах происходит за счет обеднения последних хромовым ангидридом, в низковалентных электролитах – потери катионов хрома (3), поэтому необходима систематическая корректировка состава электролита по данным физико-химического или химического анализа. Для стабилизации допустимой концентрации ионов хрома в электролите рекомендуется поддерживать соотношение площадей анодов и покрываемых деталей на уровне не менее 2 : 1 [5, с. 8–12].

7. Проникновение в процессе электролиза восстанавливающегося совместно с хромом водорода в формирующуюся кристаллическую решетку металла, приводящее к повышению хрупкости покрытия и снижению его усталостной прочности. Поэтому после процесса электролитического хромирования рекомендуется проводить дегидрирование поверхности путем последующего нагревания деталей до температуры 200–250 °С с выдержкой в сушильном шкафу в течение 2–2,5 ч [6, с. 11].

8. Плохая смачивающая способность гладких хромовых покрытий, поэтому на хромированных рабочих поверхностях деталей, работающих в условиях граничного трения, проводят дополнительные операции по формированию пористого хрома во избежание схватывания и для удержания смазки.

Замена хромового покрытия на железнение металлических поверхностей лишь частично исправляет недостатки электролитического хромирования:

а) металл осаждается из водных кислотных растворов солей железа (2) на вос-

становливаемую поверхность деталей с износом от нескольких микрометров до 3,0 и более миллиметров на сторону;

б) производительность процесса железнения примерно в 10 раз выше, чем хромирования. Средняя скорость осаждения металла составляет 0,7–1,0 мкм/с (против 0,03 мкм/с для хрома), а выход металла по току соответствует 80–95 %, что в 7–8 раз эффективнее хромовых производств [3, с. 119];

в) при железнении применяются растворимые аноды, изготовленные из железа-армко или из малоуглеродистой стали с содержанием углерода до 0,2 %, что не требует постоянной корректировки концентрации электролита и не вызывает накопления травильного шлама в электролизёре.

Однако и гальваническое железнение не лишено проблем. Один из его существенных недостатков – избыточное, в отличие от процесса хромирования, количество водорода в покрытии (до 1,5 л на 100 г осадка или 0,002–0,1 масс. %), связанное с низким перенапряжением электровосстановления ионов гидроксония ( $H_3O^+$ ) и молекул воды. При этом водород в покрытии находится в различных формах (молекулярной, атомарной или ионизированной), образуя твердые растворы внедрения и снижая физико-механические свойства восстанавливаемых деталей [1, с. 84–95]. К тому же чистые железные покрытия обладают недостаточной устойчивостью и коррозионной стойкостью. Вызывает дополнительные проблемы необходимость длительной проработки электролита железнения под контролем pH после его продолжительного хранения без воздействия тока вследствие химического окисления двухвалентного железа в трехвалентное и повышения основности среды.

В ряде случаев трибологические характеристики осаждаемых чистых электролитических покрытий железом и хро-

мом уступают сплавам на их основе. Вот почему уже более 60 лет ученые всех стран мира, включая и членов коллектива НИИ «Реновация машин и оборудования», пытаются усовершенствовать технологии гальванического осаждения металлов, а главное, совместить электровосстановление хрома и железа в едином процессе, т. е. получить электролитический бинарный сплав железо–хром либо более сложные осадки – тройные и более системы на основе железа и хрома для их использования при ремонте изношенных поверхностей или упрочнения новых деталей машин и оборудования [7–9]. Это даст возможность повысить производительность процессов и улучшить такие важные физико-механические свойства электролитических покрытий, как твердость, износостойкость, коррозионная и антифрикционная устойчивость.

Не менее ценным свойством гальванических сплавов, отличающим их от металлургических, является то, что введение в основной металл покрытия добавок других металлов способствует повышению прочности сцепления покрытия с основным металлом [10], а варьирование состава электролита и режимов электролиза позволяет оптимизировать физико-механические свойства покрытий с учетом прогнозирования ожидаемого ресурса восстанавливаемых деталей машин.

Выбор нами железа в качестве основного металла в электролитическом сплаве обусловлен целым рядом его преимуществ:

а) за счет увеличения электропроводности и рассеивающей способности смешанного электролита процесс электролиза интенсифицируется;

б) в сопряженной паре железо–хром кристаллическая структура железа позволяет неограниченно растворять в себе атомы хрома, упрочняя поверхность детали и предотвращая задиры и схватывание –



налипание инородных частиц в местах соприкосновения [1, с. 127];

в) в результате пластической деформации при износе одноименных пар в условиях окислительного трения железо образует тонкие и твердые окисные пленки, что способствует увеличению микротвердости поверхности в 5–6 раз, достигая микротвердости чистого хрома, и обеспечивает износостойкость сплава в 3–5 раз выше хромовых покрытий [7].

Процесс совместного разряда ионов разной химической природы требует выполнения главного условия – обеспечения равенства их потенциалов восстановления [1, с. 165]. Для понимания смысла такого равенства рассмотрим уравнение Нернста для электродного потенциала металла

$$\varphi_{\text{Me}|\text{Me}^{n+}} = \varphi_{\text{Me}/\text{Me}^{n+}}^0 + \frac{RT}{nF} \ln a(\text{Me}^{n+}) - \eta(\text{Me}^{n+}), \quad (1)$$

где:  $\varphi_{\text{Me}|\text{Me}^{n+}}$  – равновесный потенциал восстановления иона до металла на электроде, находящемся под током при заданных условиях;  $\varphi_{\text{Me}/\text{Me}^{n+}}^0$  – стандартный электродный потенциал металла;  $\frac{RT}{nF}$  – условия проведения электролиза, включая температуру электролита ( $T$ ), количество электронов, необходимых для восстановления одного моля ионов металла ( $n$ ), и физические константы – постоянную Фарадея, или количество электричества, требуемого для проведения электролиза в расчете на 1 моль вещества ( $F$ ), универсальную газовую постоянную, или коэффициент пропорциональности ( $R$ );  $a(\text{Me}^{n+})$  – активность ионов восстанавливаемого металла в электролите;  $\eta(\text{Me}^{n+})$  – перенапряжение процесса электролиза, связанное с потерями электроэнергии на доставку электролита к поверхности катода (концентрационная поляризация) и сложностью собственно процесса восстановления

ионов, зарождения и роста центров кристаллизации и внедрения образующегося металла в поверхность электрода (электрохимическая и кристаллизационная поляризации).

Из уравнения (1) следует, что для обеспечения совместного восстановления ионов железа и хрома на катоде в твердый сплав необходимо выполнение следующего условия:

$$\begin{aligned} \varphi_{\text{Fe}/\text{Fe}^{2+}}^0 + \frac{RT}{nF} \ln a(\text{Fe}^{2+}) - \eta(\text{Fe}^{2+}) = \\ = \varphi_{\text{Cr}/\text{Cr}^{n+}}^0 + \frac{RT}{nF} \ln a(\text{Cr}^{n+}) - \eta(\text{Cr}^{n+}). \quad (2) \end{aligned}$$

Вместе с тем стандартные электродные потенциалы железа (2) и хрома (3 и 6) существенно различаются между собой [11, с. 132–133]:

$$\begin{aligned} \varphi_{\text{Fe}/\text{Fe}^{2+}}^0 = -0,44 \text{ В}; \quad \varphi_{\text{Cr}/\text{Cr}^{3+}}^0 = -0,74 \text{ В}; \\ \varphi_{\text{Cr}/\text{CrO}_4^{2-}}^0 = -1,1 \text{ В}. \end{aligned}$$

Кроме того, в силу пассивации поверхности стального катода, высокой электрохимической поляризации и низкого перенапряжения выделения водорода потенциалы разряда ионов железа и хрома смещены в более отрицательную сторону относительно их стандартных значений.

Чтобы обеспечить совместный разряд металлических ионов за счет второго слагаемого в уравнениях (1) и (2), необходимо использовать такие концентрации компонентов в электролите, при которых соотношение активностей ионов хрома и железа  $\left(\frac{a\text{Cr}(n)}{a\text{Fe}(2)}\right)$  должно быть превышено в пользу хрома по меньшей мере в  $10^{16}$  раз. На практике предложена серия электролитов хромирования, в которых катионы железа (2 и 3) выполняют лишь роль добавок [5, 6, 12, 13] и не обеспечивают получения сплавов с высокими физико-механическими характеристиками.

Второй путь сближения потенциалов восстановления ионов  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  или  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) – это увеличение электрохимического перенапряжения восстановления на катоде катионов железа  $\eta(\text{Fe}^{2+})$  относительно величины электрохимического перенапряжения восстановления катионов или анионов хрома  $\eta(\text{Cr}^{n+})$ . Для этого необходимо подать на электроды максимально высокое напряжение, соответствующее предельной плотности тока восстановления ( $i_{\text{пр}}$ ) более положительных по отношению к хрому ионов  $\text{Fe}^{2+}$ . Подобный способ получения сплава Fe-Cr возможен, и даже некоторые авторы предлагают соответствующие режимы электролиза [14, с. 5–11; 15]. Однако они не могут получить практического применения из-за малых скоростей процесса восстановления, низкого выхода металлов по току и незначительного содержания легирующих добавок в основном металле.

Возможен и третий путь обеспечения совместного разряда ионов – с помощью различных добавок, преимущественно органических веществ, связать железо (2) и хром (3 или 6) или даже оба компонента в комплекс (комплексы), обеспечив тем самым сверхполяризацию катода по отношению к катиону железа и деполяризацию электрода по отношению к иону хрома. Прочный комплекс катиона железа с высокой константой устойчивости потребует дополнительных затрат энергии на его разрушение и сместит потенциал восстановления железа ( $\varphi_{\text{Fe}|\text{Fe}^{2+}}$ ) в более отрицательную сторону. В то же время менее устойчивые комплексы хрома облегчат электролиз и сдвинут потенциалы восстановления катиона ( $\varphi_{\text{Cr}|\text{Cr}^{3+}}$ ) и аниона ( $\varphi_{\text{Cr}|\text{CrO}_4^{2-}}$ ) хрома в более положительную сторону, что позволит добиться желаемого результата. При этом сам лиганд, высвобождающийся при разряде комплекса в первом или во втором случае, не должен участвовать в электрохимическом про-

цессе и оставаться в электролите в неизменном виде. Нельзя не учитывать и того факта, что перенапряжение совместного с ионами металлов разряда катионов гидроксония ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) должно сохраняться достаточно высоким, соответствующим предельному току разряда в целях предотвращения наводороживания осадка и увеличения его хрупкости.

Поскольку существование сочетания двух селективных лигандов, не влияющих при этом друг на друга, или одного универсального лиганда, образующего разные по устойчивости комплексы с катионами железа (2) и хрома (3) или с анионами хрома (6) теоретически возможно, то поиск таких лигандов и комплексообразователей, начавшийся более десятка лет назад, продолжается [7, 14]. Исследовано значительное количество добавок, относящихся к различным классам органических соединений: ароматические амины, спирты, альдегиды, сложные эфиры, сульфаты ароматических эфиров, алкалоиды, тиосемикарбазиды, анионы карбоновых кислот, гетерополисоединения и др. [1, 10, 12, 15–17]. Некоторые из перечисленных классов органических веществ существенно влияют на ход поляризационных кривых ток–потенциал ( $I-\varphi$ ), что указывает на смещение потенциалов разряда ионов металлов в ту или иную сторону и имеет принципиальное значение для получения электролитических сплавов. Многие из исследованных добавок являются сильными блескообразователями, а значит, оказывают воздействие также на процесс электрокристаллизации и на структуру осаждаемого металла или сплава. Различные органические добавки уже применяются в качестве средства для сближения потенциалов разряда ионов металлов и улучшения структуры покрытий. Так, дифениламин, тимол,  $\beta$ -нафтол, желатин рекомендованы в качестве добавок при осаждении сплавов Cu-Sn, Cu-Pb, Cu-Zn-Ni,

а добавки органических кислот (лимонной, щавелевой, винной) и их солей – при осаждении сплавов на основе хрома и железа [18, с. 58–62]. В ряде случаев торможение электродных процессов наблюдается в комбинации нескольких быстро и прочно адсорбирующихся поверхностно-активных веществ (ПАВ).

Вместе с тем, несмотря на большое количество работ, посвященных усовершенствованию технологий и режимов осаждения металлов и сплавов, исследование механизмов электролиза по-прежнему продолжается. С нашей точки зрения, проблему необходимо рассматривать в комплексе, с учетом всех аспектов сложного многостадийного процесса электролиза, сопровождающегося сильным перенапряжением для каждого из участвующих в нем ионов и их взаимным влиянием на продукты электровосстановления.

В связи с этим интерес представляют исследования [13, с. 9–12], в которых установлен эффект ускорения осаждения хрома (по сравнению с его восстановлением из индивидуального низковалентного электролита) под влиянием одновременно с пятикратным увеличением скорости осаждения железа, которое «навязывает» хрому свои кинетические характеристики. Лимитирующими стадиями совместного осаждения авторами определены процессы восстановления хрома и физико-химическая кристаллизация сплавов на поверхности катода в форме интерметаллического твердого раствора Fe-Cr либо в форме смешанного раствора оксида хрома (2) CrO в железе. Возникающее при этом общее перенапряжение позволяет достичь непременно условия для совместного осаждения на катоде не только двойных, но тройных и более сплавов металлов (Me) за счет равенства (близости) их электродных потенциалов восстановления. И тем не менее универсальной теории взаимного влияния ионов

при электролизе и атомов при электрокристаллизации пока не создано вследствие чрезвычайной сложности и многовекторности этих процессов.

Механизм электрохимического выделения индивидуальных металлов [19, с. 468–474] предполагает, по меньшей мере, четыре пути.

*Первый путь:* адсорбция доставленных к катоду ионов металла  $xMe^{n+}$  с одновременным разряжением на его поверхности и превращением в атомы металла  $xMe^{n+} + xn\bar{e} \rightarrow xMe^0$ . В последующем объединение образовавшихся атомов в микрокристаллы ( $xMe_{алс}^0$ ) либо их путешествие по поверхности электрода в поисках удобной (энергетически наиболее выгодной) фазы кристаллизации в структуре строящегося осадка ( $xMe^0 \rightarrow x[Me]_{алс}$ ).

*Второй путь:* самостоятельное перемещение по поверхности электрода адсорбированных ионов металла  $xMe_{алс}^{n+}$  в поисках энергетически наиболее выгодного места для разряда и включения в металлический осадок  $xMe_{алс}^{n+} + xn\bar{e} \rightarrow x[Me]_{алс}$ .

*Третий путь:* изменение структуры ионов металла при адсорбции на поверхности электрода (например, из-за потери части гидратной оболочки или изменения координации в комплексе), а затем электрокристаллизация по одному из указанных путей:  $Me^{n+} + xAn^{-} \rightarrow [MeAn_x^{n-x}]_{алс}$  или  $[MeAn_x^{n-x}]_{алс} + n\bar{e} \rightarrow [Me_{алс}^0] + xAn^{-}$ .

*Четвертый путь:* адсорбция и одновременное частичное разряжение ионов металла  $Me_{алс}^{n+} + x\bar{e} \rightarrow Me_{алс}^{n-x}$ . Затем ионы низшей валентности переходят в решетку металла и там восстанавливаются до стабильного состояния атома:  $Me_{алс}^{n-x} + (n-x)\bar{e} \rightarrow [Me^0]_{алс}$ .

Каждая из стадий внутри отдельно-го пути имеет очень большое, а иногда и решающее значение, особенно когда речь идет о таком слабом звене, как механизмы образования и развития твердых

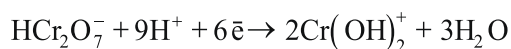
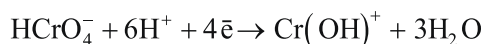
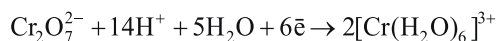
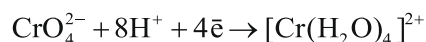
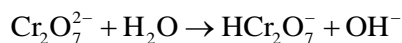
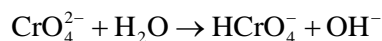
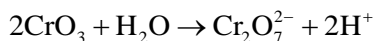
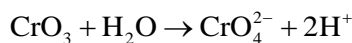
кристаллов (кристаллизационное перенапряжение). Надо также учесть, что кристаллизация под действием электрического тока представляет собой вынужденный процесс, поэтому второй закон термодинамики для него не всегда соблюдается (свободная энергия нейтрального атома в кристалле может оказаться больше энергии иона, и тогда появляется еще одна стадия электродного процесса – переход атомов в решетке от метастабильного к нормальному состоянию).

С нашей точки зрения, наибольшую роль в процессах электрохимического осаждения металлов группы железа и хрома на твердых электродах играют лимитирующие стадии разряда ионов и механизмы электрохимического перенапряжения выделения водорода при восстановлении из водных растворов электролитов. По-прежнему, несмотря на обилие теорий, остается недостаточно ясным, почему наблюдается такое большое различие в величине и природе металлического перенапряжения для железных и хромовых электролитов и с какими свойствами металлов (или растворов) оно связано.

Так, согласно *теории замедленного разряда* Фрумкина–Флориановича [20, с. 315–326] сверхполяризация электрода при электролизе из водных растворов соединений высоковалентного и низковалентного хрома обусловлена образованием на катоде сразу же с включением тока достаточно устойчивой коллоидной пленки, состоящей из продуктов гидратации, гидролиза и частичного восстановления хромовых анионов или катионов на начальном этапе электролиза.

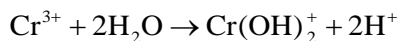
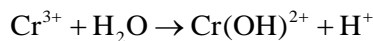
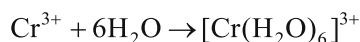
В универсальных электролитах хромирования [16] пленка состоит из активных анионов ( $\text{CrO}_4^{2-}$  – в слабокислотной среде или  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  – при pH электролита менее 3,5) и продуктов их гидролиза ( $\text{HCrO}_4^-$  или  $\text{HCr}_2\text{O}_7^-$  соответственно), а также из продуктов неполного восстановления хромовых кислот до гидратных

соединений Cr (3) и Cr (2). Уравнения соответствующих процессов:

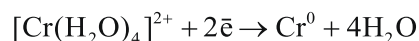
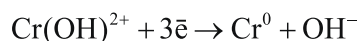
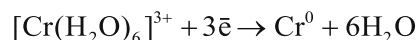


и т. п.

В электролитах, содержащих соли хрома (3), пленка состоит преимущественно из коллоидных гидратов  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  и гидроксидов хрома:



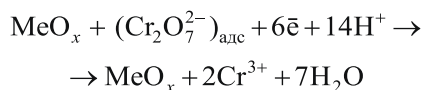
С образованием катодной пленки потенциал электрода резко смещается в электроотрицательную сторону, и для получения металлического осадка хрома во всех типах электролитов необходимо присутствие катализаторов, способных инициировать восстановление адсорбированных ионов (в их роли выступают анионы кислот и катионы переходных металлов), и значительная плотность тока (30–100 А/дм<sup>2</sup>), тогда:



Параллельно с восстановлением хрома выделяется газообразный водород, снижающий выход металла по току:  $\text{H}_3\text{O}^+ + \bar{e} \rightarrow \text{H}_{\text{адс}} + \text{H}_2\text{O}$ , так как потенциал разряда гидратированного катиона водорода ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) на хромовом и железном электродах при средних и высоких плотностях катодного тока находится в интервале  $-0,45 \dots -0,63$  В.

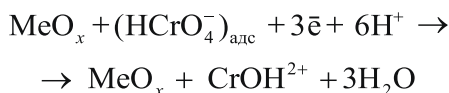
Согласно современным воззрениям [21, с. 500] при высоком потенциале восстановления лимитирующей стадией становится уже не разряд ионов хрома, а последующие стадии удаления адсорбированного водорода с поверхности электрода либо путем десорбции ( $\text{H}_{\text{адс}} + \text{H}_3\text{O}^+ + \bar{e} \rightarrow \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ), либо путем рекомбинации ( $2\text{H}_{\text{адс}} \rightarrow \text{H}_2$ ).

В соответствии с *адсорбционной теорией Шлугера* [13, с. 10–16] роль образующейся катодной пленки сводится к повышению поляризационного сопротивления катода по отношению к катиону водорода и смещению благодаря этому его потенциала до значения, при котором наступает выделение хрома. Из-за агрессивности самого электролита еще до подачи электричества при погружении металлического катода в электролит на его поверхности образуется *первичная пассивирующая пленка*, способная адсорбировать анионы хромовой кислоты:  $\text{MeO}_x - (\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} - \text{адс. слой})$ . Пленка обладает электронной проводимостью, поэтому после включения тока электроны проникают в поверхностный слой к адсорбированным анионам кислоты и их частично восстанавливают:

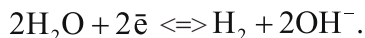


По мере расходования катионов водорода  $\text{H}^+$  на эту реакцию рН прикатодного слоя повышается до 3,0–3,5 и тогда анион  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  трансформируется в анион  $\text{CrO}_4^{2-}$  или в гидроанион  $\text{HCrO}_4^-$ . В этом случае меняется состав адсорбцион-

ного слоя на поверхности катода и идет другой окислительно-восстановительный процесс:



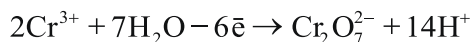
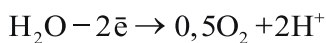
Вследствие этого у катода зарождаются мелкодисперсные положительно заряженные частицы – гидроксокатионы хрома (3)  $\text{Cr}(\text{OH})_2^{2+}$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_2^+$  или нейтральные молекулы гидроксида хрома  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ , адсорбирующиеся на поверхности катода. В данных условиях на первичную пленку накладывается *вторичная катодная пленка*, вызывающая резкое повышение перенапряжения до достижения потенциала восстановления воды:



Если рН прикатодного слоя становится чрезмерно высоким, то наряду с металлическим хромом в осадок могут включаться гидроксиды хрома. И если при этом успевает образоваться значительное количество атомарного водорода, то в осадок попадают еще и гидриды хрома. Для предотвращения попадания в гальваническое покрытие гидроксидов и гидроксо соединений хрома (3) Демаков [5, с. 12] предлагает вводить в электролит восстанавливающие лиганды – сульфиты, глицин и буферную добавку – борную кислоту.

Как следует из приведенного обзора, обе теории не противоречат убеждению о многостадийности процесса восстановления хрома, о чем свидетельствует и наличие изломов на поляризационных кривых, отвечающих переходу от одной лимитирующей стадии к другой.

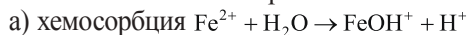
Параллельно с катодными реакциями на свинцовом аноде протекают два процесса: окисление воды до газообразного кислорода и окисление хрома (3) (диффундирующего от катода) до хрома (6):



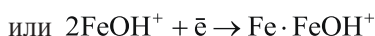
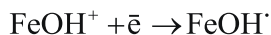
Окисление катионов хрома возможно и химическим путем под влиянием выделяющегося кислорода.

Механизм электролитического восстановления железа (2) из его электролитов сходен с механизмом восстановления хрома (3). Железо относится к металлам, имеющим большую склонность к пассивированию из-за высокой реакционной способности. Пассивирующими агентами могут быть оксиды, присутствующие в составе солей в качестве примесей, растворенный в электролите кислород, добавки органических веществ. И это необходимо учитывать в технологических процессах.

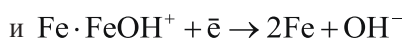
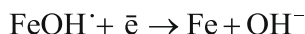
Потенциал железного электрода в растворе собственных ионов даже при отсутствии внешней поляризации не является равновесным, причем его величина зависит от концентрации ионов в растворе в меньшей степени, чем от величины pH. Причиной высокой поляризации железа под действием тока может быть одновременное присоединение двух электронов при разряде ионов железа (2):  $\text{Fe}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Fe}^0$  [19, с. 461]. Поскольку вероятность этого процесса мала, то его скорость является незначительной в сравнении с трехступенчатым процессом восстановления по схеме Бокриса:



б) электрохимическое неполное восстановление однозарядного катиона с образованием промежуточных частиц



в) электрохимическое восстановление промежуточных гидроксидов



Образование вследствие этого гидроксо-катионного слоя на поверхности электрода создает дополнительный барьер и приводит к высокому перенапряжению выделения водорода на катоде. При дальнейшем подщелачивании прикатодного слоя вместе с ионами  $\text{FeOH}^+$  возможно образование мелкодисперсного золя гидроксида железа  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ . Положительно заряженные частицы этого золя ( $[\text{m}(\text{Fe}(\text{OH})_2 \cdot \text{nFe}(\text{OH})^+ \cdot \text{pH}_2\text{O})]^{n+}$ ) адсорбируются на поверхности катода и приводят к повышению перенапряжения выделения металла. Вот почему электроосаждение железа протекает на пассивированной поверхности в зоне более отрицательных значений потенциала восстановления по отношению к стандартному его значению.

Что же касается анодного процесса при железнении, то на растворимых анодах при низких значениях плотности тока протекает только реакция растворения металла по схеме  $\text{Fe}^0 - \text{n}\bar{e} \rightarrow \text{Fe}^{n+}$ , причем расчет равновесных концентраций ферро- и ферри-ионов ( $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{Fe}^{2+}$  соответственно) показал, что в виде трехвалентных ионов в раствор переходит в  $10^{20}$  раз меньше частиц, чем в виде двухвалентных [14]. При увеличении плотности тока выше  $30 \text{ А/дм}^2$  достигается потенциал окисления воды с выделением газообразного кислорода  $2\text{H}_2\text{O} - 4\bar{e} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+$ , что может привести к химическому окислению ионов железа (2), накоплению ионов железа (3) и ухудшению качества электролитического осадка. Поэтому на практике в основном применяются растворимые аноды из железа-армко или малоуглеродистой стали.

Механизм действия коллоидных пленок и поверхностно-активных веществ при катодном осаждении металлов и сплавов также до конца не выяснен. Предполагается совместное действие и взаимное влияние процессов комплексообразования



и адсорбции. Впервые *теория комплекссообразования* основного металла с ПАВ была выдвинута Изгарышевым и его сотрудниками [19, с. 498]. Дальнейшее развитие она нашла в работах Гилеади [22, с. 284–287]. Согласно этой теории органические молекулы, находясь в электролите в коллоидном состоянии, за счет избыточной поверхностной энергии образуют с ионами металлов комплексные соединения. По мнению авторов, эти комплексы не относятся к устойчивым химическим соединениям, их следует рассматривать больше как металло-коллоидные адсорбционные образования. Процесс разряда металла, связанного в такой конгломерат, сопровождается высоким перенапряжением (десорбция иона металла, захват электронов, разряд, диффузия на поверхности катода и т. п.), что сдвигает потенциал в отрицательную область, сближая его с потенциалом разряда менее благородного металла.

Вместе с тем многочисленные исследования доказывают, что торможение процесса выделения металла в присутствии ПАВ возможно только при достаточно плотном заполнении поверхности катода адсорбированными молекулами и при отсутствии значительной поверхностной подвижности этих молекул [10, 18, 22]. *Теория адсорбционной химической поляризации* впервые была предложена Лошкаревым, позже – развита в трудах Фрумкина и его учеников [20, с. 502], а также в наших исследованиях [17]. Согласно этой теории можно выделить два основных механизма адсорбционного воздействия ПАВ на кинетику электроосаждения металлов:

1) блокирование поверхности катода для прохождения к нему основных ионов за счет чрезвычайно прочной адсорбции ПАВ, что приводит к фактическому прекращению или значительному ограничению процесса восстановления металла. Для возобновления или ускорения электро-

лиза необходимо освободить поверхность от адсорбированных на ней соединений;

2) замедление или ускорение в большей или меньшей мере одного из элементарных актов процесса выделения металла – собственно, разряд иона за счет изменения скорости перехода электронов через границу раздела фаз в присутствии адсорбированного на катоде вещества.

**Выводы.** Резюмируя литературные данные и собственный опыт исследования механизмов электролитического восстановления железа и хрома [9, 15–17], мы приходим к выводу о том, что оба этих процесса протекают через образование промежуточных гидроксил-ионов или коллоидных зольей, вызывающих высокую поляризацию катода.

Отмечая существенную роль добавок ПАВ в осаждении металлов и сплавов электрохимическими методами, следует выделить их влияние на разряд ионов водорода, сопровождающий практически все процессы электролиза из водных растворов. Во многих случаях применение добавок ПАВ уменьшает наводороживание электроосадков, снимает питтинг на покрытиях и способствует облегчению отрыва пузырьков водорода от поверхности металла [13, с. 19; 22].

Это позволяет нам в дальнейшем исследовать такие органические добавки к смешанному электролиту, содержащему ионы железа и хрома, которые значительно сближат их потенциалы восстановления, не меняя существенно механизмы электроосаждения и растворения металлов. Мы считаем целесообразным проводить исследования в сильноокислотных смешанных электролитах, содержащих соли двухвалентного железа и трехвалентного хрома (в целях защиты ферри-ионов от окисления) в присутствии добавок комплексных солей органических предельных и непердельных карбоновых кислот. Заметим при этом, что переход на исполь-

зование преимущественно электролитов, содержащих хром (3), вызван необходимостью выполнения директивы Евросоюза RoHS об ограничении использования в производстве токсичных веществ [23], к которым относятся электролиты высоковалентного хрома.

### Цитированная литература

1. Петров Ю.Н., Гурьянов Г.В., Бобанова Ж.И. и др. Электролитическое осаждение железа. – Кишинев: Штиинца, 1990. – 195 с.
2. Корнейчук Н.И., Лялякин В.П. Перспективы использования промышленных методов восстановления изношенных деталей машин гальваническими и полимерными покрытиями в современных условиях развития агропромышленного технического сервиса // Технический сервис машин. Т. 130. – М.: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2018.
3. Беленький М.А., Иванов А.Ф. Электроосаждение металлических покрытий. – М.: Металлургия, 1985. – 288 с.
4. Солодкова Л.Н., Кудрявцев В.Н. Электролитическое хромирование. – М.: Глобус, 2007. – 191 с.
5. Демаков А.Г. Электроосаждение защитно-декоративных покрытий хромом и его сплавами из растворов, содержащих Cr(III): автореф. дис. ... канд. хим. наук. – М., 2013.
6. Караванова А.А. Влияние водорода на структуру и свойства высокоуглеродистых сталей и гальванических покрытий: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина, 2012.
7. Блинков Б.С., Серебровский В.В., Калуцкий Е.С. Электроосаждение сплавов на основе железа // Вестник Курской ГСХА. – 2016. – № 2. – С. 67–71.
8. Мичукова Н.Ю., Бомешко Е.В. Оценка промышленного использования электролитического восстановления и упрочнения деталей машин // Гальванотехника и обработка поверхности. – 1993. – Т. 11, № 3. – С. 52–54.
9. Морарь М.М., Черемпей В.А., Корнейчук Н.И. Влияние условий осаждения на структуру хромовых покрытий // Малоотходные и ресурсосберегающие процессы в гальванотехнике: материалы семинара. – М.: МДНТП, 1988.
10. Кретов С.С. Анализ способов улучшения качества гальванических покрытий // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер.: Технические науки. – 2013. – № 4(40). – С. 77–82.
11. Справочник по электрохимии / под ред. А.М. Сухотина. – Л.: Химия, 1981. – 488 с.
12. Ситникова Т.Г., Ситникова А.С. Электроосаждение сплавов хром–никель из электролитов на основе соединений Cr(3) // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2003. – Т. 39, № 3. – С. 272–275.
13. Ларченко Е.А. Научные и прикладные аспекты электроосаждения хрома и сплавов железо–хром из электролитов на основе трехвалентного хрома: автореф. дис. ... канд. хим. наук. – М., 1994. – 21 с.
14. Богомолов С.А. Восстановление и поверхностное упрочнение стальных деталей электролитическими сплавами на основе железа: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Курск, 2014.
15. Бомешко Е.В., Мигаль П.И., Городецкий Ю.С. Электродные процессы при электроосаждении сплавов железо–вольфрам из кислых электролитов. – М.: ВИНТИ, № 2316-77. Деп. ЦИОНТ ПИК ВИНТИ № 10, 1978. – 15 с.
16. Корнейчук И.Н. Интенсификация хромирования восстанавливаемых деталей сельскохозяйственной техники: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: 1996 – 18 с.
17. Korneychook I.N., Lozan V.I., Bologna O.A. et al. The application of the complex agents on the basis of thiosemicarbazide in chromium electroplating process // Conferinta de chimie si inginerie chimica. Lucralle conferintei Bucuresti. – 1995. – Vol. 3, partea II-a. – P. 299–304.
18. Березин Н.Б., Межевич Ж.В. Электроосаждение металлов из водных растворов

комплексных соединений: монография. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2015. – 168 с.

19. **Антропов Л.И.** Теоретическая электрохимия: учебник для вузов. – 4-е изд, перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1984. – 519 с.

20. Прикладная электрохимия / под ред. А.П. Томилова. – М.: Химия, 1984. – 520 с.

21. **Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.Л.** Электрохимия. – М.: Химия, 2001. – 624 с.

22. **Eliaz N., Gileadi E.** Induced Codeposition of Alloys of Tungsten, Molybden and Rhenium with Transition Metals / Tel-Aviv University, Ramat Aviv. // Modern Aspects of Electrochemistry, Number 42, edited by C. Veyens et al., Springer, New-York, 2008. – P. 191–301.

23. **Клаудия М. Каруана.** Переход на производство, не использующее шестивалентный хром // Мир гальваники. Российское издание по мировой гальванотехнике. – 2007. – № 1. – С. 36–37.

УДК 621.182.94

## ПЕРСПЕКТИВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВОГО СЫРЬЯ МОЛДАВСКОЙ ГРЭС

*Ф.Ю. Бурменко, Л.Л. Юров, Ю.Ф. Бурменко, С.Л. Чирвина*

*Изложен анализ современного состояния переработки золошлакового сырья, различных технологий его переработки, перспективы промышленной переработки золошлака Молдавской ГРЭС в Приднестровье.*

**Ключевые слова:** золошлаковое сырье, золоотвалы, бетоны, дорожное и гражданское строительство, стройматериалы.

## PROSPECTS AND POSSIBILITIES OF USING OF ASH AND SLAG RAW MATERIALS OF THE MOLDAVIAN STATE DISTRICT POWER STATION

*F.Yu. Burmenko, L.L. Yurov, Yu.F. Burmenko, S.L. Chirvina*

*The article presents the analysis of modern processing of ash and slag raw materials, different techniques of its processing, prospects of industrial processing of ash and slag raw of the Moldavian State District Power Station.*

**Keywords:** ash and slag raw materials, ash dumps, concrete, road and civil construction, building materials.

Золы и шлаки – ценное сырье, которое эффективно используется в самых разных сферах. Они относятся к отходам пятого класса опасности, т. е. практически безопасные, и вполне могут применяться в производстве стройматериалов и удобрений для сельского хозяйства, в дорожном строительстве, рекультивации послед-

ствий неудовлетворительного недропользования, исправлении неудобий (засыпке оврагов, карьеров и болот). Кроме всего прочего, в золошлаках содержатся ценные редкоземельные элементы, а также оксиды кремния, алюминия и железа, которые можно выделять более эффективно и экономично, чем из рудного сырья.

В мире накоплен огромный опыт использования золы и шлаков. В Великобритании и Германии перерабатывается весь объем годового выхода золошлаков. Американская ассоциация угольной золы в 2000 году инициировала принятие закона «О сохранении и восстановлении ресурсов». В результате этого в 2008-м в США утилизировалось 70 % золошлаков. В Китае перерабатывается свыше 80 % золы. В Индии закон регламентирует обязательное использование до 25 % золошлаковых отходов в производстве кирпича, блоков и плитки на предприятиях, расположенных в радиусе до 100 км от конкретной тепловой электростанции (ТЭЦ), а также при выполнении насыпей во всех дорожных работах.

На сайте Европейской ассоциации по утилизации продуктов горения угля (Coal Combustion Products (ЕСОВА)) и в ежегодных отчетах Азиатской ассоциации угольной золы (Asian Coal Association) публикуется текущее состояние переработки и использования продуктов горения угля и угольной золы в Европе и Азии. В Европе регулирование выбросов в угольной промышленности нормируется стандартами IPPS, LCPD и IED. Из полученной информации можно сделать вывод, что утилизации золошлаковых отходов ТЭЦ уделяется большое внимание во всем мире, особенно в экономически развитых странах, тем самым решаются экологические проблемы, снижаются экономические затраты за счет применения вторичных сырьевых ресурсов.

Современные тенденции переработки и использования золошлаковых отходов тепловых электростанций (ТЭС) и котельных Российской Федерации изучены на примере ТЭС Уральского и Приволжского регионов и освещены в [1]. Об экономических выгодах переработки золошлакового сырья (ЗШС), в частности об эффективности отдельных технологических процессов

и областей применения ЗШС, информация приведена на сайте Инжинирингового химико-технологического центра (ИХТЦ) [2]. Обзор современного состояния проблем использования ЗШС в дорожном строительстве изложен в [3].

Проблемы использования техногенного сырья, в частности ЗШС, особенно актуальны на территориях с условиями ограниченности свободных земельных площадей, высокой плотности населения и практического отсутствия минеральных ресурсов. К таким регионам относится Приднестровская Молдавская Республика. Ресурсосберегающие, энергетические и экологические эффекты, сопутствующие решению проблем переработки крупнотоннажных отходов, переводят это направление в разряд социально значимых. Практическая реализация переработки ЗШС в ПМР может и должна основываться на нормативно-технической документации и законодательных актах РФ, в которых приведены детальные методические рекомендации по применению золошлаков в дорожном строительстве, а также регламентированы требования к их характеристикам [4–8].

Примером действующего производства по переработке золошлаков, аналог которого может быть реализован в условиях Приднестровья, является завод в г. Алексине Тульской области [9].

Следует отметить, что в производстве бетона и изделий из него золошлак является эффективным заменителем других, более дорогостоящих наполнителей. Доля ЗШС как заменителя составляет до 25 %, это на четверть меньше, чем золы-уноса, кроме того, стоимость золошлака гораздо ниже. Вместо песка и цемента в производстве различных бетонов, строительных растворов, керамики, теплогидроизоляционных материалов, в дорожном строительстве используются золошлаковые смеси.

Анализ изученных материалов показал следующие основные направления применения ЗШС.

**Замена песка золошлаком в тяжелых бетонах.** Золошлак может использоваться как альтернатива цементу. При изготовлении тяжелого бетона золошлаковая смесь может частично или полностью заменить песок. Особенно выгодно вводить ее вместо мелкозернистого песка, который требует повышенного расхода цемента. Сочетая золошлаковую смесь со щебнем, можно получить бетон, который по прочности не будет уступать бетону на высококачественных заполнителях. Золошлаковая смесь или шлак, применяемые в сочетании с обычными заполнителями, улучшают зерновой состав и удобоукладываемость бетонной смеси при экономии дорогостоящих заполнителей.

**Производство мелкозернистого бетона на шлакопесчаном заполнителе.** В этом случае используется шлак отдельного гидроудаления и природный кварцевый песок. В таком бетоне расход цемента на 20–25 % ниже, чем в обычном мелкозернистом бетоне на двухфракционном кварцевом песке. Такой бетон эффективен при изготовлении густоармированных и тонкостенных конструкций. Золопесчаные бетоны получают путем введения в тощие цементно-песчаные смеси золошлака. Расход цемента в бетонах классов В15 и В25 почти не превышает норм для обычного тяжелого бетона с крупным заполнителем, в то время как мелкозернистые цементно-песчаные бетоны характеризуются повышенным на 20–40 % расходом цемента.

**Применение золошлака в дорожном строительстве, а также для укрепления грунтов.** Для сооружения насыпей земляного полотна пригодны все типы ЗШС [5]. В качестве подушек и оснований при использовании золошлаков без добавок наиболее предпочтительно применять

каменноугольную золошлаковую смесь, образованную при жидком шлакоудалении.

**При строительстве и ремонте теплосетей, особенно при прокладке коммуникаций под дорогами и тротуарами.** В данном случае используются золошлаки крупного или среднего состава с послойным уплотнением (трамбованием) как добавка в щебеночно-гравийно-песчаные смеси (ГОСТ 25607-2009).

Вариантом промышленной переработки ЗШС Молдавской ГРЭС может стать, например, частичное использование в качестве основы производства площадки и основного оборудования участка подготовки и подачи твердого топлива. Это требует привлечения инвестора, имеющего опыт работы по проектированию предприятий глубокой переработки ЗШС, например такого, как немецкая фирма Schauenburg MAB. Кроме того, техническое решение разработала российская компания АБСОЛИТ, которое предполагает монтаж и запуск автономного мобильного завода по переработке ЗШС мощностью 17 тыс. т в год или стационарного завода мощностью 400 тыс. т в год, стоимостью соответственно 12 млн руб. РФ и 1200 млн руб. РФ. Технические решения фирмы АБСОЛИТ описаны в патентах [10, 11].

По результатам анализа информации по рассматриваемой проблеме составлен и направлен на экспертизу в Министерство экономического развития ПМР проект бизнес-плана создания мини-завода по производству заполнителя для бетонов и асфальтобетонов на основе отвального ЗШС Молдавской ГРЭС мощностью 3–4 тыс. т в год. При этом стоимость конечного продукта будет ниже цены песка и других заполнителей благодаря нулевой стоимости золошлака.

Техногенным сырьем Молдавской ГРЭС является золошлаковая смесь мокрого отбора, которая накоплена в



огромных количествах в золоотвалах. В научных лабораториях Инженерно-технического института проведены поисковые исследования возможных областей ее применения и технологий переработки. Отходы МГРЭС представляют собой продукт сжигания антрацитовых углей, в основном Донецкого бассейна. Известно [4, 8], что такое ЗШС содержит значительное количество недожига угля (до 20 %) в виде высокодисперсных частиц. Таким образом, возникает возможность использования углеродных частиц в качестве электропроводного компонента в бетонных или керамических смесях и изделиях в процессе производства электропроводного бетона.

В ходе экспериментов были изготовлены образцы изделий, перспективные в качестве электрообогревателей на основе электропроводного бетона, получен патент на изобретение ПМР № 361 «Сырьевая смесь для электропроводного бетона».

Согласно данным экологических организаций ПМР объем золы-уноса, накопленный в отвалах Молдавской ГРЭС, составляет 17 млн т, что может быть сопоставимо с природным источником минерального сырья, однако является объектом межгосударственных экологических проблем.

Авторами предложены наименее затратные технические решения по использованию ценного техногенного сырья на основе опыта различных стран, преимущественно Российской Федерации, с одновременным снижением экологической нагрузки на окружающую среду.

## Цитированная литература

1. Мингалеева Г.Р. Современные тенденции переработки и использования золо-

шлаковых отходов тепловых электростанций и котельных // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://science-education.ru>

2. Золошлаковые отходы. Экономическая выгода переработки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ect-center.com>

3. Путилин Е.И., Цветков В.С. Применение зол-уноса и золошлаковых смесей при строительстве автодорог (обзор). – М., 2003.

4. ГОСТ 25818-91. Зола-унос тепловых электростанций для бетонов. Технические условия.

5. ОДМ 218.2.03-2013. Методические рекомендации по применению золы-уноса и золошлаковых смесей от сжигания угля на ТЭС в дорожном строительстве. Распоряжение Федерального дорожного агентства от 04.03.2013 г. № 2 50-р/ю. – М., 2013.

6. ОДМ 218.2.035-2013. Рекомендации по применению золы-уноса в бетоне оснований автомобильных дорог. Распоряжение Федерального дорожного агентства от 22.07.2013 г. № 1046-р. – М., 2013.

7. Федеральный закон № 184-ФЗ «О техническом регулировании и обеспечении дорожных организаций методическими рекомендациями по применению золы-уноса и золошлаковых смесей от сжигания угля на ТЭС в дорожном строительстве» от 27.12.2002 г.

8. ГОСТ 25592-91. Смесей золошлаковые электростанций для бетона. Технические условия.

9. Инвестиционный проект переработки промышленных отходов. г. Алексин, Тульская обл. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zavod-7.com>

10. Патент РФ 2659362, 2017 г. Мобильный завод по производству стеновых строительных и дорожных материалов.

11. Патент РФ 2606424. Технологическая линия и способ автоматизированного производства строительных материалов. 2016 г.



УДК 631.312.001.891.55

## ПОИСКОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПЛУГА ПСКу-5 С УПРОЧНЕННЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

Г.В. Клинк, Ф.Ю. Бурменко, А.В. Димогло,  
Е.В. Юрченко, А.А. Гончарук

*Приведены результаты полевых испытаний плуга ПСКу-5, рабочие органы которого были упрочнены различными методами наплавки. Установлено, что наиболее эффективным методом наплавки является метод электроискрового легирования лезвий лемехов плуга титан-кобальтовым сплавом Т15К6.*

**Ключевые слова:** поисковые исследования, полевые испытания, плуг ПСКу-5, упрочненные рабочие органы, лезвие лемеха, методы наплавки, метод электроискрового легирования.

## EXPLORATORY RESEARCH AND FIELD EXPERIMENT OF THE PSKu-5 PLOW WITH STRENGTHEN WORKING BODIES BY THE METHOD OF ELECTRO-SPARKING

G.V. Klink, F.Yu. Burmenko, A.V. Dimoglo, E.V. Yurchenko, A.A. Goncharuk

*The results of field experiments of the PSKu-5 plow with hardened working bodies by various methods of surfacing are given. It is established that the most effective method of surfacing is the method of electric alloying of titanium-cobalt alloy T15K6 blades plowshares.*

**Keywords:** exploratory research, field experiments, PSKu-5 plow, hardened working bodies, plowshare blade, surfacing methods, electro-spark alloying method.

Наиболее энергоемким технологическим процессом при возделывании сельскохозяйственных культур в условиях Приднестровья является основная обработка почвы – вспашка. Во многих хозяйствах для выполнения вспашки на протяжении многих лет применяются плуги старой серии ПЛН (плуг лемешный навесной), но в последнее время для этих целей сельскохозяйственная промышленность начала выпускать и использовать более эффективные плуги новой серии ПСК (плуг скоростной комбинированный).

Навесные плуги серии ПСК относятся к категории бинарно-лемешного оборудования, используемого для отвальной и безотвальной пахоты под технические и зерновые культуры. Они имеют высокую производительность, оптимальные показатели сопротивления, скольжения и трения.

От плугов предыдущей серии новые плуги отличаются рядом преимуществ: ширина захвата рабочих органов корпуса плуга увеличена до 60 см, лемеха имеют две рабочие кромки лезвий, увеличивающих ресурс работы плуга, применяемые винтовые отвалы обеспечивают экономии топлива до 9 кг на гектар ввиду уменьшения силовых усилий и расхода энергии на последующую обработку поля [1, 2].

Навесные плуги серии ПСК являются новыми ресурсосберегающими почвообрабатывающими скоростными комбинированными универсальными орудиями, которые активно осваиваются производителями агрофирм ПМР. На практике наиболее широкое распространение получили плуги марки ПСКу-5 [3]. Но им присущи и некоторые недостатки.

С целью устранения недостатков новой серии ПСК при эксплуатации в условиях республики были проведены поисковые и теоретические исследования на кафедре технических систем и электрооборудования в АПК аграрно-технологического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко, а также выполнены полевые испытания плуга ПСКу-5 в производственных условиях ООО «Агропарк» с. Парканы Слободзейского района.

По результатам исследований были выявлены недостатки использования навесного плуга ПСКу-5 в производственных условиях. В связи с климатическими изменениями в последние годы, связанными с сильным повышением температуры почвы, она стала спекаться и обладать повышенной твердостью и плотностью, вызывая интенсивный износ режущих кромок лемехов плужного корпуса и снижение наработки на кромку лезвия. С целью устранения возникших недостатков рабочие органы плуга ПСКу-5 были модернизированы путем применения отвала большего объема и долота вместо вертикального лемеха для улучшения заглубляемости плуга в твердых почвах, однако, по отзывам производителей, это только ухудшило работу плуга.

На основе результатов поисковых и теоретических исследований было принято решение о проведении полевых испытаний плуга ПСКу-5 с установлением на раме макетных экспериментальных корпусов с рабочими органами, лезвия которых были упрочнены методами наплавки сормайтотом и электроискровым легированием. Контрольный вариант использовался без наплавки [4, 5].

Упрочнение рабочих органов корпусов плуга было выполнено в условиях мастерских на кафедре машиноведения и технологического оборудования Инженерно-технического института.

В 2018 году на полях ООО «Агропарк» проводились эксплуатационные испытания экспериментальных образцов корпусов

плуга ПСКу-5, который агрегатировался трактором импортного производства Нью Холланд Т7070 (США), при проведении пахоты на глубину 35 см с рабочей скоростью 8 км/ч. Тип почвы – суглинистая, влажность – 2 %.

Плуг ПСКу-5 был укомплектован следующим образом. На первый корпус установили правый лемех, вертикальный удлиненный лемех и левый противодействующий лемех, которые были упрочнены точечным электроискровым легированием. На второй корпус установили серийные рабочие органы, на третий – рабочие органы плуга, упрочненные сплавом сормайт-1. Четвертый и пятый корпуса укомплектовали новыми серийными рабочими органами.

Величину износа определяли по величине уменьшения линейных размеров с помощью штангенциркуля ШЦ-2 и весовым методом по величине уменьшения массы испытываемых образцов.

Испытание экспериментальных образцов лемехов корпусов плуга ПСКу-5 проводилось в процессе вспашки участка площадью 110 га.

Выявлено, что закономерности износа правого лемеха (рис. 1) по ширине, а лезвия по толщине носят нелинейный характер и наибольшему износу подвергались рабочие поверхности у пятки лемеха как по ширине, так и по толщине лезвия. А проведенные замеры линейных и весовых характеристик состояния рабочих поверхностей экспериментальных образцов правых лемехов плуга показали, что наименьшему износу подвергались лемеха, упрочненные титан-кобальтовым сплавом Т15К6.

Изучение состояния рабочих поверхностей экспериментальных образцов вертикальных удлиненных лемехов плуга (рис. 2) и проведенные замеры их линейных и весовых характеристик показали, что износ серийных вертикальных удлиненных лемехов и упрочненных сормайтотом находится на одном уровне, а лемеха,



Рис. 1. Состояние рабочих поверхностей экспериментальных образцов правых лемехов плуга: 1 – упрочненный титан-кобальтовым сплавом Т15К6; 2 – серийный; 3 – упрочненный сплавом сормайт-1



Рис. 2. Состояние рабочих поверхностей экспериментальных образцов вертикальных удлиненных лемехов плуга: 1 – упрочненный титан-кобальтовым сплавом Т15К6; 2 – серийный; 3 – упрочненный сплавом сормайт-1

упрочненные титан-кобальтовым сплавом, изношены в меньшей степени.

Проведенный анализ состояния рабочих поверхностей экспериментальных образцов левых противодействующих лемехов плуга (рис. 3) и выполненные замеры их линейных и весовых характеристик показали, что износ левых противодействующих лемехов, упрочненных титан-кобальтовым сплавом Т15К6, в 1,83 раза меньше, чем серийных.

В целом наибольшему износу по массе подверглись все три вида (правый, вертикальный удлиненный, левый противодействующий) серийных лемехов, а у лемехов, упрочненных титан-кобальтовым сплавом Т15К6, износ в 1,83 раза меньше, чем у серийных, что согласуется с данными линейного износа. Износ лемехов, упрочненных сормайтом-1, практически находился на уровне износа серийных лемехов.

## Выводы

1. В результате испытания рабочих органов плуга ПСКУ-5 в производственных условиях выявлено, что закономерности износа лемеха по ширине, а лезвия по толщине носят нелинейный характер и наибольшему износу подвергаются ра-



Рис. 3. Состояние рабочих поверхностей экспериментальных образцов левых противодействующих лемехов плуга: 1 – упрочненный титан-кобальтовым сплавом Т15К6; 2 – серийный; 3 – упрочненный сплавом сормайт-1

бочие поверхности у пятки лемеха как по ширине, так и по толщине лезвия.

2. Эксплуатационными испытаниями экспериментальных образцов лемехов плуга ПСКУ-5 установлено, что у лемехов, упрочненных титан-кобальтовым сплавом Т15К6, износ в 1,83 раза меньше, чем у серийных.

3. Необходимо провести в условиях ПМР сравнительные производственные испытания плуга ПЛН-5-35 и плуга ПСКУ-5 с упрочненными титан-кобальтовым сплавом Т15К6 лезвиями лемехов для подтверждения их эффективности при эксплуатации в полевых условиях на больших площадях.

**Цитированная литература**

1. Обзор скоростных комбинированных плугов ПСК/ПСКУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://techspez.ru/selhoz\\_plugi\\_psk.html](http://techspez.ru/selhoz_plugi_psk.html)
2. Преимущества плугов ПСК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://krasunic.ru/energoberegayushhie-skorostnye-plugi-psk/>
3. Плуг ПСКУ-5. Энергосберегающие скоростные плуги ПСК [Электронный ресурс]. –

Режим доступа: [http://www.sur-psk.ru/products/plugi\\_psk/plug\\_psk5/](http://www.sur-psk.ru/products/plugi_psk/plug_psk5/)

4. Электроды наплавочные Сормайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ko174.ru/products/elektrody-naplavochnye-sormayt>
5. Электроискровое легирование – преимущества технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wikimetall.ru/metalloobrabotka/elektroiskrovoe-legirovanie.html>

УДК 631.331:635.25/.26:631.559

## АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА СЕЯЛКИ, ВЛИЯЮЩИХ НА КАЧЕСТВО ПОСЕВА СЕМЯН ЛУКА

*В.С. Михайлов, А.В. Димогло, С.Ф. Чернобрисов*

*Рассматриваются достоинства и недостатки различных высевающих аппаратов с целью найти конструкцию, обеспечивающую выполнение одного из главных агротехнических требований – равномерности высева, что является непременным условием при посеве семян лука и выращивании лука-репки.*

**Ключевые слова:** *высевающий аппарат, урожайность, равномерность, травмирование, норма высева, универсальность.*

## ANALYSIS OF CONSTRUCTIONS OF THE SEEDING DEVICE OF THE ONION SEEDER AFFECTING THE QUALITY OF CROPSING ON THE ONION SEEDS

*V.S. Mikhaylov, A.V. Dimoglo, S.F. Chernobrisov*

*The article considers the advantages and disadvantages of different sowing devices for the purpose to find the construction, providing the fulfillment of one of the main agrotechnical requirements - the uniformity of sowing, which is an indispensable condition for sowing onions and the cultivation of onion turnip.*

**Keywords:** *sowing device, yield, uniformity, injury, sowing rate, versatility.*

В огромном многообразии овощных культур, виды которых возделываются в нашей республике, одно из лидирующих мест занимает лук. Это ценный продукт питания, обладающий достаточно высокими лечебными качествами и питательными свойствами, содержащий большое количество эфирных масел и до 30 минеральных веществ.

В настоящее время для посева семян лука применяются следующие способы:

однострочный, двухстрочный, многострочный, ленточный, широкорядный. При таком посеве используются универсальные сеялки для мелкосемянных культур. Наибольшее распространение получили сеялки типа СО-4,2 [1, 2].

Главным рабочим органом в сеялках служит высевающий аппарат, работа которого определяет равномерность распределения семян в рядке, что в конечном итоге

влияет на урожайность сельскохозяйственных культур. Катущечные высевальные аппараты, которые используются в сеялках СО-4,2, не обеспечивают достаточно высокой равномерности расположения семян в рядке. Основной причиной данной проблемы выступает большая порционность посева семян, в результате чего посевы получаются с большими загущениями или, наоборот, разрежениями в рядке, что негативно сказывается на урожайности.

Для получения высоких и устойчивых урожаев высевальные аппараты, используемые при посеве, должны соответствовать следующим требованиям: обеспечивать равномерность и устойчивость посева, не травмировать семенной материал, обладать простотой настройки на норму посева, универсальностью и т. д. В этом направлении хорошо себя зарекомендовали сеялки точного посева.

Так, например, высевальный аппарат точного однозернового посева семян снабжен специальным устройством для настройки на поодиочный посев семян без его разборки, что позволяет производить переналадку на другую норму посева в полевых условиях [3]. Недостатком данного высевального аппарата является усложненная конструкция за счет введения дополнительного элемента – поводка с механизмом регулирования. Кроме того, имеет место двойное западание в ячейку плоских семян, вследствие чего может быть нарушена норма посева.

Другая конструкция высевального аппарата [4] обеспечивает повышенную точность однозернового посева семян путем снижения количества двойников за счет того, что в его рабочую схему включен сектор со слоем фрикционного материала. Недостатки данной конструкции: сложность регулировки и настройки аппарата на посев семян других культур различных размеров. Кроме того, консольно закрепленный сектор с подпружиненным

концом имеет незначительную толщину и склонность к вибрации в процессе работы, что снижает качество процесса посева.

Немаловажное значение для качества посева имеет вспомогательное и дополнительное оборудование сеялок, служащее для направления и укладки семян, – семяпроводы и сошники.

В рамках анализа рассмотрен сошник пневматической сеялки, который содержит конический растроб, имеющий цилиндрический участок с криволинейным сетчатым желобком и расположенную под ним воздухоотводящую пластину [5]. Недостатком устройства является сложность конструкции и близость расположения к почве, что уменьшает эффективность отвода воздуха.

Следующим объектом анализа выступил семяпровод пневматической сеялки, сообщенный с источником сжатого воздуха и имеющий гаситель воздушного потока, который выполнен в виде сквозных прорезей во внешних стенках криволинейных участков трубопровода [6]. Недостатком данного семяпровода является сложность конструкции и увеличение травмирования семян при посеве.

Таким образом, в основной массе применяемые в сеялках высевальные аппараты не могут обеспечить заданную равномерность распределения семян в рядке в соответствии с агротехническими требованиями для выращивания лука-репки (например, для сорта Халцедон расстояние между семенами должно составлять 5–7 см). Главной причиной неравномерности является высокая порционность посева семян, в результате чего посевы лука получаются со сгущением и разрежением растений, что, естественно, приводит к значительному снижению урожайности.

На основании изложенного можно сделать некоторые выводы:

1. Проанализированные конструкции высевальных аппаратов различных видов не вполне способны обеспечить требуемую

равномерность подачи высеваемого семенного материала.

2. Рассмотренные конструкции высевающих аппаратов в основной массе имеют ряд недостатков, таких как сложность конструкции, трудность установки нормы высева, громоздкий привод, наличие дополнительных устройств для повышения равномерности дозирования.

3. Анализ высевающих аппаратов и исследование технологического процесса их функционирования показывают перспективность и необходимость проведения дальнейшей комплексной работы по усовершенствованию высевающих аппаратов непрерывного действия, а также по созданию вспомогательных элементов сеялок, служащих для направления и укладки семян.

## Цитированная литература

1. О текущей ситуации в агропромышленном комплексе Российской Федерации в декабре 2010 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mcx.ru/documents/document/show/14300.285.htm>

2. Кардашевский С.В., Погорелый Л.В., Фудиман Г.М. Испытание сельскохозяйственной техники. – М.: Машиностроение, 1979. – 288 с.

3. А.с. СССР № 1644761, МПК А01С 7/04, 1991, «Высевающий аппарат», авт. И.И. Гуреев и др.

4. А.С. СССР №1443835 А 01 С 7/04, 1988. Бюл. № 46.

5. SU 1743419 А01С 7/20.

6. SU 2485751 А01С 7/20.

УДК 631.3.07:621.892

## АНАЛИЗ ОТКАЗОВ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ, ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО АВТОТРАНСПОРТА НА ПРИМЕРЕ МУП «КОММУНАЛДОРСЕРВИС» г. БЕНДЕРЫ

*А.Н. Котомчин, Ю.Г. Ляхов*

*Проведен анализ отказов техники на примере парка МУП «КоммуналДорСервис» г. Бендеры. Выявлено, что значительный объем строительных работ в Приднестровье обуславливает интенсивную эксплуатацию техники и, как следствие, ужесточает требования к ее надежности и долговечности при минимизации затрат на эксплуатационные расходы.*

**Ключевые слова:** надежность, отказ, наработка, дорожно-строительные машины, запасные части, агрегаты, гидросистема.

## ANALYSIS OF FAILURES OF KNOTS AND UNITS OF CONSTRUCTION, ROAD, LIFTING AND TRANSPORT MACHINES AND SPECIALIZED MOTOR TRANSPORT ON THE EXAMPLE OF MUE «COMMUNALDORSERVICE»

*A.N. Kotomchin, Yu.G. Lyakhov*

*The article analyzes the failures of equipment on the example of MUP "KommunalDorServis" in Bender. It was revealed that a significant amount of construction work in Pridnestrovie causes intensive equipment operation, which already tightens the requirements for its reliability and durability while minimizing the costs of operating costs.*

**Keywords:** reliability, failure, operating time, road-building machines, spare parts, units, hydraulic system.



**Введение****Методика исследований**

Специализированный транспорт (СТ) и дорожно-строительные машины (ДСМ) в нашей республике, как и во всем мире, играют важную роль в дорожно-строительном производстве и перевозках определенных грузов (сыпучих и жидких грузов, твердых бытовых отходов (ТБО) и др.). Использование специализированной техники значительно снижает время простоя транспорта в погрузочно-разгрузочных работах, увеличивает производительность труда, улучшает сохранность груза.

Для получения фактических показателей надежности мусоровозов и ДСМ с 1 января 2018 г. НИЛ «Реновация машин и оборудования» ПГУ им. Т.Г. Шевченко начала исследование по оценке уровня отказов узлов и агрегатов, определяющих работоспособность СТ и ДСМ, на базе МУП «КоммуналДорСервис» г. Бендеры как предприятия, эксплуатирующего один из самых больших парков в Приднестровье (табл. 1).

Сбор данных о надежности и работе СТ и ДСМ осуществлялся путем заполне-

Таблица 1

**Состав специализированного транспорта и дорожно-строительных машин  
МУП «КоммуналДорСервис» г. Бендеры**

Наименование машины	Марка и базовое шасси	Количество	Средняя наработка с начала эксплуатации
Мусоровоз	КО-440-8 МАЗ-5337	2	325 000 км
Мусоровоз	КО-440-8Г КамАЗ-65115	4	342 000 км
Мусоровоз	Econic 957.66 Mercedes benz	3	458 000 км
Мусоровоз	Axor R 1824 Mercedes benz	3	385 000 км
Самосвал	КамАЗ-5511	5	275 000 км
Самосвал	ЗИЛ ММЗ-555	5	282 000 км
Самосвал	МАЗ-5337	2	302 000 км
Самосвал	MAN 35	5	386 000 км
Трактор-погрузчик	МТЗ-82	5	9650 мото-ч
Трактор	Т-150	2	11 820 мото-ч
Трактор	Т-25	4	3520 мото-ч
Трактор	ЮМЗ-6	2	6540 мото-ч
Трактор	Т-16	1	4550 мото-ч
Трактор	Т-130	1	12 540 мото-ч
Автокран	КС-3575 ЗИЛ-130ГЯ	1	10 780 мото-ч
Автокран	КС-3562 МАЗ-500	1	9350 мото-ч
Автогрейдер	ДЗ-122	2	5860 мото-ч
Экскаватор	ЭО-3322	2	11 560 мото-ч
Автопогрузчик	УН-053	1	3450 мото-ч
Автопогрузчик	L-34	1	4250 мото-ч
Бульдозер	ДЗ-42	2	12 350 мото-ч
Мотокаток	ДУ-47	3	7850 мото-ч
Мотокаток	ДУ-48	2	5680 мото-ч
Мотокаток	ДУ-455	2	4560 мото-ч
Асфальтоукладчик	ДС-143	3	5560 мото-ч

ния журналов наблюдений по каждой машине и опросных листов. Информацию в журналы заносили инженерно-технические работники коммунального предприятия. Затем данные из журналов переводились в электронный вид.

### Результаты исследований и обсуждение

Было установлено, что наибольшее число неисправностей (отказов) возникает из-за износных и коррозионных явлений на рабочих поверхностях деталей машины (80–90 %) [1]. При этом отказ происходит не сразу, а после того как износ или коррозия достигает определенного, критического, значения, т. е. когда наступает предельное состояние машины или ее агрегатов.

Анализ причин возникновения характерных технических отказов агрегатов показал, что большая часть неисправностей, около 45 %, связана с отказами гидропривода (рис. 1). В свою очередь, они обусловлены производственными дефектами, вызванными установкой на привод комплектующих изделий низкого качества, а также большими колебаниями нагрузок на рабочие органы. Исследование причин отказов орудий производственного харак-



Рис. 1. Доля отказов, приходящихся на агрегаты машины

тера показало, что поломки возникают из-за дефектов термообработки и отклонения от конструктивных размеров при механической обработке (35 %), дефектов сборки, регулировки, затяжки резьбовых соединений (30 %), некачественной сварки (30 %) и др.

На рис. 2 видно, что отказы гидроцилиндров из-за изнашивания рабочих поверхностей сопряжений, деформации штока и цилиндра в процессе эксплуатации не превышают 28 % всех отказов элементов гидропривода [2].

Анализ результатов долговечности (табл. 2) свидетельствует о том, что средняя наработка на отказ элементов гидропривода, в частности гидроцилиндра, составляет около 1/3 от максимальной, т. е. запланированный заводом-изготовителем ресурс не вырабатывается на 45–55 %.

Из рис. 3 видно, что основная доля отказов деталей гидроцилиндра с начала эксплуатации или после предыдущего ремонта приходится на штоки – 31 % и уплотнительные манжеты – 42 %.

Анализ отказов элементов гидросистемы показывает, что основными причинами неисправностей являются: внешняя и внутренняя негерметичность, загрязненность рабочей жидкости, а также нарушение функционирования агрегатов (рис. 4).

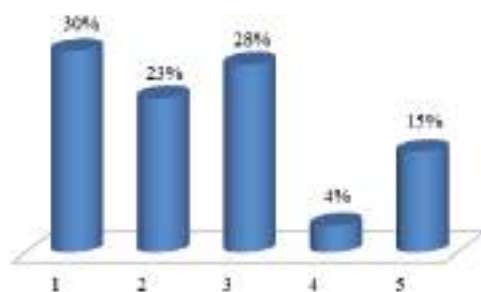


Рис. 2. Количество отказов основных элементов гидросистемы:  
1 – гидронасос; 2 – гидрораспределитель;  
3 – гидроцилиндр; 4 – фильтр рабочей жидкости;  
5 – шланги гидравлические

Таблица 2

**Фактическая и номинальная долговечность гидроагрегатов дорожно-строительных машин и специализированного транспорта**

Агрегат	Средняя наработка на отказ, мото-ч	Номинальная долговечность, мото-ч
Гидрораспределитель	4021	12 000
Рукав высокого давления	1100	3000
Насос	5965	7500
Гидроцилиндр	3626	10 000
Гидромотор	7823	20 000

Внешняя негерметичность составляет 48 % всех отказов в гидросистеме и возникает вследствие разрушений шлангов и трубопроводов, а также разгерметизации уплотнений гидроцилиндров и иных агрегатов. Другая широко распространенная причина отказов – внутренняя негерметичность, которая составляет 36 %. Наибольшее число неисправностей, вызванных внутренней негерметичностью, имеют такие агрегаты, как золотниковые распределители, предохранительные и обратные клапаны, гидроцилиндры и гидронасосы [3, 4]. Выход из строя агрегатов гидросистемы по причине разрушения их элементов составляет 4 % от общего числа поломок.

Таким образом, основными узлами и агрегатами, которые влияют на надежность и работоспособность специализированного транспорта и дорожно-строительных машин, выступает рабочее оборудование, а именно приводы, осуществляющие управление рабочими органами. Выявлено, что основным приводом служит гидравлический привод, имеющий свои особенности в эксплуатации, надежность работы которого влияет как на сам привод, так и на агрегаты и узлы, приводящие его в действие (двигатель, коробка отбора мощности, коробка переменных передач, карданная передача и т. п.).



Рис. 3. Доля отказов, приходящихся на детали гидроцилиндра

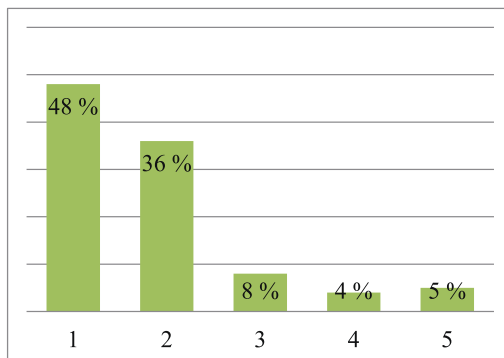


Рис. 4. Гистограмма распределения причин отказов гидросистем СТ и ДСМ:  
1 – внешняя негерметичность;  
2 – внутренняя негерметичность; 3 – нарушение функционирования агрегата; 4 – разрушение элементов агрегата; 5 – прочие отказы

В целом проведенные исследования позволяют на основании полученных данных применительно к условиям предприятий, эксплуатирующих ДСМ, прогнозировать номенклатуру и объемы резервируемых запасных частей узлов и агрегатов с целью повышения оперативной готовности и ресурса техники.

## Выводы

1. Установлено, что одними из основных узлов и агрегатов, которые влияют на

надежность и работоспособность дорожно-строительных машин, являются гидроприводы, управляющие их работой.

2. Выявлено, что ресурс агрегатов и узлов зависит от условий эксплуатации. Одним из ресурсоопределяющих элементов гидропривода дорожно-строительных машин является гидрораспределитель.

3. Полученные данные позволяют прогнозировать номенклатуру и объемы резервируемых запасных частей узлов и агрегатов, а также подтверждают необходимость совершенствования технической эксплуатации, технологии изготовления и восстановления ресурсоопределяющих деталей, узлов и агрегатов дорожно-строительных машин республики.

### Цитированная литература

1. Мухаметшина Р.М. Отказы дорожно-строительных машин по параметрам коррозии // Известия КГАСУ. – 2013. – № 4(26). – С. 403–408.
2. Добронравов С.С., Дронов В.Г. Строительные машины и основы автоматизации. – М.: Высшая школа, 2003.
3. Конев В.В., Серебренников А.А., Бородин Д.М. и др. Модернизация гидропривода строительно-дорожных машин для северных условий эксплуатации // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1.
4. Кабашев Р.Л. Дорожные и строительные машины: абразивный износ рабочих органов землеройных машин. – Алматы: Галым, 1997.

УДК 681.2; 615.841; 53.082.74

## ПРИБОР ДЛЯ ЭЛЕКТРОПУНКТУРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА, ПРОВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ БИМЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ И ЗАЩИТЫ БИООБЪЕКТОВ СИСТЕМОЙ АКУПУНКТУРЫ

*С.П. Маручек, А.С. Белявская*

*Описывается устройство и принцип работы прибора, относящегося к автоматизированным комплексам для биологии и медицины, позволяющего проводить электропунктурное исследование организма человека, изучение биомедицинских технологий жизнеобеспечения и защиты организмов биообъектов акупунктурной системой, а также осуществлять электропунктурное воздействие, контролируя величину тока, поступающего на поверхность тела при всех режимах использования.*

**Ключевые слова:** электронный ключ, биоток, электропунктура, акупунктурная система, БАТ.

## DEVICE FOR ELECTROPUNCTURE STUDY OF HUMAN BODY, FOR CONDUCTING ELECTROPHYSIOLOGICAL STUDIES OF BIOMEDICAL LIFE SUPPORT TECHNOLOGIES AND PROTECTION OF BIOLOGICAL OBJECTS BY THE ACUPUNCTURE SYSTEM

*S.P. Maruchek, A.S. Belyavskaya*

*The article describes the device and the principle of operation of it, relating to the automated complex for biology and medicine, that allows conducting the electropuncture studies of human body, research of biomedical life support technologies and the protection of biological objects by the acupuncture system, as well as electropuncture effects by controlling of the value of current, that flowing to the body surface in all modes of use.*

**Keywords:** electronic key, biocurrent, electropuncture, acupuncture system, BAT.

Попытки решить проблему повышения эффективности электропунктурной диагностики и терапии предпринимаются со времени создания первых приборов (Nakatani Y., 1950, Voll R., 1953, Niboyet J., 1950), изучению и совершенствованию которых посвящено значительное число зарубежных и отечественных работ (Подшибякин А.К., 1960; Вогралик В.Г., 1961; Нечушкин А.И., 1974; Портнов Ф.Г., 1972; Bischko J., 1977; Konig G., 1977; Wancura J., 1977; Bossy J., 1983; Langevin H., 2002 и др.) [1].

Известно устройство для электропунктурной диагностики по методу японского доктора Накатани, содержащее активный и пассивный электроды, которые в процессе диагностики касаются исследуемой поверхности тела человека, источник постоянного электрического тока, переменное сопротивление и микроамперметр [2]. Устройство через интерфейс подключается к ЭВМ (рис. 1).

Устройство позволяет определять общее состояние меридианов акупунктуры при прохождении через биологически активные точки (БАТ) тока 20–100 мкА, напряжением 9–12 В и тока короткого замыкания 200 мкА [2]. Прибор перед началом работы калибруется – устанавливается максимальное значение тока 200 мкА путем создания короткого замыкания электродов. Измерительный электрод вы-

полнен в виде молоточка, его заостренная часть служит для поиска точек акупунктуры, а другая, с углублением, – для размещения в нем влажного электрода (смоченного физиологическим раствором или 5%-м раствором поваренной соли). Минус источника подключается к пассивному электроду, а плюс – к измерительному.

Существенным недостатком устройства, применяемого доктором Накатани, является проведение диагностики при напряжении 12 В и более, что отрицательно воздействует на кожу, состояние органов и систем организма, поэтому требуется смачивание диагностируемой поверхности. Воздействие токов такой величины не позволяет производить диагностику нужной БАТ часто. Диагностика прибором Накатани вызывает явление «пробоя» БАТ (через некоторое время воздействия происходит резкое снижение сопротивления прохождению тока), которое влияет на состояние кожи и диагностируемого органа или системы. Эффект «пробоя» в БАТ наступает не через равные периоды времени, а в зависимости от состояния диагностируемого органа (некоторые БАТ открыты, а на некоторые – приходится воздействовать несколько минут, чтобы они открылись). Вследствие этого продолжительность диагностики и соответственно воздействия на каждую БАТ является разной, что приводит к изменению состояния организма.

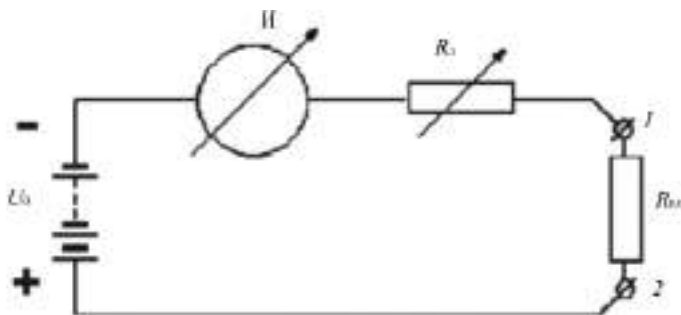


Рис. 1. Функциональная электрическая схема диагностического прибора для электропунктурной диагностики по методу Накатани

Устройство для диагностики по методу Р. Фолля (рис. 2) работает при меньшей величине электрического тока, в пределах 5,5–7,0 мкА [2]. Измеряется величина, обратно пропорциональная потенциалу, подводимому к точке измерения. Естественно, отличается и смысл условных единиц.

При проведении исследований с помощью данного устройства через кожный покров пропускается постоянный (гальванический) измерительный ток, сила которого изменяется до значения 12 мкА, что вызывает поляризационные процессы в биологических тканях, определяющие изменение поляризационных потенциалов. При этом за счет относительно большого значения тока при измерениях осуществляется раздражение информативных зон кожного покрова, что приводит к непроизвольному воздействию на кожу, органы и системы организма во время диагностики. Чувствительность устройства недостаточно велика, поэтому на результаты диагностики влияет сила надавливания на поверхность тела и требуется смачивание диагностируемой поверхности.

Первоначально авторами для проведения электропунктурного исследования организма человека был создан прибор по схеме Накатани, но в процессе длительного применения выяснилось, что он непрактичен и вреден для организма. Слишком большой ток при частых измерениях вызывает постепенное закрытие БАТ – общий уровень проводимости точек снижается. Это показывает, насколько система меридианов саморегулирующаяся: если воздействовать неправильно, то БАТ закрываются! На основании данного факта можно сказать, что система меридианов не только саморегулирующаяся, но и самозащищающаяся. В дальнейшем из литературных источников стало известно, что рабочее напряжение измерительных приборов не должно превышать 2 В, иначе будет происходить непроизвольное воздействие на кожу, органы и системы организма [3, с. 7].

Проведение электропунктурной диагностики у пожилых людей показало, что с увеличением возраста организма БАТ все более закрываются, особенно при заболе-

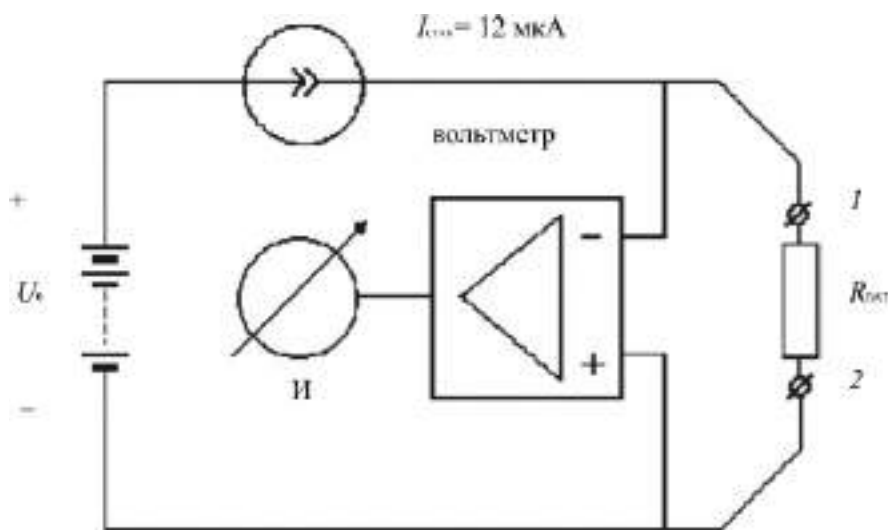


Рис. 2. Электрическая функциональная схема диагностического прибора для электропунктурной диагностики по методу Фолля



ваниях. Некоторые БАТ закрыты, и чтобы они открылись, надо воздействовать до 5 минут и более. Прибор, у которого величина тока, поступающего в БАТ при диагностике, 9 В, просто не находит некоторые точки. Таким образом, возникает необходимость создать прибор, работающий на малых величинах тока и при этом обладающий большой чувствительностью, в котором изменения в показаниях будут иметь место только в период нахождения БАТ и уточнения показаний, затем значение будет фиксироваться.

На основании изложенного целью конструирования предлагаемого прибора, который мы назвали «Вилас 2», является обеспечение следующих возможностей:

- проведения электропунктурной диагностики, медикаментозного и гомеопатического тестирования, исследований электрофизиологии БАТ при поступлении в диагностируемый участок тела тока величиной до 2 мкА и напряжением менее 1 В;
- воздействия на БАТ организма постоянным электрическим током различной полярности величиной 0–300 мкА, напряжением 0–18 В;

- уменьшения влияния силы надавливания на диагностируемую поверхность;
- устранения необходимости смачивания исследуемой области тела;

– осуществления постоянного контроля величины тока, поступающего в БАТ, во всех режимах работы прибора для обеспечения безопасности его использования.

Указанная цель достигается путем создания прибора на основе схемы электронного ключа на транзисторе. «Схема почти не отличается от схемы усилителя с общим эмиттером, но управляющая и исполнительная цепи оказываются разделенными» [4, с. 112], что позволяет уменьшить величину тока, поступающего в БАТ, и повысить чувствительность. Сущность изобретения поясняется принципиальной электрической схемой (рис. 3).

В приборе сконструированы следующие электрорадиоэлементы: к положительному полюсу источника тока 1 (две кроны по 9 В) подключены параллельно клемма 2 и через переключатель 3 микроамперметр 4 0–300 мкА, микроамперметр 5 0–50 мкА; к микроамперметрам 4, 5 и клемме 2 подключены последовательно переменный

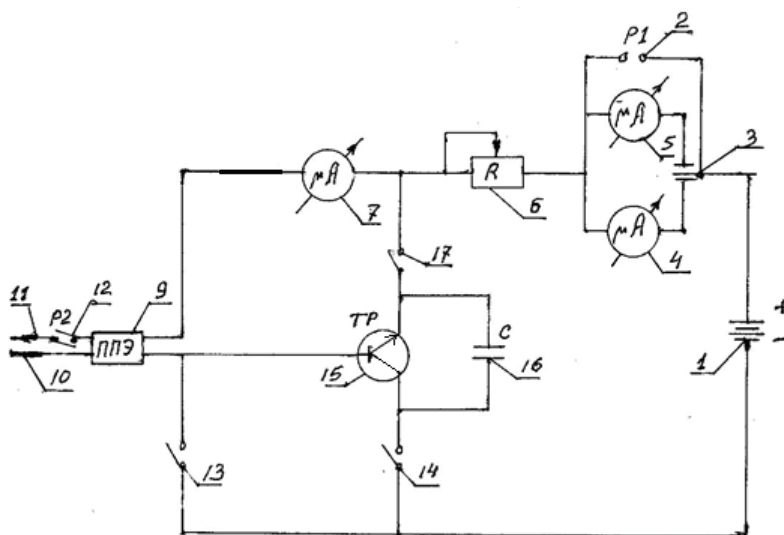


Рис. 3. Принципиальная схема предлагаемого прибора

резистор 6 (М47ФВ), микроамперметр 7 0–100 мкА и переключатель 9 полярности электродов; к нему подсоединены пассивный электрод 10 и активный электрод 11, в цепь которого подсоединены разъемные клеммы 12 для включения контейнера с тест-объектом для проведения дистанционного тестирования лекарственных или гомеопатических средств; к отрицательному полюсу источника тока 1 подсоединены параллельно переключатели 13, 14; переключатель 13 соединен с базой транзистора 15 (КТ-3102) и переключателем полярности электродов 9, а переключатель 14 соединен с конденсатором 16 (680 ПФ) и коллектором транзистора 15, эмиттер которого соединен с конденсатором 16 и переключателем 17, вторая клемма которого соединена с переменным сопротивлением 6 и микроамперметром 7 0–100 мкА.

Переключатель 9 позволяет менять полярность тока при диагностике на активном электроде 11. Микроамперметр 7 показывает величину тока, поступающего в БАТ. Конденсатор 16 защищает транзистор 15 от резких перепадов напряжения и сглаживает резкое увеличение тока, что снижает болевое воздействие. Микроамперметр 5 на 0–50 мкА используется для диагностики при пониженных величинах тока, поступающих в БАТ (до 0,6 мкА), в случае необходимости частых замеров. Клемма 2 служит для подключения к прибору других измерительных датчиков или компьютерных систем. Радиодетали: переключатель 3, микроамперметры 5, 7, конденсатор 16, клемма 2 – могут быть изъяты из прибора, при этом он будет функционировать во всех режимах, так как они установлены для расширения возможностей прибора и для улучшения его работы.

В процессе электропунктурной диагностики используется метод определения величины воздействия биотока меридианов (в каждом разной величины) на одинаковый (калиброванный) электрический ток прибо-

ра. Состояние органа или системы организма определяется по величине воздействия биотока соответствующего меридиана акупунктуры на дозированный электрический ток прибора. Есть предположение, что диагностика основана на различии сопротивления в БАТ. Его ошибочность доказывается просто: подсоединяется переменный резистор к электродам прибора, включенного на режим «Диагностика», и изменяется его величина от 0 до максимального сопротивления кожи. В результате показатели изменяются лишь на 15 мкА, а при диагностике на БАТ-х разброс показателей доходит до 70 мкА и более. Это доказывает то, что объектом диагностики является величина биотока в меридиане.

Принцип работы предлагаемого прибора основан на том, что кроме усиления биоэлектрических сигналов в режиме «Диагностика» транзистор разделяет электрическую цепь прибора на две части – управляющую, в которой электронапряжение 0–0,5 В, а величина тока 0–1,5 мкА, и исполнительную, в которой напряжение источника тока 0–18 В и регулируемый ток 0–300 мкА. В режиме «Воздействие» транзистор и конденсатор отключаются, образуется одна последовательная цепь и в БАТ поступает ток от электропитания напрямую, регулируемый переменным сопротивлением 6.

### Способ применения прибора

Для проведения диагностики переключатель 3 (см. рис. 3) переключают на микроамперметр 4, переключатели 14, 17 – в положение «Замкнуть», а переключатель 13 – в положение «Разомкнуть». Перед началом работы прибор калибруют: подсоединив к электродам мультиметр, переключенный на измерение тока (мкА), регулируя резистором 6, добиваются показания 1,5 мкА (напряжение тока будет 0,9 В). Можно запомнить показание микроампер-

метра 4 (в нашем случае 140 мкА) и в последующем резистором 6 сразу выставляют эту величину тока и начинают работать. Контроль осуществляется по показанию микроамперметра 6. При проведении диагностики пассивный электрод 10, выполненный в виде небольшого металлического цилиндра, размещают в ладони пациента, активным электродом 11, выполненным в форме щупа, касаются центра биологически активной точки. Диагностику можно проводить путем измерения электропроводности в области 24 репрезентативных точек 12 парных меридианов по системе Накатани, или в 5 точках каждого из 12 симметричных бель-меридианов в соответствии с системой Су Джок, или по методу Фолля, или каким-либо другим методом.

При медикаментозном или гомеопатическом тестировании делают замеры до включения тест-объекта в измерительную цепь. Затем разъединяют клеммы 12 в цепи активного щупа 11 и вставляют между клеммами контейнер с тест-объектом, потом снова делают замеры. По разнице показаний этих замеров подбирают лекарственные средства.

Для проведения электропунктурного воздействия переключатели 14, 17 выставляют в положение «Разомкнуть», а переключатель 13 – в положение «Замкнуть», тем самым транзистор 15 и конденсатор 16 отключаются, образуется последовательная электрическая цепь воздействия. Пассивный электрод 10 размещают в ладони пациента, а активным электродом 11 касаются центра выбранной БАТ. Регулируя величину тока переменным резистором 6, производят воздействие по одной из методик: Су Джок, аурикулярной рефлексотерапии, Ф.Г. Портнова или др.

Исследования электрофизиологии акупунктурной системы человека мы проводим на основе информации в [5] с применением разработанного нами прибора по методикам, которые будут изложены в последующих статьях.

Новизна и преимущества предлагаемой конструкции в том, что результаты диагностики фиксируются не в условных единицах, а в микроамперах, повышение чувствительности дает большой разброс в цифровых показателях и на графиках; нивелировалась кривая доктора Р. Фолля [3, с. 20] – значения электропроводности в БАТ снимаются при фиксированном расположении стрелки микроамперметра; уменьшилось влияние силы надавливания щупом на диагностируемую поверхность, устранилась необходимость в ее смачивании. Особенно ярко преимущества устройства проявляются при применении его в санокреатологии – чувствительность прибора позволяет легко определять местонахождение закрытых БАТ.

## Вывод

Подводя итог, можно констатировать, что разработанная схема подбора и компоновки необходимых электрорадиоэлементов позволяет:

- производить электропунктурную диагностику состояния органов и систем организма при поступлении на диагностируемую поверхность тока величиной 0–1,5 мкА и напряжением 0–0,5 В, а также медикаментозное и гомеопатическое тестирование и этиологическую диагностику;

- осуществлять электропунктурное воздействие на БАТ организма по авторской методике постоянным током разной полярности величиной 0–300 мкА и напряжением 0–16 В;

- проводить безопасные электрофизиологические исследования биомедицинских технологий жизнеобеспечения и защиты организма человека биологической автономной открытой равновесной системой акупунктуры, такие как: способ функционирования (биотехнология); расположение, количество, порядок со-

единения и взаимодействия меридианов в системе (биофизика сложных систем, физиология); определение направления движения и величины биотока по меридианам акупунктуры (биоэлектродинамика); определение времени максимальной активности и пассивности функционирования органов и систем организма человека в суточном и годовом режимах (хронобиология) и др.;

– определять характер изменений в функциональном состоянии органов и систем организма при воздействии на него различных техносферных и других повреждающих факторов;

– осуществлять контроль величины тока, поступающего в БАТ, при всех режимах работы прибора, что гарантирует безопасность при применении.

Предлагаемое техническое решение может быть полезно для создания малогабаритного автономного индивидуального относительно несложного в изготовлении и применении безопасного прибора, используемого в клинических, домашних и походных условиях.

Конструкция прибора защищена патентом на изобретение.

### Цитированная литература

1. **Небрат В.В.** Приборно-программный комплекс для биоритмологической электропунктуры: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.11.17. – Новосибирск, 2007.
2. **Жуков В.В., Курик М.В.** Прикладная метрология в электропунктурных измерениях // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2004. – № 8, 9.
3. **Лупичев Н.Л.** Электропунктурная диагностика, гомеопатия и феномен дальнего действия. – М.: ИРИУС; АЛЬФА-ЭКО; Чертановская типография, 1990.
4. **Резников З.М.** Прикладная физика. – М.: Просвещение, 1980.
5. **Еханин С.Г.** Электропунктурные исследования организма человека: методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Основы медицинской электроники» [Электронное издание]. – Режим доступа: <https://b-ok.org/book/3362819/9480e5>

УДК 69+539

## ПРИМЕНЕНИЕ ЗНАНИЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

*Т.Ю. Баева, Е.Р. Вудвуд*

*Рассматриваются инженерные достижения человечества, особенности их конструкций.*

**Ключевые слова:** прочность, устойчивость, напряжение, сечение, момент инерции, внецентренное сжатие, изгиб.

## APPLICATION OF KNOWLEDGE OF RESISTANCE OF MATERIALS IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

*T.Yu. Baeva, E.R. Vudvud*

*The article considers engineering achievements of humanity, the peculiarities of their designs.*

**Keywords:** strength, stability, strain, cross section, moment of inertia, off-center compression, bending.

В технических учебных заведениях преподается дисциплина «Соппротивление материалов», которая в быту называется «сопромат». Есть мнение, что это очень сложная наука, и даже существует афоризм: сдал сопромат – можно жениться. Для успешного овладения предметом нужно хорошо знать физику, математику и не только в объеме программы технических учебных заведений, а значительно шире. Также требуется знание других технических дисциплин – начертательной геометрии, классической механики, векторной алгебры и др.

Так что же представляет собой дисциплина «Соппротивление материалов»? Соппротивление материалов – инженерная наука, которая рассматривает расчеты элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость.

О прочности судят по напряжениям, о жесткости – по деформациям, а устойчивость – это способность конструкции сохранять свою первоначальную форму. Для данных расчетов нужно уметь вычислять внутренние силовые факторы, которые часто ошибочно отождествляют с внешней нагрузкой. А внутренние силовые факторы определяют методом сечений, т. е. рассмотрением в равновесии части конструкции, мысленно вырезанной из всей заданной.

Соппротивление материалов является базисной дисциплиной для всех инженерных дисциплин различного назначения. Вот почему сопромат учат все, кто собирается стать инженером, независимо от специальности.

Однако этим сопропротивление материалов не ограничивается. Важнейшим направлением в изучении сопропротивления материалов является способность человека мыслить аналитически, по-инженерному. По этой причине данный предмет нужен всем, не только инженерам.

Рассмотрим сопропротивление материалов на конкретных примерах.

## **Загадка обрушения зданий Всемирного торгового центра**

11 сентября 2001 г. авиалайнеры Боинг-767, полностью заправленные топливом, с 92 и 65 пассажирами на борту атаковали здания 110-этажных башен-близнецов Всемирного торгового центра. В 8:45 по местному времени лайнер пробил каркас Северной башни на уровне 90-го этажа, в 9:00 был нанесен удар по Южной башне в районе 60-го этажа. От удара и проникновения самолета внутрь здания произошел взрыв топлива.

Здания представляли собой каркас из стальных колонн, образующих трубчатое поперечное сечение с междуэтажными стальными фермами. Огромная высота трубы 417 (415) м создала сверхвысокую воздушную тягу, что способствовало стремительному развитию пожара. Температура внутри зданий достигала 800 °С.

Южная башня, выдержав развитие пожара в течение часа, начала наклоняться относительно уровня удара, затем верхняя 50-этажная часть здания рухнула на землю, вслед за ней отвесно обрушилась и нижняя часть Южного корпуса.

Северная башня простояла 1 ч 44 мин и отвесно сложилась телескопически.

*Почему характер разрушения башен-близнецов различный?* Южная башня после разрушения большей части фасадной стороны квадратного поперечного сечения здания в месте удара оказалась в условиях внецентренного сжатия с весом 50-этажной части выше места ослабления сечения. Вес этой части массой около 450 тыс. т с большим эксцентриситетом вызвал большие изгибные напряжения на противоположной стороне здания, а с учетом потери предела текучести стали при высокой температуре этого было достаточно для разрушения колонн и поворота верхней части относительно уровня 60-го этажа.

Северная башня в районе 90-го этажа испытывала внецентренное сжатие, но с нагрузкой в 2,5 раза меньше, чем Южная. Этого оказалось достаточно для удержания башни в вертикальном состоянии. Но так как при температуре 800 °С модуль упругости стали падает примерно в 4–5 раз, то критическая продольная сила, пропорциональная модулю упругости, значительно снизилась и здание потеряло устойчивость в пределах каждого этажа, поскольку форма потери устойчивости представляет собой поэтажную синусоиду [1, с. 55].

### Почему высотные здания делают квадратными?

От ветровой нагрузки высотное здание как консольная балка испытывает изгиб. Если нагрузка действует в произвольной плоскости, то для расчета напряжений ее раскладывают по главным плоскостям, при этом балка будет изгибаться относительно нейтральной оси, которая также является главной и перпендикулярной плоскости нагружения (рис. 1).

Если поперечное сечение здания представляет собой прямоугольник, то при нагрузке, направленной вдоль длинной стороны прямоугольника, изгиб произойдет относительно центральной оси короткой стороны с моментом инерции  $J_z = bh^3/12$ , с небольшими напряжениями и перемещениями (см. рис. 1).

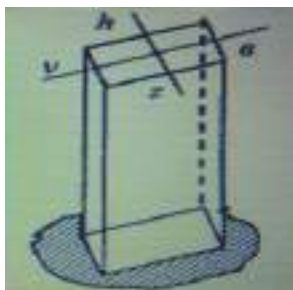


Рис. 1. Поперечное сечение здания

При направлении ветра в плоскости, проходящей по оси  $z$ , здание будет изгибаться относительно оси  $y$ , момент инерции  $J_y = hb^3/12$  относительно которой значительно меньше напряжения и перемещение значительно больше, чем в первом случае.

В случае изменения направления ветра, когда плоскость нагружения не совпадает с направлением главных осей инерции (осей симметрии), будут происходить рывки здания.

Но если здание имеет квадратное поперечное сечение, а в квадрате все оси главные, то такое здание не реагирует на изменение направления ветра и всегда работает в благоприятном режиме [2, с. 25].

По этой же причине стволы башенных кранов, опоры линий электропередач и подобные сооружения выполняют с сечением в форме квадрата или в виде правильных многогранников.

### Почему разрушился Такомский мост?

В ноябре 1940 г. в Канаде обрушился уникальный автомобильный мост, подвешенный на канатах через ущелье, в котором наблюдались сильные ветры. Во время недолгой эксплуатации этого моста его пролетное строение испытывало большие изгибные деформации, в том числе закручивания (рис. 2). В день разрушения моста перемещения достигали 1,5 м, а угол



Рис. 2. Такомский мост при деформации



закручивания –  $30^\circ$ , несмотря на то что скорость ветра была в два с лишним раза меньше расчетной.

Разрушение произошло в результате срыва вихрей воздушного потока при обтекании конструкций моста. При обтекании препятствия поток воздуха или жидкости раздваивается и при определенной скорости происходит попеременный срыв вихрей за препятствием.

Частота срыва вихрей взаимно пропорциональна скорости движения препятствия и обтекающей среды и постоянной величине – так называемому числу Струхала, равному 0,22:

$$\Theta = 0,22 v/D.$$

Образующаяся при этом гармоничная сила раскачивает препятствие и может его разрушить, если частота срыва вихрей совпадает с собственной частотой конструкции.

### **Зачем нужен раствор в кирпичной кладке?**

Хрупкие материалы плохо работают на растяжение, поэтому даже для кирпича, имеющего прочность значительно больше, чем раствор, не допускаются условия работы на растяжение. Зачем же тогда нужен раствор в кирпичной кладке, если он не может воспринимать растягивающих напряжений? Он нужен лишь для выравнивания постели под кирпич, чтобы не возникали сосредоточенные нагрузки, при которых появляются изгибные напряжения растяжения и сжатия.

### **Почему прокладки на фланцах трубопроводов высокого давления не делают из резины?**

При растяжении-сжатии стержня его объем изменяется – уменьшается или уве-

личивается соответственно на величину  $\Delta V = V\varepsilon(1-2\mu)$ , где  $\varepsilon = \sigma/E$  – относительная продольная деформация;  $\mu$  – коэффициент Пуассона. Для резины  $\mu = 0,47$ . Это значит, что при сжатии объем резины практически не изменяется. Следовательно, от продольного сжатия толщина прокладки уменьшается, а ширина увеличивается, резина выползает из фланцев, не обеспечивая хорошего уплотнения. Лучшим вариантом была бы пробка, для которой  $\mu = 0$  [3, с. 18].

### **Почему дымовая труба при разрушении распадается на две неровные части?**

Если в основании трубы прочность будет недостаточной, то от ветровой нагрузки  $q$  в защемлении, где возникает небольшой изгибающий момент  $ql^2/2$ , может произойти разрушение и труба начнет вращаться относительно основания (рис. 3).

Два вида внешнего воздействия – сила веса и сила инерции от вращения трубы вызывают момент относительно точки вращения, который равен нулю ввиду наличия шарнира.

На основании проведенных расчетов определили, что в сечении при  $x = l/3$  возникает наибольший момент и напряжение, здесь и произойдет перелом падающей трубы (рис. 4).



Рис. 3. Дымовая труба с ветровой нагрузкой  $q$

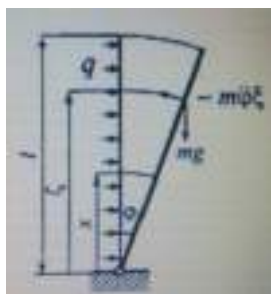


Рис. 4. Разрушение дымовой трубы при высоте  $x = l/3$ :  $l$  – высота дымовой трубы, м;  $l_1$  – высота излома, м;  $mg$  – сила тяжести, кН;  $\varphi$  – угол наклона, °С;  $m\varphi$  – момент излома

Студенты технических вузов, техникумов, а также специалисты проектных и конструкторских организаций должны изучать сопромат и постоянно повышать

уровень своих знаний для обеспечения грамотного расчета конструкций с сочетанием надежности работы и экономичности сооружения. В свою очередь, знания, которые будут приобретены при изучении сопротивления материалов, станут базой для изучения смежных специальных предметов.

### Цитированная литература

1. Шевченко Ф.Л. Сопромат на кухне, в быту и технике. – Донецк, 2007.
2. Горбунов В.Ф. Изучай сопротивление материалов самостоятельно. – Иркутск, 2008.
3. Шевченко Ф.Л. Динамика упругих стержневых систем. – Донецк, 1999.

# ЭКОНОМИКА. УПРАВЛЕНИЕ

УДК 658.153:330.14.01

## РАЗЛИЧНЫЕ ТРАКТОВАНИЯ ТЕРМИНА «ОБОРОТНЫЙ КАПИТАЛ» В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ НАУКЕ

*И.В. Ватаман, К.А. Грубник*

*Проанализированы и систематизированы трактования представителями ведущих экономических школ терминов «капитал» и «оборотный капитал», сформулировано авторское толкование оборотного капитала. Рассмотрены сходства и различия таких экономических понятий, как оборотный капитал, оборотные средства, оборотные фонды, оборотные активы. При выполнении исследования использованы методы системного анализа, классификации и обобщения.*

**Ключевые слова:** *экономическая категория, оборотный капитал, оборотные средства, оборотные активы, оборотные фонды, фонды обращения.*

## VARIOUS INTERPRETATION OF THE TERM «CURRENT CAPITAL» IN ECONOMIC SCIENCE

*I.V. Vataman, K.A. Grubnik*

*The article analyses and systematizes the interpretations of the terms «capital» and «current capital» by representatives of the leading economic schools, the author's concept of «current capital» is formulated. The similarity and differences between such economic concepts as current capital, floating funds, revolving funds, current assets are considered. The methods of system analysis, classification and generalization are used.*

**Keywords:** *economic category, current capital, floating funds, current assets, revolving funds, circulating assets.*

Капитал играет важную роль в системе экономических ресурсов как отдельных хозяйствующих субъектов, так и общества в целом. Производство и реализация продукции любого предприятия обязательно сопровождаются наличием оборотного капитала, который, в свою очередь, обеспечивает непрерывность процесса производства. Для достижения и сохранения хозяйствующим субъектом высокой конку-

рентоспособности необходимо грамотно управлять находящимися в его распоряжении ресурсами, в том числе оборотным капиталом.

С целью проведения анализа понятия «оборотный капитал» рассмотрим сначала эволюцию термина «капитал», который в отечественной и зарубежной научной литературе трактуется по-разному. Существует два основных подхода к его определению.

Первый получил широкое распространение среди бухгалтеров и представляет капитал как интерес собственников предприятия, формально отраженный в балансе в виде уставного капитала, эмиссионного дохода и нераспределенной прибыли. Разница между стоимостной оценкой актива компании и ее задолженностью перед третьими лицами (кредиторами, государством, персоналом компании и т. д.) есть величина капитала. Второй подход распространен среди экономистов. В данном случае термин «капитал» понимается как материальные активы предприятия (основные средства, инвентарь и др.) [1].

Само слово «капитал» было заимствовано в начале XVIII в. из немецкого или французского языка и переводится как «основной».

Теория капитала имеет вековую историю. Впервые капитал стали изучать меркантилисты в период с XVI по XVII в. Представители данного течения (Стаффорд, де Сантис, Монкретьен) приравнивали понятие «торговый капитал» к понятию «капитал». Источником увеличения капитала, с их точки зрения, была внешняя торговля, которая должна была обеспечить прирост за счет неэквивалентного внешнеторгового обмена.

В середине XVIII в. школа физиократов, яркими представителями которой были Ф. Кенэ и А. Тюрго, определила, что капитал может существовать только в сельском хозяйстве, и обозначила его как «постоянно воспроизводимые богатства сельского хозяйства». По мнению сторонников данного экономического течения, основное свойство капитала – приносить доход: «Доходы являются продуктом земли и человека». Они считали, что только в земледелии труд служит источником богатства [2].

Позже (середина XVIII – начало XIX в.) классическая школа политэкономии сделала следующее заключение: все ценности должны использоваться в производстве

или в другой работе, направленной на получение прибыли, только тогда ценности можно трактовать как капитал. Адам Смит установил, что капитал – это накопленный запас вещей или денег, который в зависимости от метода применения разделяется на основной и оборотный капитал предприятия. Он считал, что оборотный капитал «приносит доход только в процессе обращения или меняя хозяев».

По терминологии А. Смита оборотный капитал включает в себя:

а) деньги, «...которые обращаются и распределяются среди потребителей...»;

б) «запасы продовольствия, которыми обладают фермер, мясник, хлеботорговец, пивовар»;

в) сырье, «...более или менее обработанное...»;

г) товары, «уже изготовленные и законченные, но находящиеся еще в руках торговца или фабриканта и еще не проданные или не распределенные среди соответствующих потребителей...».

Ж.Б. Сэй включил предпринимательские и управленческие способности собственника средств производства в число факторов, определяющих доход, тем самым дополнив теорию капитала.

Теорию А. Смита развил Д. Рикардо, немного доработав ее. Д. Рикардо трактовал капитал как вещественный запас – средства производства. По его мнению, для первобытного человека камень и палка являлись элементом капитала, как машины и фабрики. Ученый разделил капитал на основной и оборотный в зависимости от срока службы, а не только по принципу кругооборота [1].

Продолжил развитие этой идеи К. Маркс (40–80-е гг. XIX в.). Весь капитал он разделил на постоянный и переменный в зависимости от их влияния на процесс формирования прибавочной стоимости. В составе постоянного капитала, в свою очередь, выделил основной и оборотный капитал.

По мнению К. Маркса, если на протяжении всего периода функционирования постоянного капитала некоторая доля его стоимости сохраняет свою самостоятельность по отношению к товарам, производству и остается фиксированной, то часть постоянного капитала приобретает форму основного капитала. Тогда оборотный капитал включает в себя все другие вещественные части капитала, авансированного на процесс производства [2].

Изучая оборотный капитал, экономист утверждал, что он именно авансируется в денежной форме, а вовсе не расходуется. Значит, совершая кругооборот в производстве, оборотный капитал переходит последовательно в другие функциональные формы и после реализации продукции, обогащенный прибылью, возвращается в исходную денежную форму.

Большое внимание в процессе исследования оборотного капитала К. Маркс уделил изучению условий непрерывности движения капитала в обращении и производстве, скорости его движения и структуры времени оборота.

По мнению одного из ведущих представителей неоклассической школы А. Маршалла, оборотный капитал – это капитал, который прекращает свое существование как капитал после однократного его использования, «т. е. в процессе однократного применения в производстве, полностью исчерпывает свою функцию» (1890 г.). Из этого определения следует, что оборотный капитал включает в себя материалы, заработную плату рабочим и т. д.

Согласно данной теории весь капитал делится на два вида:

а) потребительский – содержит товары такой формы, которые непосредственно удовлетворяют потребности (жилье, пища, одежда);

б) вспомогательный – способствует приложению труда в производстве (заводы, железные дороги, суда и т. п.).

В теории капитала представители австрийской и стокгольмской школ маржиналистского направления нашли интересный пример применения категории оборотного капитала. Для непрерывно вкладываемого оборотного капитала Е. Бем-Баверк и К. Виксель решали проблему определения оптимального инвестиционного периода. В своих работах экономисты дали заключение об условной границе между основным и оборотным капиталом. А на практике оказывается все проще, так как государство четко указывает эту границу с учетом определения критериев отнесения затрат к основному капиталу (срок службы объекта и его стоимость).

Основоположник американской школы маржиналистского направления Дж. Кларк также делит капитал на основной и оборотный исходя из выполняемых ими функций. По его мнению, средства производства, отнесенные к основному капиталу (строения, орудия и т. д.), должны выполнять активные производственные функции, а отнесенные к оборотному капиталу – пассивные функции. Активные функции наделяют вещи полезностью и помогают человеку подчинить для использования сопротивляющиеся элементы природы. Пассивная функция присуща капиталу, получающему дополнительную полезность. Поэтому Дж. Кларк наряду с сырьем к оборотному капиталу относит незавершенную продукцию на разных стадиях изготовления [2].

В начале XX в. Л. Вальрас включил в основной капитал все имеющиеся ресурсы, расходуемые через определенный промежуток времени, а в оборотный – все формы общественного богатства, которые расходуются мгновенно.

Советские экономисты активно исследовали вопросы трактования оборотных средств и эффективности их использования, часто отождествляя эту категорию с понятием оборотного капитала.

Авторы Большой советской энциклопедии дают следующие определения:

1) оборотные средства – это предметы труда (топливо, сырье и материалы), потребляемые целиком в каждом производственном цикле, утрачивая и видоизменяя свою натуральную форму;

2) оборотные фонды – понятие, тождественное оборотным средствам;

3) оборотный капитал – часть производительного капитала с полным переносом стоимости на изготавливаемый товар.

Отечественный экономист В.Л. Перламутров проводит разграничение между данными понятиями. Согласно его утверждениям:

Оборотные фонды:

а) представляют собой сросшуюся с потребительской формой стоимость;

б) потребляются и расходуются на производстве, перенося свою стоимость на готовую продукцию;

в) формируют издержки производства.

Оборотные средства:

а) выражаются стоимостью в денежной форме;

б) авансируются и не потребляются в производстве;

в) не принимают участия в формировании издержек производства.

Другие исследователи оборотные средства считали денежными средствами предприятия, которые авансируются для обеспечения непрерывности кругооборота и после реализации продукции возвращаются в денежной форме. В этом выражается платежная функция оборотных средств. Наличие платежной функции оборотных средств подчеркивали такие советские экономисты, как Э.Ю. Локшин, П.Н. Жевтяк, Н.С. Шумов, А.М. Бирман.

После распада СССР и по настоящее время при изучении экономических явлений и процессов пользуются термином «оборотный капитал», подразумевая оборотные средства.

Многие российские ученые, в числе которых В.В. Ковалев, не разграничивают понятия «оборотные активы», «оборотные средства» и «оборотные активы», тем самым смешивая экономическую, финансовую и бухгалтерскую категории. На самом деле между терминами «оборотные активы» и «оборотные средства» существует определенная разница.

С точки зрения бухгалтерского учета оборотные активы являются вторым разделом актива бухгалтерского баланса и включают материальные запасы, денежные средства, краткосрочные финансовые вложения и дебиторскую задолженность, тогда как оборотные средства представляют собой сумму денежных средств, направленных на формирование фондов обращения и оборотных фондов [3].

И.А. Бланк выделил еще одно важное различие: оборотные активы предназначены для обслуживания текущего хозяйственного процесса и в течение одного операционного цикла полностью потребляются, а оборотные средства не потребляются и не расходуются, т. е. авансируются в производство [4].

В современной экономической отчетности, как и в советской, термин «оборотный капитал» трактуется по-разному. Так, сегодня он отождествляется с оборотными активами, в качестве основных элементов служат запасы, денежные средства и краткосрочные финансовые вложения [5].

Подводя итоги исследования, можно сделать выводы:

1. Наиболее подробный анализ оборотного капитала как экономической категории был проведен советскими экономистами во второй половине XX в.

2. Экономические термины «оборотный капитал», «оборотные средства», «оборотные активы», «оборотные фонды» нетождественны. Каждое из названных понятий



имеет свою трактовку и ряд отличительных признаков, исходя из сферы экономической науки их применения (бухгалтерский учет, статистика, финансы). Но в то же время понятия обладают определенным сходством с термином «оборотный капитал».

3. В современной экономической науке понятия «оборотный капитал» и «оборотные средства» употребляются как равнозначные. На сегодняшний день известно несколько трактовок термина «оборотные средства»:

- стоимость товарно-материальных ценностей предприятия;
- сумма стоимостей фондов обращения и оборотных фондов;
- затраты, авансируемые в стоимость фондов обращения и оборотных фондов в процессе кругооборота.

На основании полученных результатов исследования можно сформулировать определение термина «оборотный капитал»: это авансированная стоимость трансформирующихся с течением времени элементов оборотных фондов и фондов обращения, имеющих денежную, товарную или производительную формы для обеспечения непрерывности производственного процесса, реализации продукции, а также экономического стимулирования произ-

водства. Оборотный капитал состоит из следующих элементов: готовая продукция, сырье и материалы, задолженность дебиторов, денежные средства, краткосрочные финансовые вложения.

### Цитированная литература

1. **Никандрова Р.С.** Оборотный капитал: эволюция трактовок // Международный журнал социальных и гуманитарных наук. – 2016. – Т. 8, № 1. – С. 262–266.

2. **Ермилина Д.А.** Категория «оборотный капитал» в экономической науке // Журнал экономической теории. – 2016. – № 4. – С. 214–223.

3. Приказ Минфина РФ от 6 июля 1999 г. № 43н «Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету „Бухгалтерская отчетность организации“ ПБУ 4/99» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/> (дата обращения: 16.03.2019).

4. **Бланк И.А.** Управление активами и капиталом предприятия. – Киев: Ника-Центр; Эльга, 2009. – 448 с.

5. Официальный сайт Росстат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gks.ru> (дата обращения: 17.03.2019).

УДК 330.564.2:330.368

## ПРОБЛЕМЫ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА И ЭКОНОМИЧЕСКОГО НЕРАВЕНСТВА

*Л.В. Дорофеева*

*Изучены разные точки зрения на взаимосвязь экономического неравенства и экономического развития, подходы к решению проблемы неравенства, а также современный зарубежный опыт в области разработки эффективной социальной политики, касающейся неравенства в распределении доходов.*

**Ключевые слова:** *экономический рост, экономическое неравенство, экономическая политика.*

## PROBLEMS OF INTERCONNECTION OF ECONOMIC GROWTH AND ECONOMIC INEQUALITY

*L. V. Dorofeeva*

*The article studies different points of view of the interconnection between economic inequality and economic development, ways of solving the problem of inequality, as well as modern international experience in the development of effective social policy, which concerns inequality of income distribution.*

**Keywords:** *economic growth, economic inequality, economic policy.*

Еще в 1873 году великий английский экономист Альфред Маршалл в докладе «Будущее трудящихся классов», прочитанном в Кембриджском клубе реформ, поднял вопрос о том, может ли быть достигнуто социально-экономическое равенство в обществе.

Первый шаг в этом направлении был сделан буржуазным обществом, которое положило конец наследственным привилегиям и сделало всех людей равными перед законом. Однако экономическое неравенство не было ликвидировано и даже стал наблюдаться его рост.

Понятно, что полного экономического равенства между людьми в настоящих условиях быть не может. Люди работают по-разному и получают различный экономический результат. И было бы несправедливо всех экономически уравнивать. Но есть ли предел этого неравенства, имеется ли его разумная граница? Более того, экономическое неравенство способствует экономическому прогрессу (экономическому росту) или тормозит его? Эти вопросы активно обсуждаются в литературе уже не одно столетие.

Существует два подхода к решению проблемы неравенства. Первый, назовем его экономическим, состоит в том, что определяется влияние неравенства на экономический рост. Так, есть периоды, когда увеличение неравенства усиливает экономический рост, а есть периоды, когда слишком большое неравенство начинает тормозить экономический рост. Согласно

второму подходу, назовем его социальным, благоустроенное общество должно характеризоваться минимальным экономическим неравенством. Таковы, например, северные страны Европы, которые называют социальными государствами, или странами с социальным рыночным хозяйством. Коэффициент Джини, равный 0,30 и меньше, характерен именно для таких государств, в то время как в США, Китае, России, Индии он превышает 0,40 и даже 0,50. В европейских странах проводится осознанная политика создания и поддержания социального государства. При этом обращается внимание, прежде всего, на внутрикорпоративное неравенство доходов.

Известно, что высший менеджмент предприятий и организаций использует любую возможность для увеличения личных доходов. Это ведет в конце концов к падению материальных стимулов трудовой деятельности, появлению внутрикорпоративных конфликтов.

Итак, экономическое неравенство сегодня является одной из самых актуальных проблем как экономической политики, так и экономической науки. Нобелевский лауреат по экономике Джозеф Стиглиц в своей книге пишет: «Неравенство есть причины и следствие провалов политической системы, и именно оно ведет к росту нестабильности нашей экономической системы». Или в другом месте: «Рынки сами по себе, даже тогда, когда они стабильны, зачастую приводят к вы-

соким показателям неравенства, что на выходе означает несправедливость» [1, с. 36, 38]. Неравенство назвал фундаментальным противоречием капитализма Т. Пикетти в недавно переведенной на русский язык книге «Капитал в XXI веке»: «Неравенство... означает, что рекапитализация имущества, накопленного в прошлом, протекает быстрее, чем растут производство и заработные платы. Это неравенство отражает фундаментальное логическое противоречие» [2, с. 585].

Таким образом, для мировой экономической литературы проблема неравенства за последние годы вышла, пожалуй, на первое место. Эта проблема актуальна и для современной России, в том числе для нашего региона, хотя в отечественной научной литературе и экономической практике ей уделяется значительно меньшее внимание.

Во многих публикациях теоретического и эмпирического характера исследуются два взаимосвязанных аспекта: влияние экономического роста на распределение доходов и, наоборот, влияние неравенства на экономический рост [3, с. 61–77].

Обратимся к истории данного вопроса. Одним из первых в мировой научной литературе проблему влияния экономического роста на неравномерность распределения обозначил нобелевский лауреат по экономике (1971 г.) Саймон Кузнец. В основу его гипотезы легла содержательная интерпретация эмпирического анализа долгосрочных тенденций распределения национального дохода в странах, находящихся на разных уровнях развития (в Индии, Шри-Ланке, Пуэрто-Рико, Великобритании и США). Согласно этой гипотезе на ранних стадиях экономического роста неравенство в распределении доходов увеличивается. Затем, по мере экономического развития (в процессе «капиталистической модернизации») стабилизируется и наконец по достижении экономикой опре-

деленного уровня начинает сокращаться [4, с. 4].

В результате своих исследований Кузнец обнаружил, что в XIX веке рост неравенства доходов имел место во всех европейских странах, проходивших стадию индустриализации, причем самым заметным он был в Англии. Наивысшей точки кривая дифференциации доходов в странах Европы достигла на рубеже XIX–XX веков. В период с 1920-х по 1950-е годы в западных государствах произошло заметное выравнивание доходов населения. На этом основании Кузнец сделал вывод о том, что в период после Второй мировой войны по сравнению с началом XX века неравенство в распределении доходов резко сократилось.

Гипотеза С. Кузнеца вдохновила многочисленные исследования исторической динамики неравенства в распределении доходов.

В середине XX века господствовало представление о существовании некоего естественного цикла экономического неравенства, движимого силами рынка, и гипотеза Кузнеца считалась неоспоримой. Ее научную правоту отстаивали Р. Барро, Ф. Боргуньон, Р. Перотти, С. Робинсон и др. Истинность этой гипотезы показали отдельные эмпирические проверки, проводившиеся зарубежными исследователями на материалах различных выборок по развивающимся и развитым странам [5, 6]. Между тем масса исторических примеров свидетельствует о том, что процесс куда более сложен.

Ряд более поздних зарубежных исследований привели ученых к выводу, что гипотезу С. Кузнеца следует отклонить, так как экономический рост может сопровождаться снижением, увеличением или консервацией неравенства [7, 8]. Отмечались примеры, когда увеличение неравенства происходило на фоне не роста, а падения – в странах Восточной Европы

и Центральной Азии в период 1985–1995 годов [9], а также примеры негативного влияния неравенства на экономический рост [10]. Имеются свидетельства того, что гипотеза Кузнецца верна лишь по отношению к нормальному, но не избыточному неравенству [11].

Похожий подход к определению неравенства содержится и в российской литературе. В работах А.Ю. Шевякова и А.Я. Кируты упор делается на различении нормального и избыточного неравенства. «Ключом к решению этой проблемы, – пишут они, – является подразделение общего неравенства на нормальное неравенство, характеризующее распределение доходов среди слоев населения, активно вовлеченных в экономические процессы, и избыточное неравенство, обусловленное низкими доходами тех слоев населения, которые не оказывают существенного влияния на макроэкономические изменения... Это – бедные или просто малообеспеченные слои населения, которые живут за счет социальных трансфертов и домашнего производства либо заняты в секторах экономики, находящихся в условиях депрессии или зависящих от государственного финансирования, которое в сложившихся условиях оказывается недостаточным» [12, с. 66–67].

Нормальное неравенство непосредственно связано с объективной ситуацией в экономике, тогда как избыточное зависит от господствующей экономической системы общества, соответствующей экономической политики и других институциональных условий.

В экономической науке существуют разные точки зрения на взаимосвязь экономического неравенства и экономического развития. Большинство ученых сходятся на том, что чрезмерная дифференциация населения страны по уровню материального благосостояния в конечном счете негативно сказывается на экономическом

развитии. В праволиберальной экономической концепции, наоборот, утверждается, что высокий уровень экономического неравенства ведет к ускорению экономического роста. Так, Л. Мизес писал: «Только благодаря неравенству богатства, возможному в условиях нашего общественного порядка, только благодаря тому, что он стимулирует каждого производить столько, сколько он может и при наименьших издержках, человечество сегодня имеет в своем распоряжении тот совокупный объем годового богатства, которое можно использовать на потребление» [13, с. 35]. Неравенство согласно либеральному подходу способствует росту сбережений, а следовательно, и инвестиций в развитие экономики. «В системе неравенства эгоизм побуждает человека экономить и всегда инвестировать свои сбережения так, чтобы наилучшим образом удовлетворять наиболее насущные нужды потребителей. В системе равенства этот мотив исчезает... Даже тот, кто смотрит на неравенство богатства и доходов как на факт, достойный сожаления, не может отрицать, что он стимулирует прогрессирующее накопление капитала. А именно дополнительное накопление капитала только и является причиной совершенствования технологий, повышения ставок заработной платы и более высокого уровня жизни» [14]. Конечно, нельзя отрицать логику такого рода рассуждений.

В концепции экономического либерализма неравенство индивидов есть ключевой инструмент экономического роста: чем больше неравенство, тем быстрее экономический рост. Человек с высоким доходом имеет возможность делать сбережения, которые затем трансформируются в инвестиции. Если все люди экономически примерно равны и не очень богаты, то сбережения минимальны и нет дополнительного источника для инвестиций. А нет инвестиций – нет экономиче-

ского роста. При этом чем больше богатства концентрируется у немногих, тем больше сбережения и, следовательно, инвестиции. Кроме того, человек с низким доходом смотрит на богатого и старается достичь его материального и социального статуса, что придает всему обществу социальную динамику. Перераспределение же доходов в пользу бедных слоев населения породит только больше нищеты, мотивируя их не работать. Такова логика экономического либерализма в данном вопросе.

Другая группа исследователей считают точно наоборот. По мнению члена-корреспондента РАН Р.С. Гринберга, «проповедь неравенства стала материальной силой, которая, отвергая перераспределительную политику, размывает основу общества – демократию и средний класс...» [15, с. 39]. Американский исследователь Дэнни Дорлинг отмечает: «Рынки начинают разваливаться, как только некоторые его участники получают больший стартовый капитал, чем остальные, или в процессе накапливают больше средств. Чем менее равны условия на рынке, тем менее эффективен он будет... Рынки неэффективны там, где некоторые люди богаты, а большинство бедно» [16, с. 182–183].

Есть и более радикальное мнение. Так, доктор Рудольф Трауб-Мерц, руководитель Фонда им. Фридриха Эберта в России, отмечает, что именно «сокращение неравенства становится инструментом политики экономического роста» [17, с. 14].

Приведем мнение лауреата Нобелевской премии по экономике (2015 г.) А. Дитона, который считает, что «гротескное увеличение разрыва в неравенстве, происходящее в течение последних 30 лет, подорвет экономический рост. Когда рост не распределен равномерно, а только небольшая горстка людей становится бас-

нословно богатой, тогда власть богатых представляет собой риск для благополучия всех остальных» [18, с. 78].

Основной аргумент этой позиции состоит в том, что наличие широкого слоя бедных и людей с низким доходом является сдерживающим фактором для увеличения потребительского спроса. А низкий внутренний спрос, как известно, сдерживает экономический рост. Согласно многим эмпирическим исследованиям для богатых стран (особенно Северной Европы) характерно умеренное экономическое неравенство, в то время как бедные государства характеризуются высокой степенью неравенства.

Итак, имеются различные точки зрения на проблему соотношения социально-экономического неравенства и экономического роста.

Различные аспекты неравенства в современном российском и приднестровском обществе необходимо рассматривать в комплексе с учетом их противоречивого влияния на экономическое развитие. При этом, как уже отмечалось, речь не идет о полном равенстве, уравниловке. В обществе с неоднородным трудом, с разной производительностью труда и квалификацией занятых равенство заработных плат и доходов является практически невозможным.

И все же экономическая политика государства должна быть направлена на распределение собственности и доходов в интересах большинства населения, т. е. в интересах социально-экономического развития всей страны. Рост ВВП сам по себе не решает ни одной из значимых социальных проблем. Гораздо важнее, как распределяется национальный продукт, стимулирует ли он экономическое развитие и благосостояние большинства людей?

Государственное регулирование распределения доходов имеет объективные

экономические и политические основания. При этом необходимо соблюдение баланса, поскольку крайности в распределении доходов опасны. С одной стороны, чрезмерно низкий уровень неравенства в распределении доходов негативно сказывается на трудовой мотивации, ослабляет стимулы к активности наиболее предприимчивых и способных членов общества, тем самым подрывает потенциал экономического развития. И в этом случае либеральные экономисты правы: уравниловка тормозит экономическое развитие. С другой стороны, чрезмерно высокое неравенство затрудняет обеспечение равных возможностей всем членам общества, ведет к сокращению потребительского спроса и индивидуальных сбережений, обострению социальных проблем, а при определенных условиях может служить источником социально-политической напряженности и нестабильности. И здесь либеральная концепция терпит полный крах: страны, в которых наблюдается высокая степень экономического неравенства, – это страны с низким уровнем развития, отягощенные коррупцией, преступностью, высокой смертностью и социальной нестабильностью. В экономически развитых странах уже в течение длительного времени осуществляется государственное регулирование, направленное на смягчение экономического неравенства между различными группами населения, и такая система признается наиболее важной частью механизма перераспределения доходов.

В большинстве стран в качестве механизма экономической политики, смягчающего дифференциацию личных доходов, применяют следующие средства:

- необлагаемый вычет из среднегодового дохода работающего (который соотносится с принятым минимальным уровнем заработной платы или с прожиточным минимумом);

- пропорциональное налогообложение с минимальной ставкой (10–30 %), а в случае прогрессивного налогообложения – с максимальной ставкой налога (40–50 % и более);

- прямые выплаты социально уязвимым слоям населения. Основной путь экономической политики корректировки распределительных механизмов – это механизмы перераспределения доходов в системе «налогообложение – социальные льготы».

Необходимым условием функционирования национальных систем распределения доходов считается применение прогрессивной шкалы налогов. Россия же с 2001 года отказалась от такого подхода и практикует единую ставку налогов на личные доходы в размере 13 % (в ПМР – 15 %). Применение единого налога, по сути, представляет собой мультипликатор неравенства: доходы бедных уменьшаются, а доходы богатых увеличиваются.

В отличие от России в большинстве стран действуют прогрессивные шкалы налогообложения доходов физических лиц. Наиболее состоятельные граждане платят высокие налоги. Особенно это касается Швеции (57 %), Германии (45 %) и США (35 %). В ряде государств с минимальных доходов налоги не берутся (Швеция). В Бразилии и Индии минимальный налог ниже, чем в России (7,5–10 %) [19]. Когда высокие заработки облагаются прогрессивным налогом и налоговые поступления используются не для прямых трансфертов бедным, а для повышения низких заработных плат, то при избыточном экономическом неравенстве государство может путем применения такой политики повысить общую продуктивность экономики.

Таким образом, для формирования эффективной социальной политики необходимо использовать современный



зарубежный опыт, а также отечественные научные теоретические и практические разработки, учитывающие наши реалии. Кроме того, необходимо определить оптимальный уровень неравенства.

### Цитированная литература

1. **Стиглиц Дж.** Цена неравенства. Чем расслоение общества грозит нашему будущему. – М.: Эксмо, 2015.

2. **Пикетти Т.** Капитал в XXI веке. – М.: Ад Маргинем Пресс, 2015.

3. **Анисимова Г.В.** Методологические аспекты анализа экономического неравенства: советские и постсоветские проблемы // TERRA ECONOMICUS. – 2016. – Т. 14, № 1. – С. 61–77.

4. **Kuznets S.** Economic growth and Income inequality // The American Economic Review. – 1955. – Vol. XLV, № 1.

5. **Ahluwalia M.** Inequality, poverty and development // Journal of Development Economics. – 1976. – Vol. 3(4).

6. **Williamson J.G., Lindert P.H.** American Inequality: A Macroeconomic History. – N.Y.: Academic Press, 1980.

7. **Milanovic B.** Determinants of Cross-Country Income Inequality. An «Augmented» Kuznets Hypothesis. Washington, DC: The World Bank Policy Research Working Paper, 1994.

8. **Square L., Deininger K.** A New Data Set Measuring Income Inequality // The World Bank Economic Review. – 1996. – Vol. 10, № 3. – P. 565–591.

9. **Adams R.H.** Economic Growth, Inequality and Poverty: Finding from a New Data Set. –

Washington, DC: The World Bank Policy Research Working Paper, 2003.

10. **Bigsten A., Levin J.** Growth, Income Distribution, and Poverty: A Review. Helsinki: World Institute for Development Economic Research (UNU-WIDER). 2001.

11. **Bohman J.** Public Deliberation: Pluralism, Complexity and Democracy. – Cambridge, Mass: MIT Press, 1996.

12. **Шевяков А., Кирута А.** Измерение экономического неравенства. – М.: Лето, 2002.

13. **Мизес Л.** Либерализм. – М.: Социум; Экономика, 2001.

14. **Мизес Л.** Человеческая деятельность: Трактат по экономической теории. – М.: Экономика, 2000.

15. **Гринберг Р.** Свобода и справедливость должны не исключать, а дополнять друг друга // Неравенство доходов и экономический рост: стратегии выхода из кризиса / под ред. А. Бузгалина, Р. Трауб-Мерца, М. Воейкова. – М.: Культурная революция, 2014.

16. **Дорлинг Д.** Равенство. – М.: Книго-век, 2014.

17. **Трауб-Мерц Р.** Неравенство и выход из экономического кризиса // Неравенство доходов и экономический рост: стратегии выхода из кризиса / под ред. А. Бузгалина, Р. Трауб-Мерца, М. Воейкова. – М.: Культурная революция, 2014.

18. **Дитон А.** Через тьму к светлому будущему // Через 100 лет: ведущие экономисты предсказывают будущее / под ред. И. Паласиоса-Уэрты. – М.: Изд-во Института Гайдара, 2016.

19. Tax Rates Around the World 2018. – URL: <http://www.worldwide-tax.com/> (дата обращения: 19.05.2019).

## АНТИКРИЗИСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ

*А.И. Есир, Е.В. Сидоренко*

*Рассмотрена сущность антикризисного управления предприятием, его основные составляющие, применение на современном этапе. Изучены теоретические аспекты выхода из кризиса или его предупреждения.*

**Ключевые слова:** антикризисное управление, дисбаланс, кризис, менеджер, методика антикризисного управления, последствия, противодействие, стабилизация, стадии кризиса.

## ANTI-CRISIS MANAGEMENT OF THE ENTERPRISE

*A.I. Esir, E.V. Sidorenko*

*The article examines the essence of the anti-crisis management of an enterprise, its main components, and the application at the present stage. The theoretical aspects of overcoming the crisis or its prevention are considered.*

**Keywords:** anti-crisis management, imbalance, crisis, manager, methodology of anti-crisis management, consequences, counteraction, stabilization, crisis stages.

Тема антикризисного управления предприятием является очень актуальной в последнее время. Все мы понимаем, что основой стабильного положения предприятия служит его финансовая устойчивость, т. е. такое состояние финансов, которое гарантирует постоянную платежеспособность. Отечественный экономист И.А. Бланк под финансовой устойчивостью предприятия понимает его независимость в финансовом отношении и соответствие состояния активов и пассивов компании задачам финансово-хозяйственной деятельности [1, с. 327].

Существует мнение, что результаты анализа финансовой устойчивости позволяют определить, насколько грамотно предприятие управляло своими финансовыми ресурсами в течение периода, предшествующего этой дате [2, с. 73]. Другие авторы утверждают, что недостаточная финансовая устойчивость может привести к неплатежеспособности компании и к отсутствию у него средств для развития производства, а избыточная – будет препятствовать развитию, отягощая затраты

предприятия излишними запасами и резервами [3, с. 369].

В связи с этим каждая компания должна проводить антикризисную политику, особенно в период экономического кризиса, через который проходят все предприятия, как отечественные, так и зарубежные. У западного бизнеса накоплен богатый опыт преодоления таких проблем, чего нельзя сказать о российских компаниях, в том числе приднестровских [4, с. 7].

На отечественных предприятиях антикризисные мероприятия часто сводятся к мерам финансового оздоровления, проведению реструктуризации кредиторской задолженности. Хотя предприятия, имеющие значительную кредиторскую задолженность, не всегда могут выйти из долговой ямы.

Именно поэтому возникла научная и практическая необходимость разработки методов и инструментов финансового оздоровления, а также методики оценки финансовой состоятельности и стратегии обеспечения инвестиционной привлекательности предприятия в условиях анти-

кризисного управления на основе развития и построения теоретических основ и методологических подходов, диагностики и оценки финансовой состоятельности, форм и методов оздоровления компаний, которые находятся в кризисе.

Проблематике антикризисного управления посвящены работы отечественных экономистов: А.Г. Грязновой, И.А. Бланка, Р.А. Попова, Э.А. Уткина и др. Различные подходы к содержанию и технологии планирования антикризисного управления отразили в своих трудах западные исследователи, такие как Каплан Роберт С., Нортон Дейвид П., Рассел Акофф, Хунгенберг Харальд, Хан Дитгер и др. Но после выхода значительного числа публикаций по данной тематике термин «антикризисное управление» так и не получил однозначного толкования.

Под воздействием кризиса на предприятии отмечается дисбаланс, состояние неравновесия, что, в первую очередь, требует от руководства применения практических навыков и опыта предвидения и распознавания кризиса, а также устранения его негативного влияния.

Сам термин «антикризисное управление» возник относительно недавно. В одних случаях его понимают как управление фирмой в условиях общего кризиса экономики, а в других – как управление компанией в преддверии банкротства, третьи же связывают это понятие с деятельностью антикризисных управляющих в рамках судебных процедур банкротства [5, с. 42].

Антикризисное управление представляет собой целостную систему взаимосвязанных приемов и методов управления предприятием. Они ориентированы на предупреждение или устранение кризисных явлений, которые негативно влияют на бизнес компании. Благодаря реализации специальной программы, которая носит стратегический характер и может устранить различные финансовые труд-

ности, предприятие способно сохранить и улучшить рыночные позиции при любых обстоятельствах, опираясь в основном на собственные ресурсы.

В такой кризисной ситуации повышается ответственность менеджера, поскольку он должен действовать своевременно, быстро и грамотно.

Кризис предприятия вызывается несоответствием его финансово-хозяйственных параметров параметрам окружающей среды. Данные факторы могут быть как внешними, которые не зависят от деятельности компании, так и внутренними, которые зависят от деятельности фирмы.

Внешними факторами являются:

- рост инфляции;
- нестабильность налоговой системы;
- политическая нестабильность;
- нестабильность валютного рынка;
- рост безработицы;
- снижение уровня реальных доходов населения;
- усиление монополизма на рынке;
- снижение емкости внутреннего рынка;
- стихийные бедствия;
- производство дешевой и пользующейся спросом продукции;
- возможный потенциал предприятия в деловом сотрудничестве и др.

К внутренним факторам можно отнести:

- низкую конкурентоспособность продукции;
- зависимость от ограниченного круга поставщиков и покупателей;
- низкую производительность труда;
- перегруженность объектами социальной сферы;
- высокие энергозатраты;
- отсутствие гибкости в управлении;
- высокий уровень коммерческого риска;
- плохое управление издержками производства;

- неэффективный финансовый менеджмент;
- недостаточно качественную систему бухгалтерского учета и отчетности;
- размер уставного капитала предприятия и др.

Эффективная система антикризисного управления должна строиться на соблюдении таких принципов, как [6, с. 218]:

- 1) ранняя диагностика кризисных ситуаций в финансовой деятельности предприятия;
- 2) срочность реагирования на кризисные явления;
- 3) адекватность реагирования предприятия на степень реальной угрозы его финансовому состоянию;
- 4) полная реализация внутренних возможностей выхода предприятий из кризисного состояния.

Так как все кризисы различны, то соответственно и методы управления этими кризисами различаются.

Система антикризисного управления характеризуется гибкостью и адаптивностью. Она предусматривает [7, с. 1]:

- стимулирование энтузиазма, терпения и уверенности персонала;
- поиск наиболее приемлемого типологического признака эффективного управления в сложных ситуациях;
- передачу полномочий нижестоящим руководителям в принятии определенных решений для обеспечения своевременного реагирования на возникающие проблемы;
- внедрение новых интеграционных процессов, с помощью которых можно существенно усилить и наиболее эффективно использовать потенциал компетенции.

Главным инструментом антикризисного управления является стабилизационная программа.

Стабилизационная программа – это маневр денежными средствами для заполнения разрыва между их расходованием и поступлением. Заполнение «кризисной

ямы» осуществляется с помощью увеличения поступления денежных средств (максимизации) и уменьшения текущей потребности в оборотных средствах (экономии).

Для увеличения денежных средств необходимо перевести активы предприятия в денежную форму, а именно осуществить продажу краткосрочных финансовых вложений, дебиторской задолженности, запасов готовой продукции, избыточных производственных запасов, нерентабельных производств и объектов непроемкой сферы и др.

Можно выделить четыре стадии кризиса и соответствующие им действия по антикризисному управлению предприятием.

*Первая стадия.* Данная стадия часто бывает скрытой. На ней может снижаться рентабельность и объемы прибыли, падать эффективность капитала. Это значит, что финансовое положение предприятия неустойчивое, сокращаются источники капитала и резервы развития организации.

Антикризисное управление в этом случае предполагает:

- пересмотр стратегии фирмы;
- реструктуризацию предприятия;
- реструктуризацию тактики предприятия, которая ведет к снижению издержек и сокращению штата управленческого аппарата.

*Вторая стадия.* Появляется убыточность производства. Антикризисное управление заключается в стратегическом управлении, реализующемся благодаря добровольной реструктуризации предприятия.

*Третья стадия.* У предприятия отсутствуют собственные средства и резервные фонды. Антикризисное управление включает реструктуризацию предприятия и запуск программы стабилизации финансово-экономического состояния, для которой необходимо найти средства.

*Четвертая стадия.* Наблюдается острая неплатежеспособность. Антикризисное управление: финансовая неустойчивость предприятия может привести к банкротству.

Таким образом, первая, вторая и отчасти третья стадии кризиса фирмы являются проблемой для его собственников. Четвертая стадия представляет угрозу для кредиторов.

На современном этапе развития можно использовать различные стратегии для антикризисного управления. Однако более важным является предупреждение кризиса, подготовка к его возникновению; противодействие кризису, замедление его процессов; стабилизация ситуации благодаря резервам, дополнительным ресурсам; рассчитанный риск; последовательный выход из кризиса. Правильно выбрать ту или иную стратегию можно исходя из глубины и характера кризиса.

Методика антикризисного управления заключается в следующем:

- 1) выявить и оценить уязвимые стороны предприятия;
- 2) оценить количество уязвимых сторон компании;
- 3) разработать план по выходу из кризиса;
- 4) осознать факт наступившего кризиса;
- 5) определить стратегию организации в сфере коммуникации со своим персоналом, акционерами, клиентами, СМИ и пр.
- 6) отследить и оценить кризисные проявления, гибкость мер для борьбы с кризисом;
- 7) изолировать направления деятельности организации, которые подверглись кризису, от других направлений.

Таким образом, можно сделать вывод, что антикризисное управление заключается в преодолении возникшего кризиса либо в принятии мер по смягчению его последствий. Это главная задача челове-

ка и предприятия. Для ее реализации необходимо использовать основные механизмы антикризисного управления, среди которых можно выделить сохранение высококвалифицированного персонала, повышение рабочего стимула, сокращение кризисного периода, повышение производства организации в целом и повышение авторитета руководителя [8, с. 35].

Чтобы предприятие оставалось еще и успешным, необходимо вовремя и существенно повышать инвестирование в человеческие ресурсы и новые технологии.

### Цитированная литература

1. **Бланк И.А.** Финансовый менеджмент: учебный курс. – М.: Дело и Сервис, 2013.
2. **Третьякова Е.А.** Финансовый менеджмент: учебное пособие. – Пермь: Национальный исследовательский политехнический институт, 2014.
3. **Калинина А.П.** Комплексный экономический анализ предприятия: учебник. – СПб.: Питер, 2013.
4. **Одаренко Т.Е., Марузенко Н.А.** Антикризисное управление человеческими ресурсами в современных организациях // Таврический научный обозреватель. – 2015. – № 3, ч. 1. – С. 7–10.
5. **Балашов А.П.** Антикризисное управление. – Новосибирск, 2010.
6. **Григорьева Ю.О., Татарченко Ю.В.** Методика выбора стратегии антикризисного управления предприятием // Бизнес Информ. – 2012. – № 8. – С. 218–220.
7. **Логина Н.П.** Методика антикризисного управления организацией // Сибирский торгово-экономический журнал. – 2011. – № 13. – С. 1–4.
8. **Одаренко Т.Е., Гарачук К.В.** Управление человеческими ресурсами в кризисных условиях // Таврический научный обозреватель. – 2016. – № 1(6), ч. 1. – С. 35–38.

## БУХГАЛТЕРСКИЙ УЧЕТ ЭКСПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ ПО ДОГОВОРУ КОМИССИИ С УЧАСТИЕМ ИНОСТРАННОГО ПОСРЕДНИКА

*Е.Л. Жигарева, Н.В. Пасичник*

*Рассматривается сущность договора комиссии, использование которого во внешнеэкономических отношениях дает сторонам много преимуществ по сравнению с классической куплей-продажей. Приводится разработанная авторами методика отражения в бухгалтерском учете комитента экспортных операций по договору комиссии с участием иностранного посредника, что в условиях отсутствия в ПМР соответствующих методических рекомендаций должно оказать практическую помощь бухгалтерам при ведении учета подобных операций.*

**Ключевые слова:** бухгалтерский учет, экспортные операции, договор комиссии, комитент, комиссионер, комиссионное вознаграждение.

## ACCOUNTING OF EXPORT OPERATIONS UNDER A CONTRACT OF COMMISSION WITH THE PARTICIPATION OF THE FOREIGN INTERMEDIARY

*E.L. Zhigareva, N.V. Pasichnik*

*The essence of the commission agreement, the use of which in the foreign trade relations gives the parties many advantages over the classical sale and purchase, is considered. The authors present a developed methodology of reflection in the accounting of the export operations committent under the contract of the commission with the participation of a foreign intermediary, which in the absence in PMR of the corresponding methodical recommendations, should contribute to the provision of practical assistance to the accountants in the accounting of such operations.*

**Keywords:** accounting, export operations, commission agreement, committent, commissioner, commission fee.

Экспорт товаров может осуществляться с участием иностранного посредника. Одним из видов договоров с участием посредника выступает договор комиссии.

Преимуществами использования договора комиссии при экспорте товаров по сравнению с классической куплей-продажей являются: возможность коммиссионера войти в товарооборот с небольшими затратами, возможность комитента расширить рынки сбыта своих товаров, а также возможность как коммиссионера, так и комитента существенно оптимизировать издержки.

Договор комиссии имеет много различных нюансов и вариантов построения отношений, поэтому, несмотря на его ши-

рокое использование во внешнеэкономической деятельности, комиссионные отношения не перестают вызывать у бухгалтеров многочисленные вопросы. Ситуацию также осложняет отсутствие в ПМР регламентированного порядка отражения в бухгалтерском учете операций по договору комиссии.

Следует отметить, что осуществление договора комиссии регулируется главой 50 «Комиссия» части второй Гражданского кодекса ПМР, согласно которой договор комиссии заключается с целью совершения комиссионером (иностранным посредником) одной или нескольких сделок в интересах комитента (владельца экспортируемого товара). Исполняя договор комиссии, комиссионер действует от своего имени, что



делает его обязанным по внешнеторговому договору (контракту), заключенному с иностранным покупателем. При этом в общем случае комиссионер не несет ответственности перед комитентом за ненадлежащее исполнение иностранным покупателем своих обязанностей, например за несвоевременную оплату экспортных товаров. Такая ответственность может быть предусмотрена только в тех случаях, когда комиссионер не проявил необходимой осмотрительности в выборе иностранного партнера либо принял на себя ручательство перед комитентом за исполнение сделки иностранным партнером (делькредере).

По договору комиссии иностранный комиссионер оказывает услуги комитенту за комиссионное вознаграждение. Поэтому комитент должен уплатить комиссионеру комиссионное вознаграждение, а в случае когда комиссионер принял на себя ручательство за исполнение сделки иностранным покупателем (делькредере), также дополнительное вознаграждение в размере и в порядке, установленных в договоре комиссии.

Если иностранный комиссионер совершил сделку на более выгодных условиях, чем те, которые были указаны комитентом в договоре комиссии, дополнительная выгода (если иное не предусмотрено соглашением сторон) должна делиться между комитентом и комиссионером поровну.

Иностранному комиссионеру совершает сделки по договору комиссии за счет комитента. Это значит, что комитент должен уплатить причитающееся иностранному комиссионеру вознаграждение, а также возместить ему расходы, связанные с исполнением комиссионного поручения (например, расходы на рекламу экспортируемого товара, его транспортировку иностранному покупателю, страхование, таможенное оформление и т. д.). В связи с этим в договоре комиссии должен быть приведен полный перечень расходов, воз-

мещаемых комитентом иностранному комиссионеру, что позволит в дальнейшем избежать возможных разногласий между ними и правильно отразить данные расходы на счетах бухгалтерского учета у каждой из сторон.

Иностранному комиссионеру не имеет права на возмещение расходов, связанных с хранением находящегося у него имущества комитента (экспортируемого товара), если в законе или договоре комиссии не установлено иное.

После исполнения поручения по договору комиссии иностранный комиссионер должен представить комитенту отчет и передать ему все полученное по договору комиссии.

Если комитент имеет возражения по отчету, то он должен сообщить о них комиссионеру в течение 30 дней со дня получения отчета, если соглашением сторон не установлен иной срок. В противном случае отчет считается принятым. Порядок представления отчета комиссионером должен быть включен в договор комиссии [1].

В настоящее время форма отчета комиссионера законодательно не установлена, поэтому иностранный комиссионер может разрабатывать данный документ в произвольной форме, согласованной с комитентом. Однако необходимо учитывать требования статьи 11 Закона ПМР «О бухгалтерском учете и финансовой отчетности» от 17 августа 2004 г. № 467-3-III [2].

Кроме того, в отчете иностранного комиссионера должны быть приведены следующие данные:

– количество и стоимость реализованного комиссионером товара (к отчету должны быть приложены копии товаросопроводительных документов, таможенных деклараций) с указанием даты перехода права собственности на отгруженные товары к иностранному покупателю (в случае если комиссионер выступает грузоотправителем);

– стоимость фактически произведенных комиссионером расходов, подлежащих возмещению комитентом, с приложением копий первичных документов;

– сумма причитающегося комиссионеру комиссионного вознаграждения, которая исчисляется в соответствии с условиями договора;

– сумма полученной экспортной выручки (валютного аванса) и момент ее зачисления на транзитный валютный счет (в случае если комиссионер принимает участие в расчетах между комитентом и иностранным покупателем) с приложением копий документов банка (выписки, сообщения и т. п.), подтверждающих поступление денежных средств от иностранного покупателя;

– прочая информация, согласованная сторонами договора [3, с. 116].

С точки зрения участия иностранного комиссионера в движении денежных средств от иностранного покупателя к комитенту (продавцу экспортного товара) договор комиссии может предусматривать поступление экспортной выручки на счет комиссионера (с участием комиссионера в расчетах между комитентом и иностранным покупателем) либо сразу на счет комитента (без участия комиссионера в расчетах между комитентом и иностранным покупателем).

В зависимости от того, принимает иностранный комиссионер (посредник) участие в расчетах между комитентом и иностранным покупателем или нет, различаются и формы расчетов между комитентом и комиссионером.

Так, при исполнении договора комиссии с участием комиссионера в расчетах между комитентом и иностранным покупателем комиссионер имеет право удерживать свое комиссионное вознаграждение из всех поступающих к нему сумм, предназначенных для комитента. Оставшиеся после удержания комиссионного вознаграждения

суммы комиссионер должен сразу же после их поступления на свой счет (если договором комиссии для этого не предусмотрен иной срок) перечислить комитенту.

При исполнении договора комиссии без участия комиссионера в расчетах между комитентом и иностранным покупателем комитент самостоятельно рассчитывается с покупателем по сделке, которая была заключена для него комиссионером. Также комитент оплачивает комиссионное вознаграждение и возмещает расходы комиссионера по исполнению договора комиссии отдельно, непосредственно со своего валютного счета.

Таким образом, при исполнении поручения по договору комиссии иностранный комиссионер осуществляет следующие действия: принимает товар на комиссию; заключает контракт с иностранным покупателем; отгружает комиссионный товар иностранному покупателю и выписывает от своего имени накладную на отпуск товара и счет на поставленный товар; представляет комитенту отчет о выполнении комиссионного поручения; выставляет комитенту счет от своего имени на сумму причитающегося вознаграждения; перечисляет комитенту денежные средства, полученные за реализованные по договору комиссии товары.

Комитент по исполнению иностранным комиссионером комиссионного поручения обязан принять от него все исполненное по договору комиссии и освободить комиссионера от обязательств, принятых им на себя перед третьим лицом [4, с. 87].

Рассмотрим порядок отражения в бухгалтерском учете комитента экспортных операций по договору комиссии с участием иностранного посредника (комиссионера).

В соответствии с действующим Планом счетов бухгалтерского учета финансово-хозяйственной деятельности организаций и Инструкцией по применению счетов бухгалтерского учета продукцию или то-

вары, переданные на комиссию, комитент должен отражать на счете 213 «Продукция» с открытием отдельного субсчета «Продукция, переданная на комиссию» или на счете 214 «Товары» с открытием субсчета «Товары, переданные на комиссию».

Доходом от продаж у комитента является сумма (стоимость) реализованной иностранным комиссионером продукции (товаров), включая сумму комиссионного вознаграждения, перечисленную комиссионеру или удержанную им в свою пользу. Себестоимостью продаж у комитента выступает себестоимость реализованной продукции (товаров).

Бухгалтерский учет доходов от продаж продукции (товаров) и себестоимости их продаж комитент должен вести на соответствующих субсчетах счетов 611 «Доходы от продаж» и 711 «Себестоимость продаж».

Учет расчетов с иностранным комиссионером комитент может вести на счете 538 «Прочие краткосрочные обязательства» с открытием дополнительного субсчета «Краткосрочные обязательства комиссионеру по товарам, переданным на комиссию», на котором будет отражаться задолженность перед комиссионером по произведенным им расходам и комиссионному вознаграждению [5].

Порядок бухгалтерского учета операций, связанных с исполнением договора комиссии, у комитента зависит от предусмотренного учетной политикой метода признания доходов и расходов. Из СБУ № 18 «Выручка» следует, что в целях финансового учета организации ПМР при признании доходов и расходов должны использовать метод начисления, согласно которому результаты хозяйственных операций признаются по факту их совершения независимо от фактического времени поступления и выплаты денежных средств, связанных с ними [6].

Также порядок отражения операций в учете комитента зависит от того, участвует

ли иностранный посредник (комиссионер) в расчетах между комитентом и иностранным покупателем.

*При исполнении поручения без участия иностранного комиссионера в расчетах между комитентом и иностранным покупателем в учете комитента могут быть составлены следующие корреспонденции счетов:*

– Д-т сч. 213 «Продукция», субсчет «Продукция, переданная на комиссию», 214 «Товары», субсчет «Товары, переданные на комиссию» К-т сч. 213 «Продукция», субсчет «Готовая продукция», 214 «Товары», субсчет «Товары на складе» – на себестоимость переданных комиссионеру продукции или товаров.

– Д-т сч. 221 «Краткосрочная дебиторская задолженность по торговым счетам», субсчет 2 «Счета к получению из-за рубежа» К-т сч. 611 «Доходы от продаж» – признание доходом задолженности иностранного покупателя в момент получения извещения от комиссионера об отгрузке покупателю товаров.

– Д-т сч. 711 «Себестоимость продаж» К-т сч. 213 «Продукция» субсчет «Продукция, переданная на комиссию», 214 «Товары», субсчет «Товары, переданные на комиссию» – списание себестоимости отгруженной покупателю продукции или товаров на расходы в момент признания соответствующего дохода.

– Д-т сч. 712 «Коммерческие расходы» К-т сч. 538 «Прочие краткосрочные обязательства», субсчет «Краткосрочные обязательства иностранному комиссионеру по товарам, переданным на комиссию» – начисление вознаграждения иностранному комиссионеру или отражение сумм коммерческих расходов (если они осуществляются по условиям договора за счет средств комитента).

– Д-т сч. 243 «Текущие счета в иностранной валюте» К-т сч. 221 «Краткосрочная дебиторская задолженность по

торговым счетам», субсчет 2 «Счета к получению из-за рубежа» – получение оплаты от иностранного покупателя на транзитный валютный счет.

– Д-т сч. 221 «Краткосрочная дебиторская задолженность по торговым счетам», субсчет 2 «Счета к получению из-за рубежа» К-т сч. 612 «Другие операционные доходы», субсчет 6 «Доходы от курсовых валютных разниц» или Д-т сч. 714 «Другие операционные расходы», субсчет 9 «Расходы по курсовым валютным разницам» К-т сч. 221 «Краткосрочная дебиторская задолженность по торговым счетам», субсчет 2 «Счета к получению из-за рубежа» – соответственно на сумму положительной или отрицательной курсовой разницы, возникшей на счете 221 «Краткосрочная дебиторская задолженность по торговым счетам», субсчете 2 «Счета к получению из-за рубежа» между датой получения извещения от комиссионера об отгрузке продукции или товаров иностранному покупателю и датой получения оплаты от иностранного покупателя.

– Д-т сч. 538 «Прочие краткосрочные обязательства», субсчет «Краткосрочные обязательства иностранному комиссионеру по товарам, переданным на комиссию» К-т сч. 243 «Текущие счета в иностранной валюте» – перечисление суммы комиссионного вознаграждения или погашение дополнительных расходов иностранного комиссионера (если они осуществляются по условиям договора за счет средств комитента).

– Д-т сч. 538 «Прочие краткосрочные обязательства», субсчет «Краткосрочные обязательства иностранному комиссионеру по товарам, переданным на комиссию» К-т сч. 612 «Другие операционные доходы», субсчет 6 «Доходы от курсовых валютных разниц» или Д-т сч. 714 «Другие операционные расходы», субсчет 9 «Расходы по курсовым валютным разницам» К-т сч. 538 «Прочие краткосрочные обязательства»,

субсчет «Краткосрочные обязательства иностранному комиссионеру по товарам, переданным на комиссию» – соответственно на сумму положительной или отрицательной курсовой разницы, возникшей на счете 538 «Прочие краткосрочные обязательства», субсчете «Краткосрочные обязательства иностранному комиссионеру по товарам, переданным на комиссию» между датой начисления задолженности иностранному комиссионеру в сумме комиссионного вознаграждения или дополнительных расходов (если они осуществляются по условиям договора за счет средств комитента) и датой перечисления денежных средств в иностранной валюте в погашение данной задолженности.

*При исполнении поручения с участием комиссионера в расчетах между комитентом и иностранным покупателем в учете комитента могут быть составлены следующие корреспонденции счетов:*

– Д-т сч. 213 «Продукция», субсчет «Продукция, переданная на комиссию» или 214 «Товары», субсчет «Товары, переданные на комиссию» К-т сч. 213 «Продукция», субсчет «Готовая продукция» или 214 «Товары», субсчет «Товары на складе» – на себестоимость переданных иностранному комиссионеру продукции или товаров.

– Д-т сч. 221 «Краткосрочная дебиторская задолженность по торговым счетам», субсчет 2 «Счета к получению из-за рубежа» К-т сч. 611 «Доходы от продаж» – признание доходом задолженности иностранного комиссионера в момент получения от него извещения об отгрузке товара иностранному покупателю.

– Д-т сч. 711 «Себестоимость продаж» К-т сч. 213 «Продукция» субсчет «Продукция, переданная на комиссию» или 214 «Товары», субсчет «Товары, переданные на комиссию» – списание себестоимости отгруженной покупателю продукции или товаров на расходы в момент признания соответствующего дохода.

– Д-т сч. 712 «Коммерческие расходы» К-т сч. 538 «Прочие краткосрочные обязательства», субсчет «Краткосрочные обязательства комиссионеру по товарам, переданным на комиссию» – начисление вознаграждения иностранному комиссионеру или отражение коммерческих расходов (если они осуществляются по условиям договора за счет средств комитента).

– Д-т сч. 243 «Текущие счета в иностранной валюте» К-т сч. 221 «Краткосрочная дебиторская задолженность по торговым счетам», субсчет 2 «Счета к получению из-за рубежа» – получение выручки от иностранного комиссионера за оплаченную иностранным покупателем продукцию или товары в полной сумме или за вычетом сумм комиссионного вознаграждения и дополнительных расходов, произведенных по условиям договора за счет средств комитента (если такой порядок расчетов предусмотрен договором комиссии или дополнительным соглашением о зачете взаимных требований).

– Д-т сч. 538 «Прочие краткосрочные обязательства», субсчет «Краткосрочные обязательства комиссионеру по товарам, переданным на комиссию» К-т сч. 243 «Текущие счета в иностранной валюте» – погашение задолженности перед иностранным комиссионером по суммам комиссионного вознаграждения и дополнительных расходов, произведенных по условиям договора за счет средств комитента путем перечисления денежных средств в иностранной валюте с текущего или специального транзитного валютного счета (если договором комиссии или дополнительным соглашением, заключенным между комитентом и комиссионером, не предусмотрены расчеты путем зачета взаимных требований).

– Д-т сч. 538 «Прочие краткосрочные обязательства», субсчет «Краткосрочные обязательства комиссионеру по товарам, переданным на комиссию» К-т сч. 221

«Краткосрочная дебиторская задолженность по торговым счетам», субсчет 2 «Счета к получению из-за рубежа» – погашение задолженности перед иностранным комиссионером по суммам комиссионного вознаграждения и дополнительных расходов, произведенных по условиям договора за счет средств комитента, путем зачета взаимных требований в момент получения выручки от комиссионера (если такой порядок расчетов предусмотрен договором комиссии или дополнительным соглашением о зачете взаимных требований).

– Д-т сч. 221 «Краткосрочная дебиторская задолженность по торговым счетам», субсчет 2 «Счета к получению из-за рубежа» К-т сч. 612 «Другие операционные доходы», субсчет 6 «Доходы от курсовых валютных разниц» или Д-т сч. 714 «Другие операционные расходы», субсчет 9 «Расходы по курсовым валютным разницам» К-т сч. 221 «Краткосрочная дебиторская задолженность по торговым счетам», субсчет 2 «Счета к получению из-за рубежа» – соответственно на сумму положительной или отрицательной курсовой разницы, возникшей на счете 221 «Краткосрочная дебиторская задолженность по торговым счетам», субсчете 2 «Счета к получению из-за рубежа» между датой получения извещения от комиссионера об отгрузке продукции или товаров иностранному покупателю и датой получения выручки от иностранного комиссионера за оплаченную иностранным покупателем продукцию или товары.

– Д-т сч. 538 «Прочие краткосрочные обязательства», субсчет «Краткосрочные обязательства иностранному комиссионеру по товарам, переданным на комиссию» К-т сч. 612 «Другие операционные доходы», субсчет 6 «Доходы от курсовых валютных разниц» или Д-т сч. 714 «Другие операционные расходы», субсчет 9 «Расходы по курсовым валютным разницам» К-т сч. 538 «Прочие краткосрочные обя-



зательства), субсчет «Краткосрочные обязательства иностранному комиссионеру по товарам, переданным на комиссию» – соответственно на сумму положительной или отрицательной курсовой разницы, возникшей на счете 538 «Прочие краткосрочные обязательства», субсчете «Краткосрочные обязательства иностранному комиссионеру по товарам, переданным на комиссию» между датой начисления задолженности иностранному комиссионеру в сумме комиссионного вознаграждения и дополнительных расходов (если они осуществляются по условиям договора за счет средств комитента) и датой погашения данной задолженности путем перечисления денежных средств в иностранной валюте на счет комиссионера или датой зачета взаимных требований.

Предприятие-комитент, получившее валютную выручку от реализации экспортной продукции, согласно валютному законодательству ПМР обязано продать часть этой суммы в валютный резерв республики.

Следует отметить, что изложенный порядок бухгалтерского учета экспортных операций, осуществляемых по договору комиссии с участием иностранного посредника, носит рекомендательный харак-

тер. В условиях отсутствия в ПМР соответствующих методических рекомендаций он должен помочь бухгалтерам при ведении учета подобных операций.

### Цитированная литература

1. Гражданский кодекс ПМР, часть 2, от 19 июля 2002 г. № 163-3-III (текущая редакция по состоянию на 1 января 2019 года).
2. Закон ПМР «О бухгалтерском учете и финансовой отчетности» от 17 августа 2004 г. № 467-3-III.
3. **Астахов В.П.** Бухгалтерский учет внешнеэкономической деятельности: учебное пособие. – 5-е изд., доп. и перераб. – Ростов н/Д.: Феникс, 2015. – 258 с.
4. **Самыгин Д.Ю., Барышников Н.Г.** Бухгалтерский учет и аудит внешнеэкономической деятельности организаций: учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 203 с.
5. План счетов бухгалтерского учета финансово-хозяйственной деятельности организаций и Инструкция по применению счетов бухгалтерского учета, утвержденные Приказом Министерства финансов ПМР № 182 19 октября 2011 г.
6. СБУ № 18 «Выручка», утвержденный Приказом Министерства финансов ПМР № 136 20 июля 2011 г.

---

УДК 336.64

## СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ КАК КЛЮЧЕВОЙ ЭЛЕМЕНТ В УПРАВЛЕНИИ ФИНАНСОВОЙ СИСТЕМОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

*Е.С. Жукова, М.О. Куча*

*Рассмотрено понятие стратегического планирования предприятия, выявлены факторы, влияющие на него, а также основные этапы формирования стратегии компании. Обозначена роль стратегического планирования в финансовой системе управления организации.*

**Ключевые слова:** стратегическое планирование, факторы, рыночная экономика, финансы.



## STRATEGIC PLANNING AS A KEY ELEMENT IN THE MANAGEMENT OF THE ORGANIZATION FINANCIAL SYSTEM

*E.S. Zhukova, M.O. Kucha*

*The concept of strategic planning of an enterprise is considered, the factors influencing it are revealed, as well as the main stages of the formation of an enterprise strategy. The role of strategic planning in the financial management system of the organization is denoted.*

**Keywords:** *strategic planning, factors, market economy, finance.*

В современном мире сложно представить эффективно работающее предприятие при отсутствии четко отлаженной системы финансово-экономического планирования. В условиях совершенствования рынков, глобализации, роста конкуренции, различных проблем, в том числе вызванных снижением возможностей для роста компаний в связи с принудительно вводимыми ограничениями (санкциями), его важность и значимость существенно возрастает. Эффективность построения и дальнейшей реализации финансово-экономических планов должна основываться на четко сформулированных целях, которые принято называть стратегическими. Достижение стратегических целей является смыслом создания и деятельности любой компании [1, с.131].

Сущность финансового планирования в условиях рыночной экономики заключается в том, что в основе финансовой деятельности хозяйствующего субъекта лежит финансовый план, разработанный финансовой службой организации и направленный на достижение конечного результата – получение прибыли. В этой связи в зависимости от задач и объектов планирования компания составляет финансовые планы разного содержания и назначения.

При построении финансово-экономического плана очень важно, чтобы цели были конкретными и измеримыми, т. е. необходимо четко устанавливать их сроки и способы достижения: когда это будет сделано и каким образом. Одним из инструментов оценки достижения целей

является система ключевых показателей эффективности деятельности компании, одновременно выступающая инструментом мотивации персонала.

Эффективный инструмент управления бизнесом – бизнес-план предназначен, в первую очередь, для следующих категорий участников экономических процессов:

- менеджеров компании, для которых бизнес-план является руководящим документом, а сам процесс планирования создает очевидные преимущества;
- собственников компании, использующих бизнес-план как инструмент воздействия на менеджеров для достижения своих целей и реализации интересов;
- внешних инвесторов (кредиторов, покупателей акций и паев), которым необходимо знать и контролировать перспективы отдачи от их вложений;
- иных деловых партнеров.

Таким образом, становится понятно, что грамотная система финансово-экономического планирования, подкрепленная качественно разработанным набором ключевых показателей эффективности, создает для компании неоспоримые конкурентные преимущества и является жизненно необходимой для успешного долгосрочного функционирования бизнеса в условиях современной экономики. Ценность отлаженной системы финансового планирования подтверждается многолетним опытом успешного ведения бизнеса отечественными и зарубежными предприятиями различных отраслей деятельности, а также все расширяющимся объемом предложе-

ний по разработке и совершенствованию систем финансово-экономического планирования.

Результат стратегии предопределяется двумя условиями:

- помощью высшего управления;
- широкой базой изучений.

Для того чтобы результативно составлять конкуренцию, предприятие обязано регулярно заниматься сбором и рассмотрением большого объема данных об отрасли, в которой развивается компания, о конкурентной борьбе и иных аспектах. Указанные условия дают возможность стратегии сохранять целостность в течение продолжительного периода и при этом быть довольно эластичной, что в случае необходимости позволит реализовать ее модификацию и переориентацию.

Стратегическое составление плана сопряжено с глобальными целями и направлено на перспективу. Кроме того, оно затрагивает внешние условия, оказывающие большое влияние на результаты деятельности.

Термин «стратегия» имеет различные интерпретации, но реализация стратегического плана должна быть представлена в виде конкретного проекта, который делает понятным стратегический замысел для всех участников, а также позволит количественно оценить привлекательность каждой стратегической альтернативы и обосновать возможность привлечения инвестиций в осуществление стратегического плана развития предприятия. Разработано много инструментов стратегического планирования, но для применения на практике подходят только те, которые наиболее адекватно отражают процессы внешней и внутренней среды.

Задача стратегического планирования состоит в принятии базовых и подходящих решений долгосрочного характера, а стратегический менеджмент сконцентрирован на достижении результатов, на-

меченных в стратегии [2, с. 243]. Под итогами могут предполагаться: часть рынка, новейшие продукты, рынки, технологические процессы и др.

Выдающиеся ученые в сфере планирования из Гарвардского университета ввели новую концепцию SWOT-анализа, в которой используется модель стратегического планирования (рис. 1). Основываясь на способности рыночной среды и применяя собственные сильные стороны, фирма приступает к формированию стратегии. С одной стороны, процедура стратегического планирования учитывает условия успеха, обнаруженные на стыке способностей и исходящих от общества опасностей. С другой стороны, стремление фирмы совладать с собственными недостатками может помочь создать и закрепить уникальные конкурентоспособные достоинства стратегического уровня.

Таким образом, стратегическое финансовое планирование – это процесс подготовки управленческого решения, основой которого является всесторонняя обработка исходной информации, включающая в себя выбор целей, определение средств и направлений их достижения [3, с. 213]. На рис. 2 представлена последовательность этапов стратегического планирования промышленного предприятия.

Концепция формирования стратегии базируется на трех элементах, таких как продукт, рынок и предприятие. Факторы внешней среды оказывают либо прямое воздействие на компанию, либо косвенное, воздействуя через рынок. В качестве любой модели стратегического планирования предлагается трехуровневая модель, основанная на классическом представлении стратегического управления предприятием (рис. 3).

Недопустимо изолированно рассматривать все представленные инструменты разработки стратегии: этапы разработки, пересекаясь в отдельных алгоритмах,



Рис. 1. Схема стратегического планирования



Рис. 2. Этапы стратегического планирования

представляют собой монолитный алгоритм процесса формирования стратегии. Многие этапы сопровождаются конкретными рабочими документами, регламентирующими деятельность служб пред-

приятия по управлению инновационной, маркетинговой, финансовой деятельностью [4, с. 28].

Понимание финансового планирования как стратегии, утвержденной



Рис. 3. Уровни формирования стратегии

собственниками бизнеса, и как научно обоснованной менеджерами компании в долгосрочной, среднесрочной и краткосрочной перспективе и выраженной в количественных и качественных показателях совокупности планов может способствовать укреплению значения финансового планирования в качестве необходимого инструмента ведения бизнеса.

Таким образом, формирование системы стратегического планирования на предприятиях приобретает все большее значение. Система стратегического планирования может создать ряд существенных благоприятных факторов для деятельности компании. Знание того, какие цели ставит перед собой предприятие, помогает выбрать наиболее подходящие способы их реализации.

Ввиду изложенного материала система стратегического планирования позволяет создать единство общей цели внутри предприятия, что способствует в конечном

итоге росту его эффективности и конкурентоспособности.

### Цитированная литература

1. **Болдырева М.Н.** Финансовое планирование на предприятиях в современных условиях // Проблемы современной экономики. – 2014. – № 21. – С. 131.
2. **Савчук В.П.** Управление финансами предприятия. – М.: Бином; Лаборатория знаний, 2015.
3. **Адаменко Ю.А.** Финансовое планирование на предприятии // Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития. – 2013. – № 6. – С. 213.
4. **Мигунова Г.С.** Проблемы и перспективы конкурентоспособности регионов РФ при переходе к цифровой экономике // Матер. Междунар. науч.-практ. конф. «Национальная безопасность России: угрозы и стратегические приоритеты». – М.: Картуш, 2018.

УДК 657

## УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СУЖДЕНИЯ БУХГАЛТЕРА В ПРИДНЕСТРОВСКОЙ МОЛДАВСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

*Н.В. Зеленин*

*Рассматриваются вопросы правового обеспечения формирования профессионального суждения бухгалтера с учетом требований МСФО и нормативных актов ПМР. Излагаются правовые особенности принятия решения о формировании и последующем применении суждения при составлении специалистами бухгалтерской и финансовой отчетности в условиях возможности выбора вариантов учета и в случаях возникновения повышенных рисков и неопределенности. Уделяется внимание правовому обоснованию необходимости раскрытия в отчетности информации о применяемых профессиональных суждениях. Отмечаются квалификационные требования к бухгалтеру.*

**Ключевые слова:** профессиональное суждение бухгалтера, правовая основа применения суждения бухгалтера, бухгалтерская и финансовая отчетность, учетная политика организации, правовая неопределенность, квалификация бухгалтера.

## CONDITIONS FOR FORMATION AND APPLICATION OF PROFESSIONAL JUDGMENT OF THE ACCOUNTANT IN THE PRIDNESTROVIAN MOLDAVIAN REPUBLIC

*N.V. Zelenin*

*This article deals with the issues of legal support for the formation of the professional judgment of an accountant, taking into account the requirements of IFRS and normative acts of the PMR. The author describes the legal features of the decision-making on the formation and the subsequent application of judgment in the preparation by experts of accounting and financial reporting in terms of the possibility of choosing accounting options and in cases of increased risks and uncertainty. The article focuses on the legal justification for the need to disclose in the reporting information about the applicable professional judgments and qualification requirements for an accountant.*

**Keywords:** professional judgment of an accountant, the legal basis for the application of the judgment of an accountant, accounting and financial statements, accounting policy of the organization, legal uncertainty, qualification of an accountant.

Перевод бухгалтерского учета Приднестровской Молдавской Республики на Международные стандарты финансовой отчетности (МСФО) усиливает необходимость нормативного и профессионального регулирования при формировании достоверной информации бухгалтерской (финансовой) отчетности предприятия, на основе которой пользователи могут принимать экономически обоснованные управленческие решения. Если нормативная база бухгалтерского учета в Приднестровье разработана достаточно полно, то правовая

основа и практика применения профессионального суждения бухгалтера в условиях выполнения требований МСФО вызывают необходимость подробного изучения.

Формулируя профессиональное суждение как единственно приемлемое средство отражения фактов хозяйственной жизни организации в условиях неопределенности, практические работники нуждаются в правовом обосновании формирования и применения профессионального суждения. Например, при возникновении ситуаций неопределенности нормативно-

правовых актов в ходе учетной работы или при выявлении тенденций вариации показателей финансовой отчетности в зависимости от правовой обоснованности формирования профессионального суждения.

Вопросами применения профессионального суждения в последние годы активно занимаются как российские, так и приднестровские ученые-экономисты. Н.В. Генералова рассматривает профессиональное суждение как идентификацию фактов хозяйственной жизни при отсутствии конкретных нормативных указаний, в условиях неопределенности и при несогласии с конкретными нормативными указаниями. А.А. Ефремова выделяет его как практически единственный инструмент, позволяющий выработать ту или иную позицию по учету «нестандартных» ситуаций. Рассматриваемая тема нашла свое отражение в работах Т.Ю. Дружиловской, Т.Н. Коршуновой, И.Ю. Никонова, С.А. Рассказовой-Николаевой, Е.В. Саталкина, Я.В. Соколова, Т.П. Стасюк, З.С. Туякова.

По мнению профессора С.А. Рассказовой-Николаевой, система нормативного регулирования бухгалтерского учета должна давать возможность однозначной трактовки отдельных положений исходя из принципов и структуры ее построения. Если действующее законодательство противоречиво излагает норму в отношении одного и того же способа ведения бухгалтерского учета и при этом невозможно определить правильность той или иной трактовки нормативного акта, то данная ситуация также представляет собой область применения профессионального суждения. Однако следует отметить, что прямое определение такого понятия, как профессиональное суждение, в нормативных актах по бухгалтерскому учету Приднестровья и других стран отсутствует, тем не менее имеют место отдельные косвенные указания на уместность использования профессионального суждения в

практике учетной работы предприятий. Данное обстоятельство подчеркивает актуальность исследуемой темы.

Особенностью современного бухгалтерского учета является увеличение количества ситуаций, в которых требуется применение профессионального суждения бухгалтера, поскольку, когда в отношении конкретного объекта законодательством не установлен способ ведения бухгалтерского учета, такой способ разрабатывается самостоятельно исходя из принципов и требований, установленных национальным законодательством и МСФО [1, 2].

Правовой основой формирования и применения профессионального суждения бухгалтера в Приднестровье является Закон ПМР «О бухгалтерском учете и финансовой отчетности», который определяет принципы и правила ведения учетной работы [3]. Действующие Стандарты бухгалтерского учета (СБУ) ПМР и МСФО регламентируют организацию и ведение бухгалтерского учета в республике [1, 2]. Они содержат важные с правовой точки зрения аспекты, которые необходимо учитывать при формировании профессионального суждения. Так, СБУ № 8 «Учетная политика, изменения в расчетных бухгалтерских оценках и ошибки», разработанный на основе МСФО (IAS8), определяет формирование и последующее применение профессионального суждения при осуществлении учетной политики и бухгалтерских оценок [4]. СБУ № 1 «Представление финансовой отчетности» закрепляет требования по применению профессионального суждения для наилучшего способа представления отчетной информации [5]. Другие Стандарты бухгалтерского учета регламентируют процесс формирования суждения, касающегося отнесения объекта к основным средствам, сроков полезного использования, выбора метода амортизации актива, признания нематериального актива, выбора функциональной валюты, детализации ин-



формации о связанных сторонах, определения возмещаемой стоимости обесцененного актива и условий признания оценочных обязательств или инвестиционного актива. Стандарты бухгалтерского учета затрагивают вопросы формирования профессионального суждения бухгалтера при подготовке бухгалтерской (финансовой) отчетности для раскрытия информации о финансовых инструментах и связанных с ними рисках.

Как видим, спектр применения профессионального суждения бухгалтера весьма широк, что приводит к невозможности полностью раскрыть в одном юридическом определении суть термина. Однако можно отметить главный принцип профессионального суждения: его цель должна совпадать с общей целью формирования бухгалтерской отчетности, которая заключается в составлении достоверной информации о деятельности организации.

Нет необходимости перечислять в определении суждения конкретные ситуации, в которых оно может применяться. Таких ситуаций много, их перечень сделает определение слишком громоздким, но оно все равно не будет исчерпывающим.

При сопоставлении категорий «учетная политика» и «профессиональное суждение» в правовом аспекте учетным специалистам следует понимать, что в сферу учетной политики, в первую очередь, входит проработка самих нормативных документов применительно к особенностям предприятия. И только когда в нормативных документах отсутствует однозначно сформулированная норма, бухгалтер делает вывод о необходимости применения профессионального суждения и приступает к его формированию. При этом в рамках учетной политики рассматриваются принципы, методы, способы и приемы учета. Для компетентного формирования профессионального суждения при выработке учетной политики бухгалтер должен при-

менять все свои знания, умения и навыки и, естественно, обладать соответствующей квалификацией.

Под неопределенностью законодательства и нормативных актов подразумеваются ситуации, когда нормы противоречат друг другу, или отсутствуют необходимые нормы, или имеющиеся нормы носят общий характер, а специфика деятельности требует обязательной конкретизации, или нормы установлены, но их применение не обеспечивает отражения достоверной информации. Разрешение таких неопределенностей в законодательных и нормативных актах целесообразно начинать с анализа, руководствуясь принятыми в юридической практике правилами. В соответствии с этими правилами нормативный акт более высокого уровня управления превалирует над актом более низкого уровня или при различии между актами различной юридической силы предпочтение отдается акту большей юридической силы. Разногласие между общей и специальной правовыми нормами разрешается в пользу специальной нормы, а среди нормативных актов, вступивших в силу в разное время, более весомый тот, который был принят позже. После проведенного анализа можно приступить к формированию профессионального суждения, понимая, что на практике возникают ситуации, когда не все противоречия в законодательных и нормативных актах разрешаются с помощью вышеуказанных правил. Следовательно, в отдельных, исключительных случаях бухгалтер может отступать от действующих правил, если они не обеспечивают необходимой достоверности, и руководствоваться принципом «что не запрещено, то разрешено», при этом мыслить категориями, которые помогают в разработке и доработке норм законодательных и нормативных актов, таким образом обосновывая с правовой точки зрения свое профессиональное суждение [6, 7].

Принятию решения о формировании профессионального суждения бухгалтера всегда предшествует изучение первичных документов, отражающих факт хозяйственной жизни предприятия. В соответствии с нормативными актами компания должна применять формы документов, содержащиеся в альбомах унифицированной учетной документации. Если данные формы отсутствуют, то организация вправе самостоятельно разработать необходимые формы документов с соблюдением перечня обязательных реквизитов, указанных в Законе ПМР «О бухгалтерском учете и финансовой отчетности» [8]. Составление форм учетных документов и внесение в них дополнительных реквизитов выполняется на основе суждения учетного специалиста. В некоторых случаях типовые первичные документы требуют дополнительных реквизитов или увеличения количества показателей, чтобы сделать информацию, предназначенную для пользователей, более подробной и достоверной. Вместе с тем следует соблюдать принцип разумной достаточности и не вносить в первичные документы излишних данных, что также является сферой суждения учетного специалиста и зависит от его опыта и квалификации. В практике бывает так, что информация, подготовленная с большими затратами средств и сил, оказывается ненужной при принятии управленческих решений, и в этом случае применение профессионального суждения бухгалтера становится оправданным.

Границы применения профессионального суждения в бухгалтерском учете нормативными актами не установлены. Поэтому предполагается, что основанием для правового обоснования суждения служат знания, квалификация и опыт специалиста, проявленные в условиях неопределенности, необходимости дополнительной информации для решения нестандартных ситуаций, отсутствия регламентирующих

правил и однозначных методологических требований. При этом обязательным условием внесения сведений в учетную политику организации является соблюдение таких принципов, как уместность, понятность, осмотрительность [8].

Как нормативный документ, регламентирующий ведение бухгалтерского учета, учетная политика организации в целом является профессиональным суждением бухгалтера. Данный документ в общем случае представляет собой подробную проработку нормативных документов применительно к особенностям функционирования экономического субъекта и включает такие элементы, как вариативность выбора методов учета, специфика условий производственной деятельности, неопределенность законодательной базы, оценка будущих экономических выгод, факты хозяйственной жизни предприятия и событий. Именно поэтому профессиональное суждение на всех этапах бухгалтерской деятельности является эффективным инструментом разрешения противоречий действующих нормативных актов и определяется в конечном итоге внутренними регламентами предприятий. При этом надежность информации обеспечивается не всегда, существует вероятность искажения и субъективности.

Выработанное учетным специалистом профессиональное суждение является важной особенностью МСФО, позволяющей снизить риски и уровень неопределенности при формировании бухгалтерской отчетности [9]. При этом оно не основано на распоряжениях руководителя, мнениях специалистов или требованиях учредителей. Решение о проведении в учете того или иного факта хозяйственной жизни бухгалтер принимает самостоятельно исходя из экономической политики предприятия, принципов и требований, содержащихся в нормативных документах по организации бухгалтерского учета, на основании собственного опыта и квалификации. Про-

профессиональное суждение специалист регулярно формирует и применяет при составлении отчетности и выборе методик отражения тех или иных операций в учетной политике, что требует аналитического и творческого подхода. Творчество предполагает необходимость разработки и обоснования на базе нормативных положений МСФО и своих знаний и опыта варианта решения возникшей неопределенности [7].

Наиболее распространенными случаями применения профессионального суждения при формировании учетной политики организации являются: выбор метода начисления амортизации и групп основных средств, метода списания малоценных основных средств, метода учета активов при наличии выбора в соответствующем стандарте – по амортизируемой или по справедливой стоимости, валюты отчетности, лимита стоимости основных средств и нематериальных активов, при превышении которого объект целиком списывается на затраты при первоначальном признании, метода учета государственных субсидий и грантов и т. д.

При формировании учетной политики для каждого предприятия рассчитывается порог существенности, показатель которого принимается только на основании профессионального суждения. Данные о суммах показателей отчетности, выходящих за пределы существенности, должны раскрываться в пояснительной записке в соответствии с суждением бухгалтера. Кроме того, в пояснительной записке отмечаются показатели, которые не отражаются в формах отчетности, но имеют важное значение для пользователей. С величиной уровня существенности соотносятся также ошибки в предыдущих отчетных периодах, и если они не превышают принятой величины, то можно не вносить коррективы в отчетность.

Примерами использования профессионального суждения в условиях рыночной

экономики могут служить случаи, когда предприятие приобретает недвижимость, в частности квартиры. Для проведения операции в учете и признания данной недвижимости в балансе учетный специалист применяет свое суждение, чтобы определить, на какой счет следует отнести приобретенный объект. В случае если квартира предназначена для служебного пользования, то ее необходимо отнести к объекту основных средств. Если планируется сдавать квартиру в аренду, она должна быть отражена в качестве инвестиционной недвижимости. Если квартира приобретена для последующей перепродажи, то она отражается в составе активов, предназначенных для продажи.

Профессиональное суждение бухгалтер применяет и при оценке заключенных организацией договоров. Особое внимание при этом необходимо обратить на соответствие договоров аренды условиям операционной или финансовой аренды. В данном случае для бухгалтера приоритетом является экономическое содержание, а не юридическая форма [8]. Если в содержании договора есть признаки финансовой аренды, а в тексте договора прописана операционная аренда, то объект должен быть принят на баланс как по договору о лизинге. Так, например, если актив сдается или принимается в аренду на срок его полезного использования, а право собственности остается у арендодателя, следует заключать договор лизинга, поскольку существуют все признаки финансовой аренды.

Необходимо уделить внимание рассмотрению затратных договоров. Может сложиться ситуация, когда исходя из принципа осмотрительности бухгалтер отражает факт хозяйственной жизни, связанный с понесенными затратами, без наличия первичной документации за тот отчетный период, в котором они были понесены, а не когда она поступила в организацию с определенной задержкой.

Что касается признания выручки, то согласно СБУ № 18 (МСФО 18) выручка должна признаваться только при выполнении критериев признания, в отношении которых бухгалтер выносит профессиональное суждение. Выручка в отчетности не отражается, если не выполнены критерии признания.

При оценке обесценения активов также применяется профессиональное суждение. Анализ признаков обесценения производится бухгалтером или другим уполномоченным лицом, и если признаки обесценения актива подтверждаются, то признается убыток от обесценения в текущем периоде. В будущих отчетных периодах этот убыток может быть восстановлен.

Профессиональное суждение практически всегда применяется в ходе начисления резервов при формировании бухгалтерской отчетности и регламентируется СБУ № 37 (IAS 37). Так как документального подтверждения возможного оттока денежных средств нет, срок и сумма неизвестны, то все резервы формируются на основании суждения специалиста. Если имеющееся обязательство можно оценить, то оно оценивается и резерв признается. При невозможности оценить обязательство в примечании к отчетности раскрывается условное обязательство, которое подкрепляется соответствующими подтверждающими документами ответственных лиц предприятия. Вообще резервы начинают создавать при возникновении ситуации, когда организация имеет юридическое или традиционное обязательство, обусловленное событием в прошлом, и вероятность погашения обязательства за счет резерва высока, а величину обязательства можно обоснованно оценить. Кроме этого, предприятие создает резервы на реконструкцию, судебные тяжбы, гарантийное обслуживание, при возникновении вмененной обязанности и по обязательным контрактам [8, 9].

Сфера применения профессионального суждения в условиях перехода экономики Приднестровской Молдавской Республики на Международные стандарты финансовой отчетности существенно расширилась. Однако практика показывает, что учетные специалисты и руководители недостаточно активно применяют суждение в повседневной деятельности в силу отсутствия глубоких разносторонних юридических и экономических знаний. Вместе с тем очевидно, что одним из важных условий принятия решения о формировании профессионального суждения и последующей его разработки является наличие у учетного специалиста соответствующего опыта, знаний и квалификации. Не каждый бухгалтер обладает компетенцией и может сформировать суждение, поэтому, по нашему мнению, целесообразно рассмотреть на республиканском уровне вопрос о введении процедуры аттестации учетных работников с присвоением им соответствующей профессиональной квалификации. Это позволит выделить в системе бухгалтерского учета специалистов, обладающих глубокими знаниями (подтвержденными квалификационным аттестатом), интеллектуальным потенциалом и способностью сформировать сложное профессиональное суждение в соответствии с требованиями МСФО.

Профессиональное суждение бухгалтера является результатом знаний, опыта, компетентности специалиста и юридически оформляется в качестве документа, содержание которого включается в состав учетной политики организации. Основой формирования суждения выступают принципы финансовой отчетности: понятность, уместность, надежность и сопоставимость. Учесть эти требования во взаимосвязи под силу квалифицированному бухгалтеру. Под квалифицированным бухгалтером понимается специалист, имеющий стаж работы бухгалтером, включая стаж в должности

главного бухгалтера, не менее 5 лет, успешно сдавший аттестационные испытания и получивший от уполномоченного органа исполнительной власти свидетельство о присвоении соответствующей профессиональной квалификации. В этом случае можно с большой долей уверенности полагать, что суждение бухгалтера будет составлено компетентно, с учетом всех требований нормативных документов.

### Цитированная литература

1. Инструкция «Принципы подготовки и составления финансовой отчетности в Приднестровской Молдавской Республике». Утв. Приказом МФ ПМР от 13.04.2009 г. № 94 // САЗ 09-20.
2. Инструкция «О формате финансовой отчетности, порядке ее составления и представления органам государственной власти». Утв. Приказом МФ ПМР от 21.07.2010 г. № 133 // САЗ 10-34.
3. Закон ПМР «О бухгалтерском учете и финансовой отчетности» от 17.08.2004 г. // САЗ 04-34.
4. Стандарт бухгалтерского учета № 8 «Учетная политика, изменения в расчетных бухгалтерских оценках и ошибки». Утв. Приказом МФ ПМР № 111 от 30.04.2009 г. // САЗ 09-22.
5. Стандарт бухгалтерского учета № 1 «Представление финансовой отчетности». Утв. Приказом МФ ПМР № 76 от 26.04.2010 г. // САЗ 10-23.
6. Стандарт бухгалтерского учета № 16 «Основные средства». Утв. Приказом МФ ПМР № 175 от 02.07.2009 г. // САЗ 09-32.
7. **Зеленин Н.В.** Профессиональное суждение при формировании финансовой отчетности предприятия // Современные аспекты развития финансовой и кредитной системы Приднестровской Молдавской Республики: матер. науч.-практ. конф. ПГУ им. Т.Г. Шевченко (4 мая 2018 г.). – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2018.
8. **Стасюк Т.П., Смоленский Н.Н., Жигарева Е.Л. и др.** Основы бухгалтерского учета: учебное пособие. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2013.
9. **Зеленин Н.В., Юрко Е.С.** Правовая основа и некоторые аспекты применения профессионального суждения бухгалтера при учете основных средств организации в Приднестровской Молдавской Республике // Современные аспекты развития финансовой системы Приднестровской Молдавской Республики: матер. Республ. «круглого стола». – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2018.

УДК 336.67

## ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ФИНАНСОВУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ

Ю.В. Каприян, В.В. Барыкина, Д.В. Левицкий

*Приводится актуальность темы исследования для предприятия. Рассматриваются различные точки зрения ученых-экономистов по поводу финансовой устойчивости компании. Отмечаются финансовые показатели определения финансовой устойчивости, а также факторы, влияющие на уровень финансовой устойчивости предприятия.*

**Ключевые слова:** финансовая устойчивость, хозяйствующий субъект, финансовые риски, факторы, финансовые коэффициенты.



## FACTORS INFLUENCING THE FINANCIAL STABILITY OF THE ENTERPRISE

*Yu.V. Kapriyan, V.V. Barykina, D.V. Levitskiy*

*The article deals with the relevance of the research topic for an enterprise. The various points of view of economists about the financial sustainability of the enterprise are considered. The authors cite the financial indicators for determining financial stability, and as well as factors affecting the level of financial stability of an enterprise.*

**Keywords:** *financial stability, business entity, financial risks, factors, financial ratios.*

В современных экономических условиях одной из приоритетных целей предприятия является обеспечение финансовой устойчивости. Требования окружающей среды очень высоки, и руководство предприятия стремится сохранить его деятельность, при этом не неся никаких денежных потерь. Хозяйствующий субъект всегда ориентируется на финансовые результаты и показатели, которые необходимо постоянно отслеживать и анализировать, иначе могут приблизиться риски. Руководство компании проводит оценку и анализ не только финансовых показателей, отражающих финансовое состояние предприятия, но и факторов, которые могут вызвать негативные изменения или привести к определенным угрозам и повлиять на общее финансовое состояние, в том числе на финансовую устойчивость.

Любой хозяйствующий субъект, обеспечивая финансовую устойчивость, сохраняет не только сегодняшнюю операционную деятельность и будущее функционирование, но и инвестиционную привлекательность предприятия.

В теории финансового менеджмента проблемы финансовой устойчивости предприятия рассматривали Т.Н. Батова, Л.П. Кураков, Г.В. Савицкая, А.Д. Шеремет и др.

Финансовую устойчивость предприятия можно определить как способность компании вести свою деятельность таким образом, чтобы сохранить сбалансированность между денежными потоками и источниками финансирования деятельно-

сти, инвестиционную привлекательность предприятия и возможность развиваться дальше, поддерживая конкурентоспособность выпускаемой продукции на рынках [1, с. 275].

О финансовой устойчивости предприятия судят исходя из расчета финансовых показателей, таких как коэффициент финансовой устойчивости, коэффициент автономии, коэффициент финансирования, коэффициент маневренности собственных оборотных средств. Рассмотрим перечисленные финансовые коэффициенты.

*Коэффициент финансовой устойчивости* рассчитывается как соотношение суммы собственного капитала предприятия и долгосрочных пассивов (кредитов и займов) – в числителе и суммы собственного и заемного капитала или валюты баланса – в знаменателе. Оптимальным значением является 0,8–0,9, при этом минимально допустимое значение 0,5. Если предприятие выдерживает оптимальное значение на предлагаемом уровне, то 10–20 % от общей суммы капитала рекомендуется использовать на краткосрочные пассивы (кредиты, займы, кредиторская задолженность). Если коэффициент отношения суммы собственного капитала к валюте баланса не может быть меньше 0,5, то 30–40 % заемного капитала рекомендуется направить на долгосрочные пассивы (кредиты, займы). Таким образом, предприятие использует до 50 % заемного капитала, который в большей части носит долгосрочный характер и является



источником финансирования с пониженными рисками. Краткосрочные пассивы носят более рискованный характер, так как придется возвращать денежные средства в скором будущем, а долгосрочные пассивы имеют более длительный временной лаг по возврату заемных денежных средств.

*Коэффициент финансирования* рассчитывается как соотношение суммы собственного капитала и суммы заемного капитала. Рекомендуемое значение не ниже 1, т. е. для сохранения финансовой устойчивости предприятия сумма собственного капитала должна превышать заемный либо равняться ему.

*Коэффициент автономии* представляет собой соотношение суммы собственного капитала предприятия и валюты баланса. Рекомендуемая нижняя граница не ниже 0,5. Это означает, что в общей сумме капитала компании собственного капитала не может быть меньше 50 %.

*Коэффициент маневренности собственных оборотных средств* рассчитывается как отношение собственных оборотных средств к сумме собственного капитала. Рекомендуемое значение 0,2, а минимально допустимое значение 0,1. Это означает, что собственных оборотных средств в сумме собственного капитала должно быть около 20 %, минимум 10 %. Собственные оборотные средства представляют собой разность между суммой оборотных активов и суммой краткосрочных обязательств. Для обеспечения финансовой устойчивости эта разность должна быть положительной величиной.

Если у предприятия отмечаются нормативные значения перечисленных финансовых коэффициентов, то можно говорить о нормальном уровне финансовой устойчивости. Если же какой-то из показателей ниже рекомендуемого значения, то необходимо проанализировать ситуацию и выявить показатель, влияющий на снижение финансовой устойчивости предприятия.

Если происходит снижение, то руководство и ученые делают вывод о реализации риска снижения финансовой устойчивости предприятия. Для предприятия основными рисками являются: риск снижения ликвидности (платежеспособности) и риск снижения финансовой устойчивости [2, с. 520].

Далее рассмотрим и проанализируем факторы, влияющие на уровень финансовой устойчивости предприятия. Ученые по-разному классифицируют их. Так, Т.У. Турманидзе выделяет внешние и внутренние, переменные и постоянные факторы [3]. М.А. Круглова в своей классификации кроме указанных признаков добавляет количественные и качественные, а также первого, второго и третьего уровней [4, с. 148].

Проанализируем факторы с точки зрения вероятности их возникновения, возможности влиять на них, т. е. внешние и внутренние факторы.

*Внешние факторы* находятся во внешней среде, предприятие в основном не способно воздействовать на них, тем самым их негативное влияние не может быть предотвращено. Компания в этом случае только принимает решение относительно ликвидации негативных последствий в виде потерь и убытков. К внешним факторам обычно относится: политическая ситуация в стране, экономическая ситуация внутри государства и в мировой экономике, состояние законодательной базы и рынка труда. Среди перечисленных факторов приоритетное значение имеет экономическое положение в стране и в мировой экономике.

Под экономической ситуацией понимается состояние финансовой системы государства, макроэкономические показатели. В свою очередь, финансовая система государства включает несколько элементов, таких как государственные и муниципальные финансы, финансы предприятий, финансы домашних хозяйств, страхование. Именно от состояния финансовой системы зависит и общая макроэкономическая

ситуация. Государство формирует финансовую систему различными методами прямого и косвенного воздействия – налоговой, валютно-кредитной, таможенной политикой и др. [5, с. 120]. Эти политики напрямую влияют на деятельность предприятия и на его финансовые результаты, в том числе на финансовую устойчивость. Особенно следует выделить кредитную политику. Для хозяйствующего субъекта важное значение имеют вопросы о том, по какой процентной ставке коммерческий банк предоставит ему заемные средства, в каком объеме можно привлечь в деятельность заемные средства, долгосрочный или краткосрочный характер будут носить заемные средства как пассивы. Отвечая на них, руководство в том числе определяет уровень финансовой устойчивости предприятия.

Компания, ведущая внешнеэкономическую деятельность по продаже готовой продукции или закупке сырья за рубежом, также в первую очередь будет обращать внимание на значения и состояние таможенных пошлин. Государства с развивающейся рыночной экономикой в основном стремятся пополнить бюджет за счет таможенных пошлин, поднимая их уровень. Предприятие оплачивает таможенные пошлины из своих денежных средств. Поэтому при росте пошлин компания должна определить источник увеличения расходов: или повышение цен на готовую продукцию, или изыскание внутреннего резерва.

К *внутренним факторам* предприятия, влияющим на его деятельность, можно отнести отраслевую принадлежность, состояние имущества и финансовых ресурсов, компетентность руководителей при принятии решений. Среди этих факторов большее значение имеет состояние имущества и финансовых ресурсов [6].

Выше были описаны финансовые коэффициенты, по результатам расчета

которых определяется уровень финансовой устойчивости. Для их расчета используются данные о состоянии имущества предприятия и финансовых ресурсов. Финансовая структура организации в основном состоит из собственного капитала, источниками которого являются выручка от реализации продукции, благотворительная помощь, доходы от размещения финансовых активов. По установленному алгоритму формируется сумма чистой прибыли предприятия, которая распределяется в резервы, направленные на его развитие. Руководство компании разрабатывает финансовую политику относительно источников финансирования текущей и перспективной деятельности предприятия. Хозяйствующий субъект должен привлекать заемный капитал для развития и достижения поставленных целей. В большинстве случаев предприятие, привлекая заемный капитал, увеличивает рентабельность собственного капитала. При правильном использовании заемного капитала компания получает увеличенную сумму собственного капитала, что дает возможность реализовывать внутренние инвестиции.

Подводя итог вышеизложенному, следует отметить основные аспекты темы исследования. Во-первых, в современных достаточно сложных экономических условиях хозяйствующим субъектам необходимо удерживать конкурентоспособность продукции и предприятия. Одним из финансовых критериев успешной деятельности предприятия является финансовая устойчивость. Во-вторых, финансовая устойчивость – это такая финансовая категория, которая продолжает вызывать интерес ученых. Это связано с необходимостью проводить постоянный мониторинг ее уровня с целью предотвращения угроз и рисков, способных негативно влиять на деятельность компании. В-третьих, на практике применяется несколько финансовых коэффициентов, по результатам рас-

четов которых руководители предприятия могут делать вывод не только об уровне финансовой устойчивости, но и о влиянии определенных показателей на деятельность фирмы. В-четвертых, на уровень финансовой устойчивости предприятия оказывают воздействие факторы внешнего и внутреннего характера. Приоритетным внешним фактором является экономическая ситуация внутри государства и в мировой экономике, а среди внутренних факторов наибольшее значение имеет состояние имущества и финансовых ресурсов.

### Цитированная литература

1. Толмачева И.В., Китикарь О.В. Теоретические основы финансовой стабилизации деятельности предприятия // Молодой ученый. – 2017. – № 1. – С. 273–276.

2. Толмачева И.В. Финансовые риски предприятий в современных экономических условиях // Экономика и предпринимательство. – 2016. – № 1, ч. 1. – С. 519–522.

3. Турманидзе Т.У. Финансовый анализ: учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Юнити-Дана, 2013.

4. Круглова М.А. Классификация факторов, влияющих на финансовую устойчивость предприятия // Актуальные направления научных исследований: перспективы развития: матер. IV Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 10 дек. 2017 г.): в 2 т. Т. 2. – Чебоксары: Интерактив плюс, 2017.

5. Миронова С.А. Факторы, влияющие на финансовую устойчивость предприятия // Молодой ученый. – 2018. – № 37. – С. 118–121.

6. Гелета И.В., Дьяченко Е.И. Факторы финансовой устойчивости предприятия // Гуманитарные научные исследования. – 2015. – № 6, ч. 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://human.snauka.ru/2015/06/11517>.

УДК 336.5 (478)

## СОЦИАЛЬНАЯ ПОЛИТИКА ПМР В УСЛОВИЯХ СТАГНАЦИИ ЭКОНОМИКИ

О.А. Кискул

*Рассмотрена сущность социальной государственной политики. Охарактеризован теоретический аспект моделей социальной политики государства. Изучена структура расходов госбюджета ПМР с целью определения финансового обеспечения социально-экономического развития государства.*

**Ключевые слова:** государственная социальная политика, сущность социальной политики, модели социальной политики.

## SOCIAL POLICY OF THE PMR IN CONDITIONS OF ECONOMIC STAGNATION

О.А. Kiskul

*The article considers the essence of social state policy. The theoretical aspect of models of social state policy is described. The structure of state budget expenditures in order to determine the financial support of the socio-economic development of the state is studied.*

**Keywords:** social state policy, the essence of social policy, social policy model.

Одной из основных задач как экономически развитых, так и развивающихся стран является разработка и реализация социальной политики. Важнейшей характеристикой современных экономических условий хозяйствования выступает ускорение процесса изменений национальных и глобальных рынков, которые предъявляют совершенно новые, более жесткие требования ко всем субъектам рыночных отношений.

Именно поэтому государство, являясь основным гарантом общественного развития, сталкивается с необходимостью регулирования экономических процессов в интересах граждан. Рационализация государственной социальной политики продолжается и в настоящее время, что требует научного анализа данного процесса.

Обращают на себя внимание исторические вехи изучения человеком социальной политики государства. Основателями этого направления были такие ученые, как Платон, Аристотель, Г. Гегель, К. Маркс.

Экономист И.П. Николаев характеризует государственную социальную политику как комплекс мер государства по обеспечению социальной защиты человека, поддержанию определенного статуса различных социальных групп и созданию условий для всестороннего развития человека и общества [1, с. 14].

Социальная политика может быть современной и гуманистической лишь тогда, когда она умело вбирает в себя интересы классов и социальных групп, гармонизирует их и тем самым обеспечивает стабильность общества.

Ученые-экономисты исследуют социальную политику, акцентируют внимание на ее экономической составляющей: политике доходов, финансового обеспечения социальных проблем, расходов государства на социальную политику и т. д.

Проблема формирования и использования республиканских средств для

реализации приоритетных направлений социального развития государства приобретает особую актуальность в свете происходящих в Приднестровье преобразований, которые обусловлены необходимостью обеспечения эффективного функционирования экономического механизма, основанного на гармоничном сочетании государственного регулирования и инструментария развития процесса рыночной саморегуляции.

С целью изучения приднестровской социально-экономической системы с точки зрения распределения доходов государства были проанализированы доходы и расходы республиканского бюджета за 2012–2016 годы (см. таблицу).

Согласно данным Государственной службы статистики ПМР [2] в 2016 году по отношению к предыдущим периодам доходы государственного бюджета значительно снизились, что обусловлено как внутренними, так и внешними факторами, требующими взвешенного подхода к выбору инструментов регулирования в сочетании со своевременными и адекватными действиями всех ветвей власти.

Сокращение доходов не могло не отразиться на показателях расходов. Расходы значительно превышают доходы государственного бюджета за весь анализируемый период, наблюдается отрицательное сальдо государственного бюджета. Размер дефицита государственного бюджета по отношению к предыдущим периодам увеличивался и в 2016 году составил 1655,3 млн руб. Расходы республиканского бюджета колеблются, однако необходимо отметить, что в 2016 году расходы на здравоохранение, образование, социальное обеспечение увеличились по сравнению с 2015 годом (см. рисунок).

На диаграмме видно, что большую часть бюджетных средств государство расходует на социальные мероприятия. Ассигнования в сфере образования в 2016

## Доходы и расходы республиканского бюджета в 2012–2016 гг.\*

Показатель	2012 г.		2013 г.		2014 г.		2015 г.		2016 г.	
	Абсолютный, млн руб.	Относительный, %	Абсолютный, млн руб.	Относительный, %	Абсолютный, млн руб.	Относительный, %	Абсолютный, млн руб.	Относительный, %	Абсолютный, млн руб.	Относительный, %
Доходы – всего	2817,5	100	2855,9	100	3175,1	100	2325,1	100	2337,7	100
Расходы – всего	4021,8	100	3599,9	100	4073,1	100	3104,2	100	3993	100
В том числе:										
на экономику	137,9	3,4	147,5	4,1	139,2	3,4	98,5	3,2	120,5	3
на социально-культурные мероприятия	1848,2	46	1881,8	52	1991	49	1605,1	52	2034,3	50,9
– образование	843,8	21	890,4	25	954,1	23	779,1	25	998,7	25
– культуру, искусство, кинематографию	70,7	1,8	75,2	2,1	76,5	1,9	65	2,1	85,6	2,1
– здравоохранение	434,7	10,8	426,3	12	468,8	12	360,2	12	518,8	13
– социальное обеспечение	480,6	11,9	471,1	13	472,5	12	385,6	12	412,4	10,3
– науку	18,4	0,5	18,8	0,5	19,1	0,5	15,2	0,5	18,8	0,5
на поддержание общественного порядка, государственной безопасности и обороны	538,7	13,4	552,6	15	584	14	548,3	18	646,6	16,2
на содержание органов государственной власти и управления	174,8	4,3	165,8	4,6	168,7	4,2	143,4	4,6	191,2	4,8
прочие расходы	1322,2	32,9	852,2	24	1190,2	29	708,9	23	1000,4	25,1
Дефицит бюджета	1204,3		744		898		779,1		1655,3	

\* По данным Статистического ежегодника ПМР за 2017 год.

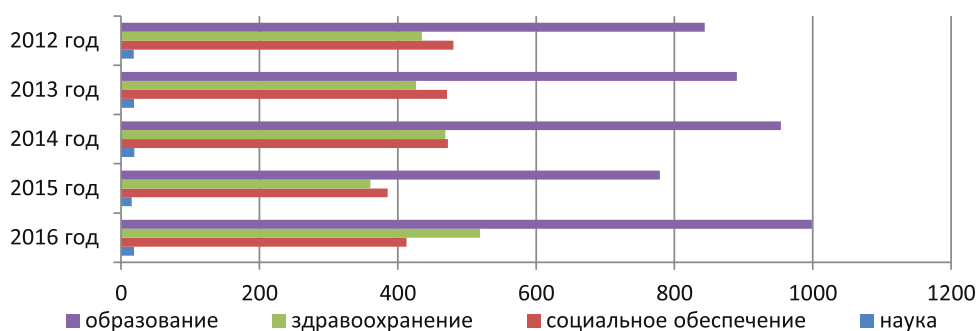


Рис. 1. Структура расходов государственного бюджета на социальные мероприятия, млн руб.

году составили 998,7 млн руб. На здравоохранение было выделено 518,8 млн руб., на социальное обеспечение граждан –

1412,4 млн руб. Меньше всего средств было направлено на финансирование науки – 18,8 млн руб.

Социальная политика государства реализуется через механизм государственных программ социального обеспечения и системы социальных услуг. При этом социальная политика принимается как стратегическое социально-экономическое направление, выбранное правительством страны для всестороннего развития граждан, обеспечивающее достойный уровень и условия их жизни и труда, их социальную защищенность.

Необходимо проанализировать и оценить мировой опыт формирования эффективной модели социальной политики государства с целью оптимизации социальной политики ПМР.

На формирование модели социальной политики государства оказывают влияние многие факторы – особенности государственного устройства, уровень экономического развития, исторические традиции страны и другие правовые и политические обстоятельства.

Научной литературе известны разные модели социальной политики. Основные из них:

- консервативно-корпоративистская модель (франко-германская);
- либеральная модель (Великобритания, США);
- социал-демократическая модель, или скандинавская (Норвегия, Швеция).

Модель социальной политики, реализуемая в той или иной стране, полностью определяется особенностями существующей там социально-экономической системы.

Центральная идея консервативной модели – упор на рынок и принцип социального страхования под государственным наблюдением. Данная модель основана на том, что труд определяет последующее социальное обеспечение. Для хорошо организованных рабочих в процветающих отраслях результат может быть очень высок. Проблемы возникают у тех слоев населения, которые не заняты постоянно или

вообще не заняты, и поэтому они не имеют страховок, а степень налогового перераспределения невелика. Они вынуждены рассчитывать на общественную помощь и местные благотворительные органы. Размер таких выплат обычно мал.

При либеральной модели государство принимает минимальное участие в решении социальных проблем (действует остаточный принцип социального обеспечения), а также незначительное участие в социальной политике.

Ее основной принцип – это адресность социальной помощи по критерию малообеспеченности.

Для социал-демократической модели характерен наиболее высокий по сравнению с описанными выше моделями уровень перераспределения доходов и социальных расходов. основополагающий принцип социального обеспечения – универсализм, который приводит к уравниванию доходов, в частности через налоговую политику (прогрессивная шкала налогообложения). Характеризуя финансовую основу данной модели, необходимо отметить, что она заключается в стремлении к полной занятости населения, эффективном производстве, стабильном уровне производительности, сильных объединениях работодателей и профсоюзов. Государство берет на себя основную ответственность по обеспечению определенного минимального социального стандарта благосостояния граждан, в результате чего жители максимально защищены от воздействия рынка на материальное благополучие членов общества.

Мнения специалистов относительно количества и специфики моделей разделяются, однако большинство аналитиков сходятся на том, что ни одно государство нельзя строго отнести к какому-либо определенному социальному режиму и есть смысл вести речь о гибридных типах социальной политики с заимствованием отдельных черт разных моделей [3, с. 100].



Отечественные и зарубежные авторы неоднократно обсуждали проблему выбора ориентиров социальной политики современным приднестровским обществом. И хотя мнения противоречивы, в целом ученые соглашались с тем, что переход к рыночной системе и новым общественным отношениям создал предпосылки для формирования новых концепций социальной политики в ПМР.

Можно предположить, что наиболее приемлемым направлением развития социальной политики будет создание материальных и социальных условий для самообеспечения экономически активного населения. Поэтому перспективной представляется разработка и внедрение социал-демократической модели.

Однако у данной модели есть недостатки – снижается социальная ответственность человека и трудовая активность. Возникает ситуация, когда отсутствует заинтересованность выполнять низкооплачиваемую работу, потому что можно просто получать пособие по безработице. При этом увеличиваются налоги на бизнес и на высокие доходы, что ведет к снижению деловой активности физических и юридических лиц.

Таким образом, сегодня одним из приоритетов государственной социальной политики является формирование такой модели, которая позволит достигнуть баланса между денежными доходами граждан и товарными ресурсами, создать условия для решения жилищной проблемы, удовлетворения спроса населения, роста его духовности, образованности и культуры. Любая модель социальной политики может быть действенной лишь при условии соответствующего организационного и финансового обеспечения. Финансирование социальных программ и других мероприятий, связанных с социальной политикой, находится в прямой зависимости от доли расхо-

дов на эту сферу в ВВП страны, а также от уровня доходов населения [4, с. 195].

Для решения существующих в государственной социальной политике проблем нельзя предлагать лишь социальную защиту или социальное обеспечение необеспеченным слоям населения, необходимо охватить такие направления финансовой политики, как бюджетно-финансовое, инвестиционное, ценовое, налоговое, денежно-кредитное и др. Развитие этих направлений повысит социально-экономическое развитие общества [5, с. 304].

Тем не менее разработка мероприятий, направленных на недопущение социального напряжения в обществе, остается в центре внимания органов государственного и местного управления ПМР. Социальная ориентация является приоритетом при принятии стратегических решений о направлениях развития экономики Приднестровья.

### Цитированная литература

1. **Николаев Г.А.** Сущность и основные признаки социального государства // Социальное государство: мировой опыт и реалии России. – М.: Академия труда и социальных отношений, 2011.
2. Официальный сайт Министерства экономического развития ПМР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mepmr.org/>
3. **Сидорина Т.Ю.** Институты самоорганизации граждан и развитие теории государства всеобщего благосостояния // Общественные науки и современность. – 2010. – № 5. – С. 87–100.
4. **Савченко И.А.** Модель социальной политики в современной России // Инновационная наука. – 2016. – № 3–4. – С. 192–195.
5. **Смирнова А.А., Егорова М.С.** Социальная политика России // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 5–2. – С. 302–304.

## САНАЦИЯ КОММЕРЧЕСКОГО БАНКА КАК СРЕДСТВО ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЕГО БАНКРОТСТВА

*Е.С. Костина, О.А. Кискул*

*Дается определение термина «санация», описываются признаки, которые указывают на необходимость проведения данной процедуры. Перечисляются преимущества осуществления санации, приводятся примеры ее выполнения в России и ПМР.*

**Ключевые слова:** санация, оздоровление, банк, оплата.

## COMMERCIAL BANK SANATION AS A MEANS OF PREVENTING ITS BANKRUPTCY

*E.S. Kostina, O.A. Kiskul*

*The authors give the term «sanation», signs which assume carrying out this procedure are described. The advantages of sanations are listed, the examples of its implementations in Russia and PMR are given.*

**Keywords:** sanitation, rehabilitation, Bank, payment.

В последнее время по отношению к коммерческим банкам все чаще применяется термин «санация», значение которого не всем известно. С латинского он переводится как оздоровление. Отсюда следует, что главной целью санации является оздоровление финансового состояния банка. Под санацией подразумевается комплекс мероприятий, направленных на восстановление платежеспособности банка и улучшение его финансового положения. Целями санации также выступает повышение эффективности работы банка и восстановление его конкурентоспособности на рынке, поскольку это является обязательным условием, позволяющим избежать банкротства [1, с. 777].

Существуют признаки, при которых следует назначить процедуру санации:

- невыполнение требований кредиторов по выплате обязательств в течение последних 6 месяцев;
- невозможность осуществления оплаты в течение 3 дней, связанная с отсутствием средств на корреспондентских счетах банка;
- несоблюдение нормативов, которые установил Центральный банк в отноше-

нии текущей ликвидности, а также в части показателей платежеспособности и минимальных размеров капитала банка;

- сокращение капитала по сравнению с предыдущим годом более чем на 20 %.

При выявлении любого из перечисленных признаков руководство банка приступает к проведению санации. Кроме того, данная информация должна быть представлена в Центральный банк. Если же эти признаки были обнаружены при проверке специалистами Центрального банка, то банку выносится предписание по их устранению или вводится принудительная процедура санации.

Санация банка представляет собой внесудебную процедуру, в рамках которой осуществляются следующие меры:

- финансовое оздоровление кредитной организации;
- назначение временной администрации;
- реорганизация кредитной организации.

Назначить проведение санации кредитной организации может как сам банк, так и Центральный банк. Законом о банкрот-

стве предусмотрена обязанность кредитной организации в лице ее участников, членов совета директоров, руководителя в случае возникновения оснований принять меры по ее финансовому оздоровлению или реорганизации.

Законом о банкротстве установлены два варианта проведения процедуры санации в зависимости от субъекта инициативы:

- добровольная санация;
- санация, осуществляемая по инициативе регулятора [2].

Добровольная санация исполняется самим банком по заключению руководящих органов, которые обращаются с ходатайством в Центральный банк. Инициатива Центрального банка вначале может быть оформлена в виде требования об осуществлении мер по финансовому оздоровлению кредитной организации.

Главное различие между санацией по инициативе самого банка и санацией по инициативе регулятора заключается в том, что второй вариант предусматривает более жесткий контроль за осуществлением мер по восстановлению экономической устойчивости кредитной организации, а также ограничение полномочий руководящих органов банка вплоть до приостановления полномочий исполнительных органов.

Почему выбор совершается в пользу проведения санации, а не признания банка банкротом? Дело в том, что процедура оздоровления в случае успешного выполнения имеет ряд преимуществ:

- проблемный банк продолжает работу, что выгодно для всех участников рынка;
- клиенты сохраняют свои вложенные средства в полном объеме;
- банковская система становится стабильнее, так как население не теряет к ней доверие.

В целом санация имеет позитивные последствия для клиентов банка, поскольку ее введение направлено на восстановление обычного финансового состояния кредит-

ной организации, что, собственно, позволяет сберечь активы клиентов, в то время как отзыв лицензии и последующее банкротство означают, что все кредиторы не получают возврата денежных средств ввиду отсутствия активов и денежных средств у банкрота [3].

Санация применяется почти во всех странах, когда возникает проблема с финансовым положением банков.

Так, в Европе данная процедура проводится при помощи единого механизма санации банков, который начал функционировать с 1 января 2016 года. Единый механизм санации – это система в области решения проблем банков, которая защищает налогоплательщиков от необходимости помогать банкам при наступлении не состоятельности.

Такое объединение обеспечивает стабильность европейской финансовой системы, способствуя предотвращению будущих кризисов посредством своевременного и эффективного разрешения локальных и крупных банковских проблем. С помощью данного механизма санации банков Европейский союз сделал важные шаги для того, чтобы устранить причины и последствия финансового кризиса 2008 года.

Благодаря внедрению указанной системы европейские банки на сегодняшний момент считаются высококапитализированными и обладают более эффективным управлением, способным весьма точно просчитывать возможность рисков. Европейская комиссия, однако, отметила, что даже при условии постоянного надзора, который направлен на предотвращение кризисов, банки все еще рискуют попасть в сложное финансовое положение.

В странах Азии также принято осуществлять процедуру санации. Например, в начале XX века новое правительство Японии задалось целью оздоровить финансовую систему и провести санацию банков. Данная программа получила название «Тотальный план оздоровления

банковских организаций». Был создан Комитет финансового оздоровления, который начал осуществлять надзор за банковскими организациями. Комитет финансового оздоровления и сегодня заставляет банки, которые обладают капиталом ниже минимума, наращивать капитал, или сливаться с другими банками, или закрываться.

Понятие банкротства в США используется в процессе описания всех видов несостоятельности. Процедура банкротства в этом государстве, права и обязанности предприятий по отношению к активам регулируются с помощью федерального законодательства.

Основная цель проведения процедуры санации в США заключается в достижении устойчивого финансового положения кредитных организаций, а также в выведении их из кризиса. Санация от внешнего управления отличается тем, что находится вне рамок банкротства, а это, в свою очередь, предоставляет существенные шансы на оздоровление кредитной организации.

Для России характерно большое количество попыток проведения санации даже некрупных и незначимых банков. Конечно же, при этом обязательно прослеживается связь между числом saniруемых банков и текущим финансовым состоянием страны в целом. Например, во время кризиса 2008–2009 годов Центробанк ввел процедуру финансового оздоровления в 14 банках. А за период с 2010 по 2013 год было проведено оздоровление всего в двух банках. После того как ухудшилось состояние экономики России, в 2014 и 2015 годах процедура санации была назначена соответственно 12 и 15 банкам. В 2016-м ситуация в целом не изменилась, а в 2017 году под санирование попали два крупнейших банка, а именно Банк Открытие и Бинбанк. Это во многом стало характеризовать важную особенность проведения в России процедуры финансового оздоровления, которая заключается в относитель-

но небольшом проценте успешно выполненных санаций [4].

В проведении санации также принимает участие управляющая компания Фонда консолидации банковского сектора. Денежные средства Фонда направляются на докапитализацию банка с целью установления контроля Банка России над проблемной кредитной организацией. Данный метод отличается от метода привлечения Агентства по страхованию вкладов мерами по предупреждению банкротства, поскольку Агентство предоставляет saniруемому банку кредитование на возвратной и платной основе.

Управляющая компания осуществляет следующие функции временной администрации:

- доверительное управление акциями кредитных организаций, передаваемыми ей в управление Банком России;
- доверительное управление правами по субординированным кредитам, иным кредитам, депозитам, банковским гарантиям, денежными средствами, иным имуществом, передаваемыми ей в управление Банком России, а также имуществом, полученным в процессе управления, и др.

Закрепление законом возможности санации банков посредством привлечения Фонда консолидации банковского сектора позволит Банку России самостоятельно направлять денежные средства на увеличение капитала проблемной кредитной организации, не привлекая средств Агентства по страхованию вкладов. Кроме того, такой подход позволит решить проблему недобросовестных инвесторов, которые принимают участие в санации банка с целью передачи последнему проблемных активов.

Однако в новшестве есть ряд недостатков. В частности, не решена проблема непрозрачности: непонятно, по какой причине в одних банках проводится процедура санации, а у других – отзывается лицензия. Это вызывает сплошное недоверие к действиям регулятора. Вместе с тем

эксперты в основном сходятся на том, что новый способ участия Банка России в санации будет более эффективным [5].

Если рассматривать ситуацию в ПМР, то санация была проведена в 2017 году. Процесс оздоровления прошли два банка, а именно Ипотечный и Тираспромстройбанк. Решение о процедуре, в частности о национализации этих банков, стало новшеством для руководства ПРБ. Такое решение оно приняло после того, как был осуществлен аудит проблемных банков. Процедура выполнялась с главной целью – защитить интересы вкладчиков.

При проведении аудиторской проверки два банка получили неудовлетворительную оценку, поскольку была выявлена недостаточность капитала (это значит, что акционерный капитал, который вложили собственники, уже был утрачен ввиду рискованной кредитной политики), а также невозможность обеспечить возвратность выданных кредитов. Чтобы избежать ситуации, когда могли пострадать вкладчики, ПРБ разработал комплекс мер. Решением стал процесс присоединения этих двух банков к Эксимбанку.

Процедура санации проходила в два этапа:

1) было создано агентство по проведению санации, взявшее на себя проблемные активы, т. е. кредиты, которые не вернут;

2) остальная часть активов и обязательств перед клиентами перешла к Эксимбанку.

Эти банки сохранили свои лицензии, они просто вошли в состав более мощного банка, так как он является финансово устойчивым. Все вклады, которые были оформлены в Ипотечном и Тираспромстройбанке, действительны, и договора остались неизменны, т. е. условия вкладов сохранились прежними, только ответственность была переложена на Эксимбанк. Единственным отличием стали номера счетов.

Проблемная ситуация возникла в том числе из-за того, что в республике коэффициент институциональной насыщенности банковскими учреждениями был очень высокий. Но самая главная проблема в том, что в этих банках маленький капитал и небольшая возможность выдачи кредитов и займов [6].

В России и ПМР применяется аналогичный подход, т. е. объединение банков, их оздоровление с последующей продажей. Проводя чистку финансового сектора, Центральные банки сокращают риски возникновения кризисов, а также борются с оттоком капитала из страны.

С проблемами финансового оздоровления сталкиваются не только Россия и Приднестровье, но и другие страны мира. Поэтому такое явление, как проведение санации, очень актуально в современной экономике.

## Цитированная литература

1. Новый экономический словарь / под ред. А.Н. Азрилияна. – 2-е изд. – М.: Институт новой экономики, 2007.
2. Федеральный закон Российской Федерации «О несостоятельности (банкротстве)» от 26.10.2002 г. № 127-ФЗ.
3. **Рябов Д.Ю.** Новый механизм санации Банком России коммерческих банков: причины и цели изменений // Управление экономическими системами. – 2017. – № 4(98) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/journal/n/upravlenie-ekonomicheskimi-sistemami-elektronnyy-nauchnyy-zhurnal/#/978784>
4. <https://www.sravni.ru/enciklopediya/info/sanacija/>
5. **Балакин И.А.** Совершенствование механизма санации банков // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2019. – № 4-1. – С. 17–20.
6. <https://novostipmr.com/ru/news/17-10-16/banki-ipotechnyy-i-tiraspromstroybank-budut-nacionalizirovany>

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РЯДА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ДИНАМИКУ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ РАБОТНИКОВ НАРОДНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

*Н.Г. Леонова, Н.В. Семенова, И.И. Журжи*

*Исследуется взаимосвязь заработной платы работников народного образования ПМР и социально-экономических показателей с помощью моделей множественной регрессии и их интерпретации.*

**Ключевые слова:** *заработная плата, индекс потребительских цен, прожиточный минимум, общие доходы бюджета, размер рабочей силы, ВВП, уравнение множественной регрессии.*

## ANALYSIS OF INFLUENCE OF A SERIES OF SOCIO-ECONOMIC INDICATORS ON THE DYNAMICS OF THE EARNING COST OF PUBLIC EDUCATION WORKERS

*N.G. Leonova, N.V. Semenova, I.I. Jurji*

*The article examines the interrelationship between the wages of workers in the public education of the PMR and socio-economic indicators with multiple regression models and interpret them.*

**Keywords:** *wages, consumer price index, subsistence minimum, total budget revenues, labor force size, GDP, multiple regression equation.*

Механизм формирования заработной платы в период трансформации экономической системы имеет особенности, связанные с кризисным состоянием экономики. В последние годы усилился интерес ученых к проблемам распределения национального продукта, в том числе к выявлению факторов, влияющих на размер и динамику оплаты труда. Данные факторы классифицируются на внутренние и внешние, объективные и субъективные.

Заработная плата выступает одной из основных экономических характеристик, подверженных влиянию различных социально-экономических факторов, динамика которых и определяет ее уровень. Эти факторы, в свою очередь, делятся на две группы. Первая группа – экономические факторы – связана с влиянием производительности труда и ее динамики на оплату труда. Она больше имеет отношение к

небюджетным организациям, поскольку в бюджетных заработная плата не зависит от производительности труда. Вторая группа – институциональное воздействие – связана с регулирующим воздействием правительства, включая минимальный размер оплаты труда, социальные гарантии, налоговые и иные обязательные отчисления.

Социально-экономические процессы и явления зависят от большого числа параметров, их характеризующих. При определении структуры статистических взаимосвязей показателей, степени их влияния друг на друга возникают трудности, обусловленные неполнотой информации, сложностью получения статистических данных, многообразием моделей и методов их исследования. Многомерные статистические методы среди множества возможных вероятностно-статистических



моделей позволяют обоснованно выбрать ту, которая наилучшим образом соответствует исходным статистическим данным, характеризующим реальное поведение исследуемой совокупности объектов, оценить надежность и точность выводов, сделанных на основании ограниченного статистического материала.

Для изучения и анализа многих социально-экономических систем и процессов в последние годы с успехом используются эконометрические методы и модели как составная часть экономико-математического моделирования. Эконометрические методы позволяют не только получить оценки, но и проверить гипотезы, лежащие в основе используемой модели экономического явления, указать, в каком направлении следует модифицировать модель. Достаточно важной в эконометрическом моделировании выступает проверка оцениваемой модели на предмет нарушения тех или иных предположений [1, 2, 3].

На кафедре прикладной математики и информатики ПГУ им. Т.Г. Шевченко в

рамках научно-исследовательской работы изучается применение экономико-математических методов и моделей в народном хозяйстве, в частности исследование методов моделирования социально-экономической системы региона, анализ и прогнозирование ее показателей.

В настоящей работе была сделана попытка определить степень влияния ряда социально-экономических показателей на уровень заработной платы работников народного образования ПМР. Особенностью исследования является применение эконометрических методов при построении моделей множественной регрессии по статистическим данным. Для определения связи были использованы показатели социально-экономического развития республики за период 2001–2016 гг., опубликованные в Статистическом ежегоднике ПМР (табл. 1).

Рассмотрим взаимосвязь размера заработной платы работников народного образования Приднестровья и ряда определяющих ее социально-экономических факторов. Проведем анализ факторов,

Таблица 1

Статистические данные социально-экономического развития ПМР за 2001–2016 гг.

Год	$y$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$
2001	188	126,84	254	5,724	361,3	642,5	314,5	1360,9
2002	211	110,62	260	6,3505	312	633,6	406,9	1589,3
2003	266	132,44	272	7,1186	415,8	623,8	390	2196,6
2004	530	120,39	340	7,8618	871,1	554,4	342,3	3283
2005	784	110,83	396,59	8,1137	1243,1	547,5	34,04	3898,6
2006	985	108,89	447,6	8,3004	1839,3	540,6	337,3	4860,5
2007	1093	129,42	555,86	8,3981	1366,6	533,5	334	6789
2008	1190	125,11	811,64	8,4801	1587,6	527,5	322,3	8481,4
2009	1316	105,7	806,55	8,947	1424,1	522,5	319,9	8597,4
2010	1751	113,24	926,84	9,4592	2076,5	518	321,1	8865,8
2011	1928	115,98	1111,21	10,3392	1899,9	513,4	317,1	9602,9
2012	2188	110,43	1161,57	11,1334	2817,5	509,4	315	10869,9
2013	2478	103,63	1230,17	11,1	2855,9	505,2	313,7	11641,3
2014	2679	100,98	1330,38	11,1	3175,1	50,292	315,6	12396,3
2015	2684	98,23	1314	11,3	2325,1	487,585	311	9653,3
2016	2695	104,44	1472,5	14,5	2337,7	470,642	303	11464,6

влияющих на величину заработной платы ( $y$ ), среди которых:

- сводный индекс потребительских цен ( $x_1$ );
- среднемесячный прожиточный минимум, руб. ( $x_2$ );
- среднегодовой курс рубля ПМР к доллару США, руб. ( $x_3$ );
- общие доходы бюджета, млн руб. ( $x_4$ );
- численность населения (на конец года), чел. ( $x_5$ );
- размер рабочей силы (на конец года), чел. ( $x_6$ );
- ВВП, млн руб. ( $x_7$ ).

Найдем зависимость между факторами с помощью матрицы парных коэффициентов корреляции (табл. 2). Расчеты проведем посредством ПП Excel и надстройки «Анализ данных», инструмента «Корреляция» [4, 5].

Определим по таблицам Фишера–Йейтса [2] значения коэффициента корреляции  $r_{кр}$  для уровня значимости  $\alpha = 0,05$ :  $r_{кр} = 0,497$ . Выборочные парные коэффициенты корреляции, абсолютная величина которых больше  $r_{кр} = 0,497$ , статистически значимы. Видим, что с вероятностью 0,95 можно утверждать наличие статистической связи между  $i$ -м и  $j$ -м признаками, выборочный парный коэффициент корреляции которых  $r_{ij}$  значим. Связь между признаками, которым соответствуют незначимые

коэффициенты, с такой уверенностью не установлена (хотя нельзя утверждать отсутствие этой связи). Среди признаков, которые могут определять вариацию заработной платы работников образования, выделим: сводный индекс потребительских цен ( $x_1$ ); среднемесячный прожиточный минимум, руб. ( $x_2$ ); среднегодовой курс рубля ПМР к доллару США, руб. ( $x_3$ ); общие доходы бюджета, млн руб. ( $x_4$ ); численность населения (на конец года), чел. ( $x_5$ ); ВВП, млн руб. ( $x_7$ ).

С учетом статистически значимых факторов ( $x_1$ – $x_5$ ,  $x_7$ ) посредством ППП Excel с использованием надстройки «Анализ данных», инструментов «Корреляция» и «Регрессия» были рассчитаны показатели регрессионной статистики, дисперсионного анализа, коэффициенты уравнения множественной регрессии и  $t$ -статистика для них.

На основании полученных расчетов построена шестифакторная линейная модель множественной регрессии, а также определены ее характеристики:

$$y = -3,1322x_1 + 1,6534x_2 + 28,0262x_3 + 0,3383x_4 - 0,0457x_5 - 0,0465x_7 + 10,0004.$$

Коэффициенты множественной корреляции  $R = 0,9951$  и детерминации  $R^2 = 0,9902$  показывают, что связь между величиной заработной платы и указанными

Таблица 2

Коэффициенты парной корреляции

	$y$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$
$y$	1							
$x_1$	-0,706102	1						
$x_2$	0,984991	-0,657724	1					
$x_3$	0,935911	-0,641064	0,9379255	1				
$x_4$	0,938484	-0,675062	0,8969427	0,8422449	1			
$x_5$	-0,649278	0,507539	-0,613357	-0,529295	-0,7104911	1		
$x_6$	-0,070947	0,200849	-0,018803	-0,09647	-0,1223716	0,0771925	1	
$x_7$	0,954013	-0,593322	0,9612049	0,8857525	0,93433616	-0,655474	-0,034813	1

ми факторами ( $x_1-x_5$ ,  $x_7$ ) тесная и приблизительно 99 % вариации заработной платы работников образования ПМР объясняется уравнением регрессии.

Поскольку  $F_{\text{факт}} = 151,9303 > F_{\text{табл}} = 3,37$ , то гипотеза  $H_0$  о статистической незначимости уравнения регрессии в целом и показателя тесноты связи отвергается, т. е. уравнение регрессии статистически значимо и надежно.

Согласно критерию Стьюдента  $t_{a_2\text{факт}} \approx 4,5198$ ,  $t_{a_4\text{факт}} \approx 2,9948$ ,  $t_{a_7\text{факт}} \approx -1,1481$ . Так как табличное значение критерия Стьюдента  $t_{\text{табл}} = 1,8331$ , следовательно, коэффициенты  $a_2$ ,  $a_4$  и  $a_7$  с вероятностью 95 % ( $\alpha = 0,05$ ) неслучайно отличаются от нуля и статистически значимы и надежны, а коэффициенты  $a_1$ ,  $a_3$ ,  $a_5$  согласно критерию Стьюдента случайно отличаются от нуля и статистически незначимы.

Средняя ошибка аппроксимации  $\bar{A} \approx 6,87\%$ , что меньше 10 %, следовательно, точность модели удовлетворительная.

Построим вторую модель, исключив статистически незначимые факторы, т. е. найдем зависимость заработной платы работников образования ( $y$ ) от следующих факторов: среднемесячного прожиточного минимума, руб. ( $x_2$ ); общих доходов бюджета, млн руб. ( $x_4$ ); ВВП, млн руб. ( $x_7$ ):

$$y = 1,9012x_2 + 0,3872x_4 - 0,0638x_7 - 262,8664.$$

В полученной модели на увеличение заработной платы работников образования положительно влияют только два фактора: среднемесячный прожиточный минимум и общие доходы бюджета.

Если среднемесячный прожиточный минимум увеличится на 1 руб., а общие доходы бюджета и ВВП не изменятся, то заработная плата работников народного образования ПМР увеличится примерно на 1,9 руб. Если общие доходы бюджета увеличатся на 1 млн руб., а ВВП не из-

менится, то заработная плата увеличится примерно на 0,39 руб. Если ВВП увеличится на 1 млн руб., а среднемесячный прожиточный минимум и общие доходы бюджета не изменятся, то заработная плата уменьшится примерно на 0,06 руб.

Коэффициент множественной корреляции  $R = 0,9946$  и коэффициент множественной детерминации  $R^2 = 0,9891$  близки к единице, следовательно, связь между изучаемыми факторами тесная. Примерно 99 % вариации заработной платы работников образования ПМР объясняется уравнением регрессии.

Полученное уравнение в целом и коэффициент корреляции статистически значимы, так как  $F_{\text{факт}} = 364,4343 > F_{\text{табл}} = 3,49$ .

Коэффициенты  $t_{a_2} \approx 8,2464 > t_{\text{табл}} = 1,7823$ ,  $t_{a_4} \approx 4,4909 > t_{\text{табл}} = 1,7823$ ,  $|t_{a_7}| \approx 1,9555 > t_{\text{табл}} = 1,7823$  при  $\alpha = 0,1$  неслучайно отличаются от нуля и статистически значимы и надежны.

Точность модели определяем с помощью средней ошибки аппроксимации

$$A_{\text{ср}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y - y_p}{y} \right| \cdot 100\% =$$

$$= 0,083906 \cdot 100\% \approx 8,390627\% < 10\%,$$

следовательно, точность модели удовлетворительная.

Найденные коэффициенты эластичности по вышеуказанным факторам

$$E_y^{x_2} = a_2 \cdot \frac{\bar{x}_2}{\bar{y}} = 1,050597 \approx 1,05,$$

$$E_y^{x_4} = a_4 \cdot \frac{\bar{x}_4}{\bar{y}} = 0,453681 \approx 0,45,$$

$$E_y^{x_7} = a_7 \cdot \frac{\bar{x}_7}{\bar{y}} = -0,32114 \approx -0,32$$

показывают, что при увеличении среднемесячного прожиточного минимума ( $x_2$ ) на 1 % и постоянных значениях остальных

факторов – общих доходов бюджета ( $x_4$ ) и ВВП ( $x_7$ ) заработная плата работников народного образования ПМР возрастет в среднем на 1,05 %. При повышении общих доходов бюджета ( $x_4$ ) на 1 % и постоянных значениях остальных факторов – среднемесячного прожиточного минимума ( $x_2$ ) и ВВП ( $x_7$ ) заработная плата работников народного образования возрастет в среднем на 0,45 %. При увеличении ВВП ( $x_7$ ) на 1 % и постоянных значениях остальных факторов – среднемесячного прожиточного минимума ( $x_2$ ) и общих доходов бюджета ( $x_4$ ) заработная плата работников народного образования республики уменьшится в среднем на 0,32 %.

Таким образом, изучение взаимосвязи между уровнем заработной платы работников образования ПМР и рядом социально-экономических показателей позволяет сделать вывод о том, что наиболее важными факторами выступают уровень среднемесячного прожиточного минимума, общие доходы бюджета и ВВП. Однако вряд ли можно утверждать, что их влияние в настоящее время является устойчивым, так как взаимосвязь проявляется лишь в общем, на межотраслевом уровне.

Что касается института социальных гарантий, то именно он, с нашей точки зрения, в условиях трансформирующейся экономики является определяющим фактором, обуславливающим размер и динамику индивидуальной оплаты труда. Это такой формальный институт общества, который в системе различных факторов, влияющих на уровень оплаты труда, играет роль первого толчка, непосредственно приводящего к изменениям

в системе первичного распределения доходов.

Полученные эконометрические модели согласно критерию Фишера являются значимыми. Связь заработной платы работников образования ПМР ( $y$ ) с остальными факторами ( $x_1 - x_5, x_7$ ) тесная, за исключением размера рабочей силы ( $x_6$ ), при этом для первой и второй моделей коэффициент детерминации равен примерно 0,99. Это означает, что для этих моделей 99 % вариации заработной платы объясняется уравнением регрессии. Все модели адекватны изучаемым процессам, откуда можно сделать вывод, что необходимо учитывать все вышеуказанные факторы, влияющие на уровень заработной платы работников образования республики.

### Цитированная литература

1. Практикум по эконометрике: учебное пособие / под ред. И.И. Елисеевой. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 192 с.
2. Эконометрика: учебник для бакалавриата и магистратуры / под ред. И.И. Елисеевой. – М.: Юрайт, 2015. – 450 с.
3. Экономико-математические методы и модели / под ред. В.В. Федосеева – М.: ЮНИТИ, 1999. – 388 с.
4. Герасименко П.В., Кударов Р.С. Эконометрика: лабораторный практикум. – СПб.: ПГУПС, 2010. – 68 с.
5. Эконометрика: лабораторный практикум / Г.В. Спиридонова, П.В. Макаров, Н.В. Семенова, И.И. Журжи. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2016. – 108 с.

УДК 330.3(479.243)

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ КАК ВАЖНЫЙ ФАКТОР, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

Р.Я. Мангасарян, И.О. Ишханян,  
И.С. Арзуманян, А.Ю. Атаян

Анализируются наиболее распространенные в мировой практике критерии оценки эффективности капитальных вложений, приводятся расчеты внутренней нормы доходности на основе проекта «Финансовая помощь для приобретения или ремонта ипотечных кредитов», разработанного в Арцахе. Оценивается эффективность инвестиций в реальном секторе и определяются дальнейшие пути экономического развития.

**Ключевые слова:** инвестиция, экономический рост, ВВП, экономический прогресс, оценка эффективности, капитальные вложения, чистая дисконтированная стоимость, индекс доходности, внутренняя норма доходности, срок окупаемости.

## INCREASE OF INVESTMENT EFFICIENCY AS AN IMPORTANT FACTOR IN ENSURING ECONOMIC PROGRESS

R.Ya. Mangasaryan, I.O. Ishkhnyan,  
I.S. Arzumanyan, A.Yu. Atayan

The article analyzes the most widespread criteria of effective investment estimation in world practice, calculation of domestic exchange rate based on the project «Financial Support for Acquisition or Renovation of Mortgage Loans» in Artsakh. Investment efficiency is estimated in real sector and the further ways of economic development is determined.

**Keywords:** investment, economic growth, GDP, economic progress, efficiency estimation, fund investments, net discounted value, profitability index, internal rate of income, payback period.

Обеспечение экономического роста является не только экономической, но и политической целью. Улучшение количественных и качественных показателей экономического развития имеет решающее значение. Согласно проведенному анализу экономических показателей Республики Арцах экономика восстанавливается высокими темпами.

Опыт развитых стран свидетельствует, что для обеспечения устойчивого экономического роста доля инвестиций в ВВП должна составлять около 25–30 %. Из данных табл. 1 видно, что средний показатель соотношения валовых инвестиций и ВВП в 2008–2017 гг. в республике составляет 32,11 %, хотя с начала 2016 г. этот показатель уменьшился. На первый

взгляд кажется, что созданы все необходимые предпосылки и условия для сокращения бедности, улучшения благосостояния населения и обеспечения «гармоничного развития поколений».

С точки зрения обеспечения экономического прогресса важна оценка эффективности инвестиций. Абсолютное значение эффективности инвестиций рассчитывается на определенном временном интервале как соотношение прибыли  $P$  (убытка) вложенного капитала и инвестиций  $IC$ , а обратная величина оценивает срок окупаемости инвестиций:  $P/IC$  и  $IC/P$ .

Для абсолютной сравнительной оценки эти показатели сравниваются с нормативными значениями:  $En$  – эффективность инвестиций и  $Tn$  – срок возврата

Доля инвестиций в ВВП Республики Арцах в 2008–2017 гг.

Год	ВВП, млн драмов	Валовые инвестиции, млн драмов	Вес инвестиций в ВВП, %
2008	87 148,1	21 107,7	24,2
2009	102 338,7	39 569,7	38,7
2010	118 187,2	46 418,4	39,3
2011	135 498,5	50 213,9	37,1
2012	150 015,7	74 707,9	49,8
2013	168 563,6	56 162,7	33,3
2014	188 840,3	59 476,8	31,5
2015	209 345,7	68 005,3	32,5
2016	229 651,6	39 244,9	17,1
2017	272 070,8	47 879,8	17,6

инвестиций. Их соотношение считается эффективным, если выполняются следующие условия:  $P / IC \geq En$  или  $IC / P \leq Tn$ . Сравнительная оценка эффективности подразумевает сопоставление показателей различных проектов одного и того же вида деятельности для выбора наиболее эффективного из них, обеспечивая следующее неравенство для каждого инвестора:  $Pn - ICnEn \geq 0$  и  $ICn - PnTn \leq 0$ .

Эффективность инвестирования определяется также путем анализа и оценки рисков. Для оценки инвестиционного риска важно рассчитать коэффициент финансового риска, который представляет собой соотношение суммы максимально возможных потерь инвестированного капитала и коэффициента собственного капитала. Если полученное значение составляет 0,7 и выше, инвестор может оказаться банкротом. Наилучший вариант, когда показатель находится в пределах 0,3–0,4.

В целях своевременного определения эффективности проекта инвестиционные фонды измеряют настоящие и будущие ценности денег, чтобы сравнить их с мерами, которые будут приняты на заключительном этапе и реализация которых связана с дисконтированием будущей стоимости.

Предположим, что первоначальный капитал равен 1 драму, а норма прибыли  $r$ .

В следующем году первоначальный драм будет выплачен не равным  $(1 + r)$  драм. Существует следующая эквивалентность: если 1 драм должен взять отправную точку, то через год он составит  $(1 + r)$  драмов, два года спустя –  $(1 + r)^2$ ,  $n$  лет спустя –  $(1 + r)^n$ . Этот процесс называется капитализацией. Дисконт является противоположным процессом капитализации, в этом случае рассчитывается текущая стоимость на основе будущей стоимости. То есть если сегодняшний 1 драм через год будет равен  $(1 + r)$ , тогда 1 драм через год будет равен сегодняшнему  $1/(1 + r)$  драму [1, с. 23].

Таким образом, учет фактора времени является одним из важнейших принципов оценки инвестиций, поэтому инвестиционные проекты и доходы должны быть дисконтными [1, с. 288–291].

Формулы расширения и дисконтирования имеют следующий вид:

$$PV = \frac{FV}{(1+r)^n}, FV = PV \cdot (1+r)^n,$$

где  $PV$  – текущая стоимость будущих денежных притоков;  $FV$  – будущая стоимость сегодняшних денег (*futures value*);  $r$  – процентная ставка (*discount rate*);  $n$  – количество лет.

В мировой практике для оценки эффективности капитальных вложений наи-



более широко используются четыре взаимосвязанных критерия:

1. Чистая дисконтированная стоимость.
2. Индекс доходности.
3. Внутренняя норма доходности.
4. Срок окупаемости.

Чистая дисконтированная прибыль определяется как сумма текущих результатов периода реализации проекта или как разница общего результата и общих расходов:

$$NDI = \sum Rt - Ct / (1 + R)^t,$$

где  $Ct$  – текущие расходы.

Если  $NDI > 0$ , то проект эффективен и можно рассматривать процесс его принятия. Чем больше  $NDI$ , тем эффективнее проект. На практике используется модифицированная версия этого показателя, и в этом случае от расходов распределяют капитальные вложения и получают чистую приведенную стоимость  $NPV$  (*net present value*):

$$NPV = \sum Rt - Ct / (1 + r)^t - I.$$

Чистая приведенная стоимость, или чистая дисконтированная стоимость, отражает разницу между суммой результатов за текущий период и общей суммой капитальных вложений.  $NPV$  также можно представить в виде сводки дисконтированных денежных потоков:

$$NPV = CF_0 - CF_1 / (1 + r)^1 - CF_2 / (1 + r)^2 - \dots - CF_n / (1 + r)^n = \sum CF_t / (1 + r)^t,$$

где  $PI$  (*profitability index*) – индекс доходности, который рассчитывается по следующей формуле:

$$PI = 1/I \cdot \sum Rt - Ct / (1 + R)^t.$$

Индекс доходности показывает чистый доход для вычтенной дисконтиро-

ванной инвестиционной единицы в начале цикла проекта. Более того, если  $PI > 1$ , то проект эффективен, в противном случае он неэффективен, неприбыльный или убыточный [2, с. 277–281].

Внутренняя норма доходности ( $IRR$ ) – это ставка дисконтирования, которая равна нулю чистой стоимости для будущего ряда денежных потоков ( $NPV = 0$ ), т. е. текущая стоимость инвестиций равна текущей стоимости денежных потоков, созданных этими инвестициями. Внутренняя норма доходности и чистая приведенная, или текущая, стоимость используются для определения того, какой инвестиционный проект обеспечивает максимальный результат. Основное различие заключается в том, что  $NPV$  представляется как фактическая сумма, а  $IRR$  – как ожидаемая доходность инвестиций.  $IRR$  показывает фактический годовой доход от инвестиций только тогда, когда проект обеспечивает нулевые денежные потоки, или если эти инвестиции могут быть инвестированы в текущий  $IRR$ .

Следовательно, цель не должна заключаться в максимизации чистой приведенной стоимости. Фактически большая часть инвестиций начинается с отрицательного потока, а затем наблюдается положительная тенденция, так как первоначальные инвестиции приходят, а затем получают прибыль.

Формула расчета:

$$NPV = CF_1 - \sum_{n=1}^N \frac{CF_n}{(1 + IRR)^n}.$$

Попробуем рассчитать внутреннюю норму доходности на основе проекта «Финансовая помощь для приобретения или ремонта ипотечных кредитов», разработанного в Арцахе в 2008 г. и действующего до сих пор. Исследования показывают, что на рынке недвижимости (вторичной) первоначальная сумма ипотеки на жилье площадью 60–63 м<sup>2</sup> составляет около 30 000 долл. США, которые могут быть

предоставлены на срок до 15 лет. Форма возврата кредита – аннуитет. Авансовый платеж составляет 6000 долл., а ежемесячная плата – 202,53 долл. Процентная ставка составляет 12 % годовых. Субсидирование осуществляется государством в размере 50 % годовых [3].

На основании приведенных выше данных:

- первоначальный платеж (положительный поток)  $CF_1$  составляет 24 000 долл.;
- последовательные денежные потоки (отрицательные, потому что выплачиваются)  $CF_2, CF_3, CF_n$  составляют 202,53 долл., ежегодно 2430,36 долл.;
- количество платежей  $N = 15$  лет, или 180 месяцев;
- первоначальные инвестиции в размере 24 000 долл.

Формула расчета  $NPV$ :

$$0 = 24000 - \sum_{n=1}^{180} \frac{202,53}{(1 + IRR)^n}.$$

Если стоимость инвестиционного капитала увеличивается, значение  $NPV$  уменьшается до нуля. В свою очередь,  $IRR$  указывает на низкий уровень возврата инвестиций в случае компенсации всех затрат, понесенных от ожидаемого дохода проекта. Это означает тот уровень доходности, в результате которого инвестор может вернуть свои деньги. Более того, если  $IRR > r$ , то проект должен быть принят, в противном случае – отклонен. Если  $IRR = r$ , то проект будет ни прибыльным, ни убыточным [4].

Таким образом, расчеты показывают, что в рамках вышеупомянутого проекта  $IRR$  составляет 6 %, отсюда следует, что проект является ни прибыльным, ни убыточным.

Срок окупаемости  $PP$  (*payback period*) – это время от начала продажи до окончания срока действия объекта, в течение которого выручка равна капитальным затратам, т. е. это минимальный

интервал времени, за пределами которого интегрированные затраты становятся и остаются отрицательными.  $PP$  можно рассчитать по следующей формуле:

$$PP = I / CF.$$

Исходя из приведенного анализа можно утверждать, что выбор наиболее эффективного способа инвестирования начинается с четкого определения возможных вариантов. Альтернативные проекты сравниваются друг с другом, и инвестор совершает выбор с точки зрения прибыльности и безопасности.

Исследования также показывают, что количественный аспект экономического роста был переоценен за эти годы, особенно в развивающихся странах, в том числе в Республике Арцах.

Количественный аспект экономического роста в развивающихся странах по-прежнему сохраняет свои приоритеты, однако следует искать решение проблем, связанных с достижением макроэкономического равновесия и устойчивого экономического роста, в общей области количественного и качественного развития.

Для анализа качества роста необходимо оценить экономический рост по ряду критериев, включая временной, территориальной, отраслевой, репродуктивный и т. д. Бесспорным является тот факт, что инвестиции служат основным и наиболее важным условием для обеспечения экономического роста. Экономический рост будет более эффективным, если инвестиции будут эффективно размещены с точки зрения как территориальных, так и временных и инновационных критериев. Таким образом, необходимо выделить «чувствительные» к экономическому росту секторы экономики, которые могут способствовать повышению его качества и обеспечению макроэкономического баланса, а затем оценить влияние инвестиций на структуру экономики и на качество эко-

номического роста и обозначить те сферы реального сектора экономики, которые являются наиболее эффективными направлениями размещения инвестиций.

В свете вышесказанного считаем, что с целью привлечения инвестиций для выявления инвестиционных возможностей в отраслях реального сектора экономики следует рассчитать коэффициент влияния изменения удельного веса инвестиций в отрасли на изменение удельного веса этой отрасли в ВВП, т. е. влияния структуры инвестиций на структуру экономики Республики Арцах [3, с. 69–79]:

$$\text{Коэффициент} = \frac{\Delta \text{ Удельный вес отрасли в ВВП} (\%)}{\Delta \text{ Удельный вес инвестиций в отрасли} (\%)}$$

Если коэффициент имеет отрицательное значение, то увеличение доли инве-

стиций в данную область сопровождается уменьшением ее доли в ВВП. Это означает, что в таком случае инвестиции не способствуют росту на добавленную стоимость в отрасли. Однако положительное значение коэффициента не свидетельствует об эффективности инвестиций в сектор. В случае двойного падения коэффициент будет иметь положительное значение, т. е. необходимо изучить направление движения отдельных переменных.

Таким образом, чем больше коэффициент, тем эффективнее реализованы инвестиции в сектор. Это означает, что за счет инвестиций экономика улучшается с точки зрения структурного аспекта.

Попробуем оценить эффективность инвестиций в реальный сектор экономики Арцаха (табл. 2).

Показатели 2014–2017 гг. свидетельствуют о неэффективности вложений.

Таблица 2

## Показатели эффективности инвестиций в реальный сектор экономики Арцаха

Год	Доля отрасли в ВВП, %	Доля инвестиций в отрасли, %	Отношение веса отрасли к весу инвестиций, %
Сельское хозяйство			
2014	13,18	0,18	–
2015	13,33↑	2,06↑	0,085
2016	13,19↓	4,33↑	–0,064
2017	12,32↓	1,14↓	0,272
Промышленность			
2014	16,83	60,13	–
2015	16,41↓	39,42↓	0,020
2016	16,85↑	60,06↑	0,021
2017	24,95↑	53,06↓	–1,157
Строительство			
2014	14,49	34,62	–
2015	13,26↓	33,81↓	1,525
2016	11,51↓	21,13↓	0,180
2017	9,79↓	38,31↑	–0,121
Транспорт и связь			
2014	4,07	2,51	–
2015	3,93↓	16,73↑	–0,010
2016	3,60↓	3,64↓	0,0246
2017	3,32↓	2,93↓	0,398

Таким образом, хотя доля инвестиций в сельское хозяйство демонстрирует тенденцию к росту, позитивные сдвиги в структуре экономики не наблюдаются, даже наоборот. Вопрос капиталовложений в эту сферу особенно проблематичен, поскольку сельское хозяйство является одним из стратегических секторов экономики Республики Арцах, но все еще ощущает недостаток финансирования.

Рассматривая отрасль промышленности, мы отмечаем положительный структурный сдвиг, значительную долю инвестиций, но рассчитанный коэффициент является отрицательным в 2017 г., что свидетельствует о неэффективности размещения инвестиций.

Несмотря на существенную долю инвестиций в строительный сектор, доля отрасли в структуре экономики имеет тенденцию к снижению. На наш взгляд, выделение значительной части инвестиций в экспортно-ориентированные отрасли особенно важно для экономики Республики Арцах. Однако строительство в качестве одной из них почти не рассматривается.

Что касается транспорта и связи, то видно, что в 2015 г. доля инвестиций увеличилась, но капиталовложения не обеспечили положительного структурного сдвига, поэтому могут считаться неэффективными.

Таким образом, в условиях отсутствия значительных природных ресурсов и чрезвычайного положения улучшение показателей экономического роста страны требует не только увеличения доли инвестиций в ВВП, но и повышения их эффективности, а также решения проблемы рационализации структуры инвестиций.

### Цитированная литература

1. **Парсемян Е.Г., Абгарян К.Г.** Система показателей оценки эффективности реальных инвестиций (капитальных вложений). – Ереван: Экономист, 2003.
2. **Ефимова О.В.** Финансовый анализ: учебник. – М.: Омега-Л, 2010.
3. Постановление Правительства Республики Арцах № 101 «Об утверждении порядка оказания государственной поддержки при приобретении банками квартир и жилых домов по ипотечным кредитам» от 26.02.2008 г.
4. Внутренняя норма доходности. Формула расчета IRR инвестиционного проекта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://msfo-dipifr.ru/vnutrennyaya-norma-doxodnosti-formula-rascheta-irr-investicionnogo-proekta/>
5. **Карапетян Л.** Об эффективном размещении инвестиций в Армении // Вестник Ереванского университета. Сер.: Социология, Экономика. – 2017. – № 2(23). – С. 69–79.

УДК 330.3(479.243)

## АНАЛИЗ ОТРАСЛЕВОЙ СТРУКТУРЫ ИНВЕСТИЦИЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ УЛУЧШЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ АРЦАХ

*Р.Я. Мангасарян, И.О. Иишанян, Я.К. Исаханян, М.Ю. Восканян*

*Обоснована зависимость ВВП от валовых инвестиций. Приведены результаты регрессионного анализа отраслевой структуры инвестиций. Для каждой отрасли дана соответствующая оценка, рассмотрен ряд программ, реализованных Фондом содействия селу и сельскому хозяйству, и предложены направления формирования рациональной отраслевой структуры инвестиций и улучшения инвестиционного поля.*

Выявлены проблемы, возникающие при осуществлении инвестиций в различные отрасли экономики Республики Арцах. Предложены способы их решения.

**Ключевые слова:** отраслевая структура инвестиций, регрессионный анализ, ВВП, бизнес-среда, развитие сельского хозяйства, инвестиционный климат.

## ANALYSIS OF THE SECTORAL STRUCTURE OF INVESTMENTS AND THE POSSIBILITY OF ITS IMPROVEMENT IN THE ARTSAKH REPUBLIC

R. Ya. Mangasaryan, I. O. Ishkhanyan,  
Ya. K. Isakhanyan, M. Yu. Voskanyan

*The article considers the dependence of GDP on gross investment and the results of the regression analysis of the sectoral investment structure are given. The corresponding assessment for each industry is given, a number of programs, implemented by the "Fund for Assistance to Village and Agriculture", is considered, and the directions for the formation of a rational sectoral investment structure and for improving the investment field are presented.*

*The article identifies the problems arising from making investments in various sectors of the economy of the Republic of Artsakh. The ways for resolving some of them are proposed.*

**Keywords:** sectoral structure of investments, regression analysis, GDP, business environment, development of agriculture, investment climate.

Любая страна, для которой характерен качественный экономический рост, направляет на инвестиции определенную часть ВВП. В Республике Арцах этот показатель составляет 32 %, исходя из чего важно обеспечить эффективное воздействие инвестиций на ВВП. Поэтому возникает необходимость выявить и оценить эту зависимость, которая существует между величинами инвестиций и ВВП. Для проведения таких исследований экономисты очень часто прибегают к регрессионному анализу, предлагаемому эконометрикой.

Регрессионный анализ – это статистический метод, который изучает зависимость между какой-либо зависимой переменной ( $Y$ ) и одной или несколькими независимыми переменными ( $X_1, X_2, \dots, X_p$ ) [1].

Проведем регрессионный анализ показателей ВВП и инвестиций Арцаха (по отраслям) за 2008–2017 гг. на основе официальных статистических данных, с помощью программного пакета Stata (табл. 1).

Каждая строка таблицы представляет собой регрессию по методу минимальных квадратов (во всех случаях ВВП – зависи-

мая переменная). Обозначим независимые лаги переменных буквой  $L$ . Коэффициенты представлены в прямом виде, так как и зависимые и независимые переменные выражены в миллионах драмов. Результаты регрессионного анализа (табл. 2) показывают, что за наблюдаемый период рост совокупных инвестиций на 1 млн драмов обеспечивает:

- В сфере промышленности:

1. Непосредственный рост ВВП на 1,542 млн драмов.
2. Рост ВВП через год на 1,683 млн драмов.

- В сфере строительства:

1. Непосредственный рост ВВП на 1,634 млн драмов.
2. Рост ВВП через год на 2,89 млн драмов.

- В сфере транспорта и связи:

1. Непосредственный рост ВВП на 7,436 млн драмов.
2. Рост ВВП через год на 7,962 млн драмов.

Можно констатировать, что коэффициент сельского хозяйства несущественен.

Данные, используемые программным пакетом Stata,  
представленные в таблице программы Excel

Region	Year	GDP	Investment	IGDP	Gov_invest	Gov_invest	Gov_inv_S	Gov_inv_tc	Credit_inv_	Credit_inv_	Credit_inv_
ARTS	2008	87148.1	21107.7	.24220494	1223752.5	13152.3	1500000	1513152.3	6033.2	11301	173342.2
ARTS	2009	102338.7	39569.7	.38665432	2165494.1	15000	1000000	1015000	6087.5	22907.2	28994.7
ARTS	2010	118187.2	46418.4	.39275319	2345993.5	17126.5	1795000	1812126.5	11900	30329.4	42229.4
ARTS	2011	135498.5	50213.9	.37058639	2793790	18167.4	2000000	2018167.4	21675.8	37761.3	59437.1
ARTS	2012	150015.7	74707.9	.49800054	3378092.6	14287.1	2000000	2014287.1	31350.2	47577.1	78927.3
ARTS	2013	168563.6	56162.7	.33318403	3000000	13926.2	2000000	2013926.2	28848.9	53313.5	82162.4
ARTS	2014	188840.3	59476.8	.31495819	3180000	13309.1	2500000	2513309.1	46427.3	51108.6	97535.9
ARTS	2015	209345.7	68005.3	.32484689	3254561.7	11204.1	2500000	2511204.1	50026.4	49779.2	99805.6
ARTS	2016	229651.6	39244.9	.17088886	3800000	8960.7	2500000	2508960.7	43711.3	74024.9	117736.2
ARTS	2017	272070.8			3384812.1	8960.7	2500000	2508960.7	31176.8	118078.6	149255.4

Таблица 2

Результаты регрессионного анализа

ВВП	Коэффициент, млн драмов	95 % диапазон доверия
Промышленность	1,542	-4292991 3,515056
L (Промышленность)	1,683	3025536 3,064871
Строительство	1,634	-3579852 3,627185
L (Строительство)	2,89	1,316701 4,466735
Транспорт и связь	7,436	-1,138706 16,01157
L (Транспорт и связь)	7,962	3,342421 12,58308
Сельское хозяйство	-446	-92,84875 91,95643
L (Сельское хозяйство)	12,961	-73,28879 99,2121
Государственные инвестиции	-3,624	-18,73881 11,48994
L <sub>t</sub> (Государственные инвестиции)	2,590	-22,4452 27,62658

Требуются более подробные исследования и более расширенные данные, чтобы оценить влияние инвестиций на сельское хозяйство.

Результаты роста государственных инвестиций на 1 млн драмов:

1. Непосредственное снижение ВВП на 3,624 млн драмов (это неудивительно, потому что целью государственных инвестиций является обеспечение долгосрочного развития и государственные инвести-

ции в основном направляются в те сферы, которые находятся в стадии спада).

2. Через два года уже эффект положительный, но незначительный. Следовательно, в долгосрочной перспективе государственные инвестиции имеют положительное влияние, как и ожидается.

Используя статистическую модель Fixed Effects, проведем регрессионный анализ с панельными данными, чтобы выявить зависимость между ВВП и валовы-



ми инвестициями. Сравним полученное значение со средним значением соответствующего показателя других 260 стран. Также сравним аналогичные показатели Армении и Абхазии со средним показателем остальных 258 стран. Основанием для получения результатов регрессии с панельными данными послужили исходные сводные данные (табл. 3 и 4).

Каждая строка – это отдельная регрессия, которая содержит логарифм инвестиций, при этом указанные в табл. 4 переменные являются независимыми переменными. Коэффициенты представлены упрощенным способом, так как и зависимые и независимые переменные даны по курсу доллара 2010 года и представлены как натуральные логарифмы. Итак, из данных табл. 4 можно сделать следующие выводы:

1. Рост инвестиций в Арцахе на 1 % влияет на рост ВВП в среднем на 0,935 %.

2. По сравнению с другими странами влияние роста инвестиций на 1 % на рост

ВВП в Арцахе ниже на 0,041 % (коэффициент близок к 0, следовательно, влияние инвестиций на ВВП в Арцахе очень близко к среднему показателю других стран).

3. По сравнению с другими странами в Абхазии влияние роста инвестиций на 1 % на рост ВВП выше на 0,021 %.

4. По сравнению с другими странами в Армении влияние роста инвестиций на 1 % на рост ВВП ниже на 0,003 %. Если между результативным показателем  $y$  и факторным показателем  $x$  существуют различия в расчете, целесообразно оценить непосредственное влияние факторов на результат с помощью коэффициента гибкости [2]:

$$E = \frac{\partial yx}{\partial xy} = b \frac{\bar{x}}{\bar{y}}$$

Средний коэффициент эластичности  $E$  показывает, на сколько процентов изменится  $y$  относительно своего среднего уровня при росте  $x$  на 1 % относительно

Таблица 3

## Программный пакет Stata

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
year	90	2012.5	2.888373	2008	2017
Country	90	141.8889	104.9124	2	266
lngdp	89	22.65296	1.536164	19.29526	25.04401
lninv	88	21.20452	1.572909	17.87729	23.68703
Artsakh_in~t	90	2.078679	5.913474	0	19.14124
Abkhazia_i~t	88	1.694816	5.391	0	19.11056
Armenia_in~t	90	2.411279	6.858808	0	22.28486

Таблица 4

## Данные логарифмов

Ln (ВВП)	Коэффициент	95% диапазон доверия	
Ln (Инвестиции)	935	8810789	9905045
Ln (Инвестиции в Арцахе по сравнению с другими странами)	-041	-0566184	-0269287
Ln (Инвестиции в Абхазии по сравнению с другими странами)	021	0028014	0394493
Ln (Инвестиции в Армении по сравнению с другими странами)	-003	-0163319	0087416

своего среднего уровня. Если коэффициент эластичности меньше 1, то при изменении  $x$  на 1 %  $y$  изменится меньше чем на 1 %. В нашем случае, если инвестиции изменятся на 1 % от средней величины, ВВП будет уменьшен на 0,398 %. Это означает, что влияние инвестиций в Арцахе на величину ВВП незаметно:

$$E = 1,316 \frac{50278,71}{166166,02} = 0,398.$$

Таким образом, регрессионный анализ отраслевой структуры инвестиций показывает, что распределение инвестиций в республике по отраслям носит централизованный и несоразмерный характер, поэтому с целью улучшения влияния инвестиций на величину ВВП необходимы коренные изменения отраслевой структуры. В объеме инвестиций, осуществленных в стране, примечательна доля промышленности. Инвестиции в этой сфере составляют 53 % от общего объема инвестиций, а удельный вес отрасли в ВВП – 24,9 %. Очевидно, что предельная производительность инвестиций в промышленной сфере низкая, так как не обеспечивает адекватного роста ВВП [3].

Наименьшая доля инвестиций отмечается в сельском хозяйстве. По официальным статистическим данным за 2017 г. капиталовложения в данную сферу составили 544,3 млн драмов, т. е. 1,14 % от общего объема инвестиций, в то время как экономика республики имеет аграрную направленность и доля сельского хозяйства в ВВП составляет 12,3 %.

В сложившейся ситуации для развития сельского хозяйства в Арцахе важной задачей следует считать увеличение объемов инвестиций в данную отрасль, что требует действенной государственной поддержки. В этом направлении правительство республики приняло значительные меры, результатом которых стало создание Фонда содействия селу и сельскому хозяй-

ству Арцаха. В рамках своей деятельности фонд осуществляет ряд программ поддержки. Так, в 2017 г. были реализованы:

· *Программы содействия развитию земледелия:*

- программа содействия стимулированию производства озимых культур;
- программа содействия стимулированию производства яровых культур;
- программа поддержки садоводства;
- программа содействия, направленная на стимулирование производства овоще-бахчевых культур.

· *Программы содействия развитию животноводства:*

- программа содействия развитию крупного рогатого скота;
- программа содействия развитию мелкого рогатого скота;
- программа содействия развитию птицеводства;
- программа содействия развитию свиноводства;
- программа содействия развитию пчеловодства;
- программа содействия развитию рыбноводства.

· *Программы содействия, направленные на повышение эффективности сельскохозяйственных машин:*

- программа содействия, направленная на обеспечение оказания необходимых сельскохозяйственных механизированных услуг;
- программа содействия улучшению качественных критериев механизированных сельскохозяйственных услуг.

· *Программа содействия развитию инфраструктуры по заготовке, переработке и реализации сельскохозяйственных продуктов.* Целями программы являются: увеличение числа компаний по переработке сельскохозяйственных продуктов, обеспечение развития фирм, занимающихся заготовкой, хранением и переработкой сельхозпродукции в Республике Арцах,

содействие смягчению проблемы реализации сельхозпродукции и повышению уровня товарности хозяйств.

Фонд содействия селу и сельскому хозяйству намерен продолжать активную поддержку аграрного сектора республики [4].

В рамках программы организации сельскохозяйственного производства посредством компаний фонд планирует выполнить следующие задачи:

- увеличить урожайность культур и объемы производимой в республике сельскохозяйственной продукции;
- повысить уровень занятости в сельских районах и обеспечить использование новых сельскохозяйственных земель.

Реализация программы рассматривается как первый шаг к созданию сельских хозяйств, предполагающих вовлечение специалистов и экспертов в организацию сельскохозяйственной деятельности, что позволит возделывать каждую культуру по соответствующей технологии, грамотно применять удобрения, проводить агрохимические мероприятия и своевременно бороться с вредителями и сорняками, на практике разрабатывать и внедрять новые научные методы.

Считаем, что помимо осуществления вышеуказанных программ, учитывая особенности сельскохозяйственной сферы и проблемы продовольственной безопасности страны, следует направить политику государственной поддержки на улучшение и стабилизацию сформировавшегося в аграрном секторе правового поля, обеспечение благоприятных инвестиционных условий для деятельности хозяйствующих субъектов.

Согласно исследованиям в плане активизации инвестиционной политики в сфере сельского хозяйства Арцаха может быть полезно ориентирование на конкретные страны и потенциальных инвесторов. Поэтому предлагаем подготовить список

стран и инвесторов, которые могут проявить интерес к инвестициям в сельскохозяйственный сектор республики. Так, потенциальными инвесторами можно считать этнических армян, представляющих различные диаспоры, или те государства, население которых растет, а сельскохозяйственные ресурсы ограничены. Эти страны и предприниматели могут быть заинтересованы в восполнении недостаточности поставок. Одним из примеров является разведение ягнят: если правительство разработает надлежащую программу управления и аренды пастбищ, то это может привлечь инвесторов.

Наблюдения показывают, что рынок земли и наличие земли являются одними из важнейших вопросов, с которыми сталкиваются инвесторы, в частности те, кому необходимы более обширные территории для закладки садов, организации производства кормов и для других целей. Проблема в том, что в поисках подходящей земли инвестору часто приходится посещать деревни и регионы. Поэтому мы считаем, что первоочередной задачей правительства должно быть создание информационной системы местности, которая будет доступна инвесторам. Эта система должна содержать сведения о состоянии данной местности и историю землепользования. Можно также добавить картографию региона и предложения по наилучшему использованию земли. Такая база данных может быть очень полезной и для других инвесторов, например в сфере альтернативной энергии. Отметим, что эта область тоже является необходимой инфраструктурой для развития экономики республики.

Человеческий капитал очень важен для всех отраслей экономики, но особенно для сельского хозяйства, поскольку сельскохозяйственные профессии не пользуются большим авторитетом в обществе, что обусловлено многочисленными при-

чинами. Однако в процессе перехода от традиционного сельского хозяйства к технологическому и наукоемкому немаловажное значение приобретает знание. Невысокий интерес к обучению и низкое качество образования приводят к тому, что отсутствуют или очень малочисленны хорошие агрономы, ветеринары, специалисты по продовольственной безопасности и люди многих других сельскохозяйственных специальностей. Наличие качественной рабочей силы не только даст толчок экономическому развитию, повышению уровня жизни и социальных условий людей, но и будет стимулировать инновации.

Одной из важных черт сельского хозяйства является высокий риск. Поэтому важно разработать меры по минимизации этих рисков на государственном уровне. Основные риски в Арцахе связаны с заморозками, градом, засухой, сильными ветрами. Мировой опыт показывает, что каждый риск имеет свое уникальное решение. Несомненно, эти решения предполагают большие инвестиции.

Кроме того, считаем необходимым внедрение системы сельскохозяйственного страхования. Для страхования целесообразно учитывать все риски, вероятность возникновения которых составляет один раз в пять лет или еще реже. Если этот срок менее пяти лет, то, на наш взгляд, лучше принять физические меры защиты, такие как установка противорадовых сетей, применение более рационального способа накопления водных ресурсов и управления ими в случае риска засухи.

Развитию сельского хозяйства в республике препятствует также отсутствие надлежащей инфраструктуры: дорог, систем складирования и распределения водных ресурсов и альтернативных источников энергии. Инвестиции в указанную инфраструктуру на данный момент важны и с точки зрения стимулирования развития экономики.

Именно поэтому предлагаем перераспределить ресурсы на развитие таких стратегически важных инфраструктур, как энергетика, транспорт, связь и др. Очевидно, что дорогостоящее и ненадежное энергоснабжение может оказаться значительной угрозой для развития экономики Арцаха, а также для улучшения уровня жизни населения. В связи с этим нужно уделять должное внимание вопросу энергетической независимости и безопасности. Правительство предпринимает определенные шаги в данном направлении, но пока они недостаточны. Необходимо обеспечить надежное энергоснабжение по доступным ценам с внедрением современного оборудования, способствующего энергосбережению в стране, использование альтернативных, более дешевых источников энергии.

Обеспечение регулярной транспортной связи между столицей и областными центрами имеет большое значение в Арцахе. Существуют некоторые серьезные проблемы в области транспорта, в том числе неэффективная организация регулярных пассажирских перевозок общего пользования, ненадлежащий уровень обслуживания и необходимость обновления автобусного парка.

Решение указанных проблем требует реализации эффективной инвестиционной и кредитной политики, в частности конкретных транспортных проектов, направленных на рациональное использование ИТ-потенциала Арцаха, формирование современных электронных транспортных систем. Такие программы позволят внедрить в стране механизмы контроля работы электронных билетов и автобусных маршрутов.

Текущие проблемы развития требуют создания более благоприятных условий для бизнес-секторов. Основной гарантией развитой и конкурентной бизнес-среды является формирование привлекательного

налогового поля. По нашему мнению, переход к системе электронного управления является важной предпосылкой для построения более благоприятной инвестиционной среды.

Система электронной отчетности позволяет своевременно реагировать и не пропускать изменений, произошедших в формах отчетности и правилах их заполнения, что помогает субъектам хозяйствования избегать дополнительных налоговых обязательств. Необходимо законодательно уточнить проверки, упростить требования к документации, внедрить полную систему электронного документооборота (регистрация предприятий, подача заявок, налоговая отчетность, инвентаризация, лицензирование), сократить сроки ожидания предоставления государственных и муниципальных услуг (разрешения/лицензии, приватизация), устранить экономические монополии.

Большая часть потребительских товаров в Арцахе импортируется из-за рубежа. В этих условиях продвижение отечественных производителей затруднено, поскольку у правительства нет таможенных рычагов без таможенной границы. Данный факт повышает роль налоговых механизмов в продвижении отечественного производства.

Правительство реализует проект по развитию производства строительных материалов в Арцахе и продвижению их на местном рынке. В связи с небольшим количеством населения в регионе рынок достаточно ограничен, поэтому приоритет отдается производству экспортируемых товаров, требующих значительных капиталовложений, новых технологий и последовательной работы по производству продукта. Таким образом, прямое участие государства в этом процессе чрезвычайно важно.

Испокон веков в Арцахе было развито виноделие.

Государство может регулировать качество вина и коньяка в Арцахе, устанавливая льготы на приобретение оборудования, соответствующего международным стандартам, в то время как законодательство Арцаха еще не устанавливает такие нормы. Если организации получают прибыль без инноваций, без улучшения бизнеса, они препятствуют развитию отрасли и в целом экономики.

Необходимо пересмотреть принципы амортизационной политики, установленные в соответствии с Законом о налоге на прибыль, чтобы сократить сроки амортизации. Новые нормы амортизационных отчислений предоставят большие возможности для погашения налоговых обязательств и быстрого выкупа инвестиций.

Существование в стране нестабильного законодательного поля, законодательного процесса создает атмосферу неопределенности для иностранных и отечественных инвесторов среди широкой общественности, что не только негативно влияет на возможное привлечение прямых иностранных инвестиций, но и способствует оттоку внутренних средств.

Таким образом, в целях улучшения отраслевой структуры инвестиций в стране и создания благоприятного инвестиционного климата необходимо развитие производственной, социально-экономической, научно-технической инфраструктуры, переориентация капиталовложений в пользу сельского хозяйства, снижение рисков в стране, предоставление налоговых и таможенных льгот иностранным инвесторам, в качестве предпосылки создания квалифицированной рабочей силы увеличение инвестиций в образование и обеспечение стабильной законодательной базы и развитой сферы услуг. Целесообразно определить приоритетные направления капитальных вложений как главный показатель эффективности инвестиций в Арцахе.

### Цитированная литература

1. Кливак А.А., Рихерт А.А., Рожкова М.Г. Корреляционно-регрессионный анализ как способ прогнозирования экономического развития предприятия (на примере ПАО «Севастопольгаз») // Молодой ученый. – 2016. – № 11.1. – С. 28–30.
2. Бараз В.Р. Корреляционно-регрессионный анализ связи показателей коммерче-

ской деятельности с использованием программы Excel: учебное пособие. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2005. – 102 с.

3. Статистический ежегодник Нагорно-Карабахской Республики. – 2018 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.nkr-stat.am](http://www.nkr-stat.am)

4. Отчет Фонда содействия селу и сельскому хозяйству АР, 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minagro.nkr.am>

УДК 334.72:336.2.027(478+470)

## ОСОБЕННОСТИ СПЕЦИАЛЬНЫХ НАЛОГОВЫХ РЕЖИМОВ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ ПРИДНЕСТРОВЬЯ И РОССИИ

*Н.В. Пасичник, Е.Л. Жигарева*

*Раскрыта значимость развития малого предпринимательства для экономики государства. Изложены меры господдержки индивидуального предпринимательства. Проанализированы и обоснованы возможные варианты осуществления деятельности индивидуального предпринимателя на основании нового законодательства. Выполнено сравнение законодательных актов ПМР и РФ в области налогообложения индивидуальных предпринимателей.*

**Ключевые слова:** *малый бизнес, специальные налоговые режимы, патентная система налогообложения, индивидуальные предприниматели, вмененный доход.*

## PECULIARITIES OF SPECIAL TAX REGIMES FOR INDIVIDUAL ENTREPRENEURS OF PRIDNESTROVIE AND RUSSIA

*N.V. Pasichnik, E.L. Zhigareva*

*The article revealed the importance of the development of small enterprises for the state economy and measures of state support of individual entrepreneurship by state policy. The authors analyzed and substantiated the possible variants of implementation of the activities of an individual entrepreneur on the basis of the innovation law. The comparison of legislative acts of the PMR and the Russian Federation in the field of taxation of individual entrepreneurs is given.*

**Keywords:** *small business, special tax regimes, the patent system of taxation, individual entrepreneurs, imputed income.*

На современном этапе развития экономики Приднестровья особое значение приобретают вопросы поддержки малого и среднего предпринимательства, главные задачи которого заключаются в создании рабочих мест, обеспечении дополнитель-

ной занятости населения и роста производства, увеличении объема налоговых поступлений в бюджеты всех уровней.

Анализ деятельности индивидуальных предпринимателей позволяет сделать вывод, что вклад малого бизнеса в экономи-



ку республики с каждым годом становится все более заметным. Растет объем выпускаемой продукции, производимых работ и предоставляемых услуг, за счет внедрения новых технологий улучшается их ассортимент и качество. Вместе с тем существует ряд проблем и сдерживающих факторов, которые требуют усиления роли органов государственной власти и создания новых механизмов в сфере государственной поддержки субъектов предпринимательства.

В целях создания правовых, экономических и социальных основ осуществления индивидуальными предпринимателями своей деятельности Комитет Верховного Совета ПМР по развитию малого и среднего бизнеса и промышленности разработал для них налоговые режимы. Данные налоговые режимы должны реализовать нормы, заложенные в Конституции и Гражданском кодексе ПМР, в соответствии с которыми физическому лицу предоставлено право осуществлять предпринимательскую деятельность в форме индивидуального предпринимателя на равных началах с юридическими лицами.

Так, в настоящее время вступили в действие ряд законов, направленных на создание новой системы налогообложения, которые позволят индивидуальным предпринимателям реализовать в полном объеме право на занятие предпринимательской деятельностью без образования юридического лица. К основным из них отнесем законы ПМР от 30 сентября 2018 года «Специальный налоговый режим – патентная система налогообложения» (№ 269-3-VI), «Специальный налоговый режим – упрощенная система налогообложения» (№ 270-3-VI), «Специальный налоговый режим – о самозанятых лицах» (№ 278-3-VI) [1–3].

Самый простой вид налогообложения предназначен для самозанятых, что является новым понятием в приднестровском законодательстве. Самозанятыми считаются физические лица, зарегистрированные в

качестве индивидуальных предпринимателей, которые благодаря собственным знаниям и умениям работают, обеспечивая себя и свою семью. Таким индивидуальным предпринимателям станут выдавать не патенты, а удостоверения, позволяющие заниматься одним или несколькими (максимум тремя) видами деятельности из 20 предложенных: изготовлением изделий народного промысла, логопедической и психологической помощью, преподаванием и репетиторством, услугами переводчика, услугами по оборудованию квартир, уходом за больными, переплетными работами и т. д.

Ежемесячно самозанятые лица будут авансом осуществлять социальные платежи: 14%-ный единый социальный налог и 3%-ный обязательный страховой взнос. Налоговой базой станет один минимальный размер оплаты труда (МРОТ). При этом целый ряд категорий граждан получают льготы в размере от 50 до 90 %, что было закреплено и в предыдущей редакции закона ПМР «Об индивидуальном предпринимательском патенте». Для самозанятых, как и для остальных предпринимателей, установлен налог с потенциально возможного годового дохода по ставке 3 %, но поскольку сам возможный доход согласно закону определен нулевым, то платить ничего не придется [3].

Самозанятым лицам не нужно вести учет, предоставлять налоговую отчетность и использовать контрольно-кассовую технику. Но им нельзя нанимать персонал, заключать между собой договор о совместной деятельности (договор простого товарищества), вести внешнеэкономическую деятельность, проводить операции с юридическими лицами, торговать.

При патентной системе налогообложения предоставляется больше свободы: в одном патенте, выдаваемом на год, можно выбрать из 67 видов деятельности сразу пять. Такой порядок действовал и в предыдущей редакции закона.

Субъекты патентной системы налогообложения, как гласит закон, не применяют контрольно-кассовые аппараты, не ведут бухгалтерский учет, не составляют отчетность, не подают налоговых деклараций. Работая по патенту, можно привлекать до пяти наемных работников, что является нововведением, и вести внешнеэкономическую деятельность. Патентообладатель будет уплачивать уже упомянутый ранее 3%-ный налог с потенциально возможного годового дохода, размер которого государство определило для каждого вида деятельности, и социальные платежи: единый социальный налог (14 % от МРОТ), обязательный страховой взнос (3 %), подоходный налог за каждое привлекаемое лицо (5 %) [1]. Так же, как и для самозанятых, предусмотрены льготы в виде снижения размера социальных платежей и подоходного налога.

Размер потенциально возможного годового дохода для разных видов деятельности колеблется от 2000 до 68 000 расчетных уровней минимальной заработной платы (учитывая, что для расчета стоимости патента на осуществление торговой и неторговой деятельности используются РУМЗП, равные 6 и 4 рублям соответственно). Самый высокий показатель установлен для тех патентчиков, которые торгуют бывшими в употреблении компьютерами, ноутбуками, мониторами, сканерами и прочей оргтехникой, а наименьший – для тех, кто занимается дублированием и обработкой кожи и(или) меха, изготовлением и реализацией одежды меховой, предметов одежды с применением кожи и(или) меха [1].

Также предусмотрены предельные размеры потенциально возможного годового дохода по видам предпринимательской деятельности в зависимости от численности наемных работников. Исходя из территориального действия патентной системы налогообложения соответствующие Советы народных депутатов вправе устанавливать

коэффициент в пределах 0,5–1,5 % от потенциально возможного годового дохода.

Что касается ограничений, то патентщикам будет запрещено торговать с юридическими лицами, что было разрешено в Законе ПМР «Об индивидуальном предпринимательском патенте». Также нельзя торговать электротоварами, сантехникой, керамической плиткой и кровельными материалами, видеокамерами, телевизорами с большой диагональю, ювелирными и табачными изделиями, спиртными напитками, бензином и газойлями, икрой осетровых и др.

И наконец тем предпринимателям, кто хочет полноценно работать и с юридическими лицами, нужно выбирать третий налоговый режим – упрощенную систему налогообложения. Индивидуальные предприниматели, которые перейдут на нее, также не будут вести бухучет, сдавать налоговую и финансовую отчетность. Но им необходимо использовать контрольно-кассовую технику и один раз в год, до 1 февраля, предоставлять фискальный отчет по каждому контрольно-кассовому аппарату и сведения из банка о движении средств по текущим рублевым и валютным счетам, открытым для осуществления предпринимательской деятельности.

При упрощенной системе налогообложения индивидуальный предприниматель тоже сможет принимать на работу до пяти человек и осуществлять почти все виды деятельности, за исключением таких, как производство и продажа спиртных напитков, консервированной продукции с содержанием алкоголя, табачных изделий, икры осетровых, бензина и др. [2].

Налоговые платежи для индивидуального предпринимателя по упрощенной системе налогообложения будут такими же, как для микропредприятий – 3 % налога с выручки, 14 % единого социального налога, 3 % обязательного страхового взноса, 5 % подоходного налога с физических лиц [2].

Таким образом, реформирование системы налогообложения Приднестровской Молдавской Республики в области индивидуальной предпринимательской деятельности обладает преимуществами и недостатками, которые поставят предпринимателей перед выбором. Индивидуальный предприниматель сможет работать по импонирующему ему режиму налогообложения в зависимости от планируемой суммы годового оборота, а также от вида деятельности и количества нанимаемых работников.

В случае если индивидуальный предприниматель планирует расширить бизнес и нанять большее количество работников, чем предусмотрено патентной системой налогообложения, то он вправе перейти на упрощенный режим налогообложения, собрав необходимый, в соответствии с действующим законодательством, пакет документов, не меняя при этом свою организационно-правовую форму. Данные нововведения позволят упростить и облегчить ведение бизнеса в республике.

Если же провести аналогию с Россией, то налоговым законодательством государства предусмотрены два подхода к налогообложению доходов индивидуальных предпринимателей:

1) общий порядок налогообложения (налог на доходы физических лиц на общих основаниях);

2) специальные налоговые режимы.

При общем порядке доходы индивидуальных предпринимателей облагаются налогом на доходы физических лиц в соответствии с главой 23 Налогового кодекса РФ [4]. Индивидуальные предприниматели облагаются налогом на доходы, полученные от занятия предпринимательской деятельностью без образования юридического лица, по ставке 13 %. Налоговая база при этом рассчитывается как разница между суммой полученных доходов и суммой налоговых вычетов (стандартных, со-

циальных, имущественных и профессиональных).

Кроме налога на доходы физических лиц индивидуальные предприниматели в соответствии с главой 24 Налогового кодекса РФ уплачивают единый социальный налог. Они могут также уплачивать налог на добавленную стоимость, налог на добычу полезных ископаемых, земельный налог, налог на имущество физических лиц, акцизы, вносить плату за пользование водными объектами, за загрязнение окружающей среды и облагаться государственной пошлиной и транспортным налогом в соответствии с главой 28 Налогового кодекса РФ [4].

К специальным налоговым режимам относятся:

– упрощенная система налогообложения (УСН);

– патентная система налогообложения (ПСН);

– система налогообложения в виде единого налога на вмененный доход (ЕНВД);

– система налогообложения в виде единого сельскохозяйственного налога.

В зависимости от объекта налогообложения различают два варианта применения упрощенной системы налогообложения:

1) с объектом налогообложения – доходы. При этом налоговой базой признается денежное выражение доходов организации или индивидуального предпринимателя. Максимальная налоговая ставка установлена в размере 6 %;

2) с объектом налогообложения – доходы, уменьшенные на величину расходов. Налоговой базой признается денежное выражение доходов, уменьшенных на величину расходов [5].

Сравнительные данные по специальным налоговым режимам Российской Федерации для большей наглядности отражены в таблице.

## Сравнительные данные по специальным налоговым режимам в РФ

Элемент	УСН	ЕНВД	ПСН
Объект налогообложения	Доходы (для УСН доходы) или доходы, уменьшенные на расходы (для УСН доходы минус расходы)	Вмененный доход налогоплательщика	Потенциально возможный к получению годовой доход
Налоговая база	Денежное выражение доходов (для УСН доходы) или денежное выражение доходов, уменьшенных на расходы (для УСН доходы минус расходы)	Денежная величина вмененного дохода	Денежное выражение потенциально возможного к получению годового дохода
Налоговый период	Календарный год	Квартал	Календарный год либо срок, на который выдан патент
Налоговые ставки	По регионам от 1 до 6 % (для УСН доходы) или от 5 до 15 % (для УСН доходы минус расходы)	15 % величины вмененного дохода	6 % потенциально возможного к получению годового дохода
Налоговая отчетность	Одна годовая декларация	Ежеквартальная декларация по ЕНВД	Декларацию сдавать не надо
Уплата налога	При наличии доходов уплата каждый квартал аванса по налогу, по итогам года – окончательный расчет	Уплата фиксированной суммы каждый квартал	ИП покупает патент на срок от 1 до 12 месяцев в пределах календарного года
Максимальное количество наемных работников	100 человек (для УСН доходы и для УСН доходы минус расходы)	100 человек	15 человек

В связи с вступлением в силу главы 26.1 НК РФ «Система налогообложения для сельскохозяйственных товаропроизводителей (единый сельскохозяйственный налог)» произошли изменения в налогообложении крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей, занимающихся сельскохозяйственным производством [6]. Налогоплательщики данной категории переходят на уплату единого сельскохозяйственного налога при условии, что за предшествующий год доля выручки от реализации продукции, произведенной ими на сельскохозяйственных угодьях (в том числе от реализации продуктов ее переработки), в общей выручке от реализации товаров (работ, услуг) составила не менее 70 %. Переход на уплату единого сельскохозяйственного налога не зависит от численности

работников в хозяйстве. Налоговая ставка единого сельскохозяйственного налога устанавливается в размере 6 % налоговой базы, которой признается денежное выражение доходов (включая натуральные), уменьшенных на величину расходов [7].

Что касается самозанятых граждан, то для российского законодательства это понятие тоже новое. В России в отличие от Приднестровья самозанятые не являются индивидуальными предпринимателями, но при этом оказывают без привлечения работников другому физическому лицу услуги для личных, домашних или иных подобных нужд. К таким самозанятым лицам можно отнести репетиторов, нянь и т. п., теперь они подлежат налоговому учету. В кабинете министров ожидают, что до конца 2024 года официальный статус самозанятых получат 2,4 млн граждан, при

этом до конца 2019 года самозанятыми должны стать не менее 200 тыс. человек. Новый закон – налоговый специальный режим «Налог на профессиональный доход» (№ 422-ФЗ, принят Госдумой на пленарном заседании 27 ноября 2018 года) предусматривает два вида ставок: 4 % в отношении доходов от реализации товаров (работ, услуг, имущественных прав) физическим лицам; 6 % в отношении доходов от реализации товаров (работ, услуг, имущественных прав) индивидуальным предпринимателям для использования при ведении предпринимательской деятельности и юридическим лицам [8].

Пока новый налоговый режим будет действовать в качестве эксперимента, который продлится с 1 января 2019 года по 31 декабря 2028 года в четырех регионах страны (на территории Москвы, Московской области, Калужской области, а также Республики Татарстан). Начиная с 2020 года к нему могут присоединиться другие регионы.

В заключение хотелось бы отметить, что безопасность и стабильность государства, благополучие граждан напрямую зависят от устойчивости развития малого и среднего бизнеса и степени его социальной ответственности. Сегодня руководству нашей республики важно уделять особое внимание повышению эффективности реализации государственной политики в сфере развития и поддержки малого и среднего бизнеса, а также вопросам функционирования и развития сферы предпринимательства. Именно малое и среднее предпринимательство обладает тем огромным потенциалом, эффективное использование которого позволит сделать существенный вклад в подъем экономики государства.

## Цитированная литература

1. Закон ПМР «Специальный налоговый режим – патентная система налогообложения» от 30 сентября 2018 г. № 269-3-VI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vspmr.org/>
2. Закон ПМР «Специальный налоговый режим – упрощенная система налогообложения» от 30 сентября 2018 г. № 270-3-VI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vspmr.org/>
3. Закон ПМР «Специальный налоговый режим – о самозанятых лицах» от 30 сентября 2018 г. № 278-3-VI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vspmr.org/>
4. Налоговый кодекс РФ в текущей редакции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vladrieltor.ru/nalkodeks>
5. **Никитина Д.П., Савина О.Н.** Специальные налоговые режимы для СМП: их роль и эффективность // Содействие развитию малого и среднего предпринимательства: зарубежный опыт и российская практика. – 2015. – № 2. – С. 89–97.
6. **Титова Д.А.** Преобразования в законодательстве для индивидуальных предпринимателей в 2019 году // Молодой ученый. – 2019. – № 24 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/262/60522/>
7. **Пьянова М.В.** Патентное налогообложение как инструмент поддержки малого предпринимательства в России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2017. – Т. 13, вып. 5. – С. 857–870 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fin-izdat.ru/journal/national/>
8. Федеральный закон РФ – налоговый специальный режим «Налог на профессиональный доход» от 27 ноября 2018 г. № 422-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online>

## МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ КОНКУРЕНЦИИ НА РЫНКЕ БАНКОВСКИХ УСЛУГ

*Л.М. Сафронова, Г.В. Матрёницкий*

*Обоснована актуальность развития конкуренции на рынке банковских услуг, необходимость дифференцированного и комплексного подходов к работе с клиентами. Представлен перечень рекомендуемых для применения в банках Приднестровской Молдавской Республики способов взаимодействия с клиентами. Описаны приемы продвижения банковских услуг на зарубежных рынках.*

**Ключевые слова:** рынок банковских услуг, конкуренция, маркетинг, клиент, зарубежный опыт.

## INTERNATIONAL EXPERIENCE OF THE COMPETITION ON THE MARKET OF BANKING SERVICES

*L.M. Safronova, G.V. Matrenitskiy*

*The article proves the relevance of the development of competition on the banking services market, the need for a differentiated and integrated approach to working with clients. A list of ways to interact with customers recommended for use in Pridnestrovian banks is presented, ways to promote banking services in foreign markets are described.*

**Keywords:** market of banking services, competition, marketing, client, foreign experience.

Обособившись в результате распада социалистического лагеря, банки европейских стран, входивших в него, получили широкий спектр преимуществ. Образование внутренних рынков, на которых можно продвигать свои услуги, а также близость множества других развитых государств открыли возможность учреждать международные компании, что способствовало привлечению огромного числа клиентов из-за рубежа. Это сделало регионы Центральной и Восточной Европы прекрасным местом для международного банкинга.

Венгрия, Польша, Чешская и Словацкая республики дальше других бывших социалистических стран продвинулись по пути создания рыночной экономики, и им присуща стабильная и либеральная экономическая, политическая и юридическая среда. Поэтому именно в эти государства поступают наибольшие суммы прямых иностранных банковских инвестиций [1, с. 41].

Рынок банковских услуг в Европе носит комплексный и неоднородный характер. Одномоментное управление активами и пассивами происходит как во время частного (розничного), так и во время корпоративного банкинга. Этот рынок сегментирован, а предлагаемые услуги на нем специализированы, и выбор их широк. Кроме того, у каждого банка существует стратегия выхода на близлежащие рынки.

Банки, занимающиеся оказанием услуг корпоративным клиентам, делятся на две группы. К первой относятся коммерческие банки, принимающие средства на депозитные вклады, выдающие ссуды клиентам и осуществляющие торговлю банковскими услугами; ко второй – инвестиционные банки, которые оказывают консультационные услуги по вопросам слияния и приобретения. Хотя эти две группы весьма различны по своим критериям и параметрам,



в каждой из них прочно укоренены иностранные банки, поскольку деятельность в одной области напрямую влияет на деятельность в другой.

Европейские банкиры уверены, что специализация банковских услуг сильно затягивает их экспорт, а следовательно, банк теряет прибыль и место на зарубежном рынке. Выявлено, что, несмотря на незначительный объем транснациональных банковских услуг, их разработка и реализация на иностранном языке существенно снижает их стоимость и, таким образом, дает еще больше преимуществ на этапе выхода на зарубежный рынок. Подобный принцип касается вообще всех услуг [2].

Следует обратить внимание на розничный банкинг для физических лиц за границей, хотя подобная практика встречается редко. В качестве примера можно привести два банка – ING и Citibank, которые наиболее заинтересованы в работе с розничными клиентами Центральной и Восточной Европы (правда, на особых условиях и в ограниченных масштабах). Сначала Citibank в рамках реализации своей политики предоставлял клиентам возможность размещать высокодоходные депозитные вклады за границей, со временем «снижая планку», пока в 1995 году не открыл первый филиал в Венгрии.

Западноевропейские банки стараются установить контроль над розничным банковским бизнесом в Центральной и Восточной Европе, пренебрегая рядом недостатков реализации розничных услуг в данном регионе. Это объясняется тем, что практически любая страна рано или поздно может вступить в Евросоюз, т. е. банки смотрят в перспективу. Сейчас европейский рынок представляет собой несколько совместных предприятий и широкую сеть филиалов.

У иностранных банков есть чему поучиться, в частности способам выхода на зарубежные рынки. Показательным при-

мером является то, что эти крупные игроки контролируют практически все банки в рассматриваемом регионе.

Контрактные формы продвижения на рынок банковских продуктов встречаются наиболее часто. Западные банки успешно реализуют свои конкурентные преимущества, такие как анализ ликвидности заемщиков и достаточность капитала кредитора, что позволяет им финансировать крупные операции и распространять собственное влияние.

Представительские офисы западных банков обладают крайне ограниченными правами на чужой территории. Они не могут проводить никаких банковских операций, а лишь облегчают взаимодействие с местными контрагентами и предоставляют информацию о рынке и установившихся деловых контактах с представителями местной экономики. Однако это все равно остается крайне эффективным шагом на пути выхода на зарубежный рынок, поскольку информация сегодня является практически бесценным ресурсом.

Открытие представительства – максимально эффективный ход для распространения влияния на чужом рынке. По сравнению с организацией филиала, которому необходимы большие финансовые вливания, открытие представительского офиса не скажется на кредитоспособности банка, а затраты компенсируются максимально быстро, что подтверждено на практике. Моделью, наиболее часто используемой иностранными банками для выхода на рынок банковских услуг того или иного постсоциалистического государства, является модель Greenfield. Она весьма затратная, поэтому больше подходит особо крупному банку или даже ассоциации банков. Суть модели заключается в приобретении уже существующего банка и реорганизации его в свое дочернее предприятие или филиал. Разница между ними кроется в использовании капитала – филиал использует ресурсы

главного офиса, а дочерняя компания финансируется из собственных средств [3].

Западноевропейские банки в полной мере используют и наращивают свое влияние в постсоциалистических странах, захватывая эти рынки и обеспечивая собственное присутствие на них. Таким образом, банки пропагандируют свое имя и без особых затрат привлекают к себе положительное внимание клиентов через представительства, тем самым увеличивают клиентскую базу, еще не вступив на рынок полностью, что в очередной раз говорит о перспективном мышлении крупных игроков из Западной Европы.

Основой банковского бизнеса являются устойчивые и долгие связи с клиентом, поскольку и заемщик, и кредитор могут минимизировать издержки на проведение банковских операций. Если нет возможности развернуть рекламную кампанию, однако имя банка на новом рынке уже на слуху, клиенты набираются в основном по личным рекомендациям. Это касается, прежде всего, аудиторских услуг. На создание имиджа нужно очень много времени, для того чтобы очернить банк, достаточно нескольких отзывов в газете или пары вопиющих случаев, и неважно, остался банк в материальной выгоде или понес убытки. Репутация – бесценна [4].

Также важным остается вопрос государственного контроля над иностранными банками. В постсоциалистических странах он в основном осуществляется на этапе выхода на рынок. Для банка, попадающего в чуждую обстановку, крайне значим набор высококвалифицированного персонала, поскольку от него зависит успех предпринимаемого вмешательства. Здесь особое внимание уделяется как компетенции сотрудников, так и конфиденциальности при реализации стратегий вступления на рынок. Важно вовлечь клиентов в пользование своими услугами, сделать свой сервис необходимым для клиента, чтобы у

него не оставалось альтернатив. Успешная реализация этой цели зависит от спектра и качества предлагаемых услуг. Большое значение, конечно, имеет стоимость услуг. Для банка она должна быть максимальной, естественно с поправкой на уровень доходов населения, уровень жизни и уровень заинтересованности клиентов.

На процесс интернационализации банковской системы также влияет простота взаимодействия клиента и банка, услуги должны быть максимально простыми и быстрыми в оформлении, что опять же зависит от персонала. Некоторые банковские продукты (например, ведение торговых операций на денежном рынке) требуют минимального взаимодействия банка с клиентом, другие (такие как оказание консультационных услуг по слиянию и поглощению) – гораздо более интенсивного. Учитывая чужеродность среды, не следует забывать о культуре ведения банковского дела в стране, а также о глубоком знании языка. Эти трудности подталкивают к организации филиала либо офиса на новой территории, поскольку такие действия помогут еще глубже закрепиться на рынке и втянуться в бизнес [5, с. 130].

Обращаясь к опыту ведения конкурентной борьбы на рынке банковских услуг в Российской Федерации, необходимо отметить, что там создаются фонды страхования вкладов для физических лиц. Однако гарантия возврата вложенных средств раньше распространялась лишь на вклады населения до 100 000 руб., т. е. чуть более 3000 долл. США, а проценты по таким суммам невелики. С 2007 года страхуются вклады до 190 000 руб., но на сложившуюся ситуацию это практически не повлияло. Процедура открытия счета происходит очень долго (порядка 1–2 часов), что недопустимо в банках, в уставном капитале которых содержатся зарубежные активы и которые предоставляют более выгодные процентные ставки, используют современные технологии и при-

емы в маркетинге. Среди недостатков можно назвать также распыленность активов и неспособность удовлетворить потребности различных категорий граждан. Причиной выступает отсутствие качественной и продуманной системы управления рисками. Для решения этой проблемы необходимы дополнительные затраты на квалифицированные кадры как для реализации сделок, так и для повышения навыков самого персонала, что ведет к снижению рентабельности.

Важным направлением, получившим развитие в последние годы в России, является банковский маркетинг. На новом этапе перехода экономики страны к рынку кредитные организации существенно изменяют формы и сферы своей деятельности, реализуют структурные нововведения, стремятся открыть для себя новые рынки. Сложившаяся ситуация вынуждает российские банки использовать современные приемы в маркетинге и способы предоставления своих услуг, новые подходы в проработке предлагаемых продуктов и анализе клиентской базы с целью ее структурирования и обеспечения услугами. Ведь еще не так давно исследованию рынка и глубокому анализу его сегментов не уделялось должного внимания. Сегодня руководители банков крайне заинтересованы в наличии кадров, подкованных в банковском маркетинге и менеджменте, что также стимулирует спрос на данные научные дисциплины.

Затраты, которые несут банки разрабатывая продукты, напрямую влияют на ценность этих продуктов для клиента. В целях выявления предпочтений потребителей чаще всего используется метод сопряженного анализа, заключающийся в том, что клиентам предлагается на выбор 15–20 пар банковских продуктов и банков. Респонденты должны сопоставить преимущества и недостатки каждого предложения и выбрать из двух одно. Ответы оцениваются определенным числом пунктов (баллов). Таким образом, банк может безболезненно

(т. е. без потери клиентов) удвоить цену некоторых услуг, предоставив клиентам дополнительное обслуживание.

С целью привлечь, а главное удержать, особо крупных и полезных клиентов банки стали прибегать к опыту промышленных и торговых компаний, которые со второй половины XX века реализовывали специальные маркетинговые приемы. Известно, что 20 % клиентов приносят банку 80 % прибыли, правило Паретто никто не отменял. Сбор и обработка информации о VIP-клиентах помогает организовать целевой маркетинг, а также использовать таргетирование при реализации своих услуг для предоставления необходимых продуктов необходимым клиентам [6, с. 53].

Таким образом, можно заключить, что банковское дело развивает торговую направленность. Важным становится то, кому и как продать свои продукты, как привлечь к себе больше клиентов из разных слоев, как их обеспечить, как ускорить производство услуг. Но не стоит забывать о том, что одним из главных аспектов является контроль действий конкурентов, поскольку контроль рынка должны осуществлять, в первую очередь, его участники, а не государство.

Резюмировав сказанное, к основным конкурентным преимуществам российских банков можно отнести:

- безопасность собственных сбережений;
- четкий внутренний механизм работы кадров, основанный на принципах маркетинга и менеджмента;
- качественный риск-менеджмент;
- строгую спецификацию в работе с физическими и юридическими лицами, а также грамотный персонал, эффективно реализующий нужные продукты нужным клиентам [7].

Анализируя опыт конкурентной борьбы зарубежных банков, можно выделить следующие ее основные направления, ко-

торые были бы весьма полезны в отечественном банковском секторе на фоне развития в Приднестровском регионе новых технологий взаимодействия с клиентами. С этой точки зрения весьма интересным представляется [8, с. 76]:

1) разделение менеджеров среднего и высшего звена:

- на региональных менеджеров;
- менеджеров по управлению и развитию комплекса банковских услуг и продуктов (product management);
- менеджеров по развитию отношений с клиентами (relationship management);

2) анализ и реализация потенциала в маркетинге банковских услуг;

3) автоматизация рабочих мест менеджеров, позволяющая генерировать банковские услуги исходя из сиюминутных предпочтений клиента;

4) дифференциация банковских услуг на корпоративный и розничный банкинг и объединение их в кластеры;

5) приобретение опыта по выводу банковских услуг на внешние рынки;

6) сосредоточение внимания на особо крупных и полезных клиентах;

7) развитие корпоративной культуры, способствующей развитию отношений с клиентом;

8) тщательная разработка имиджа банка, распространение упоминаний о положительной репутации банка.

### Цитированная литература

1. **Boddewyn J.J., Hallbrich M.B., Perry A.C.** Service Multinationals: conceptualization measurement and theory // Journal of International Business Studies. – 2003. – Vol. 17, № 3. – P. 41–57.
2. **Dale R.** The regulation of international banking // Oxford Economic Paper. – 2002. – Vol. 25(3). – P. 289–236.
3. National bank of Poland. Outline of the basic principles applied by the National Bank of Poland in authorising banking activity and granting foreign exchange licenses. – Warsaw: NBR, 2003.
4. **McEvoy M.** Internet banking in Europe: Country profiles. The Tower Group. – London, 2000.
5. **Иванов А.И.** Банковские услуги: зарубежный и российский опыт. – М.: Финансы и статистика, 2002.
6. АБН АМРО БАНК. Экономический департамент. Проблемы банковской стратегии. Амстердам, 2004.
7. **Найт Р. Мак.** Качественное обслуживание // Финансист. – 1997. – № 9. – С. 52–54.
8. **Кашани К.** Маркетинг изменяется, чтобы выжить // Маркетинг. – 1998. – № 1. – С. 76–81.

УДК 336.717

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВАМИ И ПАССИВАМИ КОММЕРЧЕСКОГО БАНКА

*Л.М. Сафронова, В.И. Шонц*

*Проводится анализ эффективности использования коммерческим банком имеющихся в его распоряжении ресурсов и соблюдения определенных соотношений между активами и пассивами банка, а также заданных нормативов оптимизации банковской деятельности. Оценивается степень сбалансированности между прибыльностью и ликвидностью коммерческого банка в целях квалифицированного решения управленческих задач и реализации эффективной управленческой политики.*

**Ключевые слова:** *коммерческий банк, активы, пассивы, банковская ликвидность, нормативы ликвидности, прибыльность, управление активами и пассивами банка.*

## ASSESSMENT OF EFFICIENCY OF MANAGING THE ASSETS AND PASSIVES OF THE COMMERCIAL BANK

*L.M. Safronova, V.I. Shonts*

*The article analyzes the efficiency of the use of resources by a commercial bank and the observance of certain relationships between assets and liabilities of a bank, as well as specified standards for optimizing banking activities. The degree of balance between profitability and liquidity of a commercial bank is assessed in order to solve management tasks and implement effective management policies.*

**Keywords:** *commercial bank, assets, liabilities, bank liquidity, liquidity ratios, profitability, management of bank assets and liabilities.*

Процесс принятия управленческих решений в коммерческом банке должен строиться на комплексном анализе структуры и динамики его активных и пассивных операций, их согласованности, доходности, маржи по банковским операциям, а также на оценке текущего и прогнозного уровней всех видов банковских рисков. В современных условиях нестабильности финансовых рынков и повышения рискованности финансовой деятельности сбалансированное управление активами и пассивами выступает достаточно актуальной научной проблемой и рассматривается как наиболее эффективный подход к рациональному управлению коммерческим банком.

Актуальность данной темы заключается в том, что сбалансированная структура активов и пассивов в коммерческом банке как основа экономической эффективности его деятельности позволяет спрогнозировать финансовые результаты для разработки управленческих решений с целью предотвращения нарушения экономических нормативов.

Целью исследования стала оценка эффективности использования коммерческим банком имеющихся в его распоряжении пассивов путем определения степени сбалансированности между прибыльностью и ликвидностью банка.

Объектом исследования выступила деятельность ОАО «Эксимбанк» по управлению банковскими активами и пассивами.

В процессе исследования применялись общенаучные методы: дедукции и индукции, группировки, анализа (горизонтального, вертикального, коэффициентного) и синтеза, а также методы экономического (финансового) анализа. Проведение исследования основывалось на официальных статистических данных Приднестровского республиканского банка, данных финансовой отчетности ОАО «Эксимбанк» за 2015–2017 гг.

Управление активами и пассивами – это процесс регулярного сопоставления показателей баланса коммерческого банка с целью поддержания прибыльности и минимизации банковских рисков. Управление активами и пассивами направлено на решение проблемы привлечения и распределения свободных средств, вложений в основные средства, поддержания уровня достаточности собственного капитала [1, с. 48].

Для оценки эффективности управления активами и пассивами важное значение имеет горизонтальный и вертикальный анализ активных и пассивных операций коммерческого банка, позволяющий выявить структуру и тенденции их развития [2, с. 50].

Исходя из результатов анализа динамики и структуры активных операций ОАО «Эксимбанк» в 2015–2017 гг. (табл. 1) видно, что в 2016 г. по многим статьям актива баланса банка произошло сокращение, обусловленное преимущественно

**Динамика и структура совокупных активов ОАО «Эксимбанк»  
в 2015–2017 гг.\***

Наименование статьи	2015 г.		2016 г.		2017 г.		Абсолютное отклонение, тыс. руб.		Темп роста, %	
	тыс. руб.	уд. вес, %	тыс. руб.	уд. вес, %	тыс. руб.	уд. вес, %	2016 г. к 2015 г.	2017 г. к 2016 г.	2016 г. к 2015 г.	2017 г. к 2016 г.
Денежные средства и другие ценности	85 313	8,80	78 745	10,35	146 652	8,26	–6 568	67 907	92,30	186,24
Средства кредитных организаций в ПРБ	172 827	17,82	129 798	17,06	228 524	12,87	–43 029	98 726	75,10	176,06
Средства в кредитных организациях	9936	1,02	21 027	2,76	139 662	7,86	11 091	118 635	211,62	664,20
Чистая задолженность по кредитам и приравненная к ней задолженность	415 385	42,84	233 551	30,70	795 188	44,77	–181 834	561 637	56,23	340,48
Чистые вложения в финансовые активы, предназначенные для продажи	1515	0,16	2196	0,29	3148	0,18	681	952	144,95	143,35
Основные средства, нематериальные активы и материальные запасы	80 808	8,33	64 965	8,54	97 013	5,46	–15 843	32 048	80,39	149,33
Прочие активы	203 948	21,03	230 589	30,31	365 920	20,60	26 641	135 331	113,06	158,69
<b>Всего активов</b>	<b>969 733</b>	<b>100,00</b>	<b>760 871</b>	<b>100,00</b>	<b>1 776 108</b>	<b>100,00</b>	<b>–208 862</b>	<b>1 015 237</b>	<b>78,46</b>	<b>233,43</b>

\* Составлено автором на основе бухгалтерских балансов ОАО «Эксимбанк» [3, 4, 5].

нестабильной макроэкономической ситуацией в республике, валютным кризисом и дестабилизацией кредитно-банковской системы. Наблюдалось значительное сокращение кредитных вложений банка, составившее 181 834 тыс. руб., или 43,77 %. Уменьшение показали и высоколиквидные банковские активы: денежные средства и другие ценности – на 6568 тыс. руб. (7,7 %) и средства кредитных организаций в ПРБ – на 43 029 тыс. руб. (24,9 %). При этом значительно увеличились средства

банка в других кредитных организациях – на 111,6 %, прочие активы – на 19,61 %. Таким образом, в 2016 г. совокупные активы банка сократились на 208 862 тыс. руб., или 21,54 %, и составили 760 871 тыс. руб.

В 2017 г. суммарные банковские активы увеличились на 1 015 237 тыс. руб., что составило 133,43 %. Это было вызвано, в первую очередь, значительным ростом объема кредитных операций банка. Кредитный портфель ОАО «Эксимбанк» увеличился на 561 637 тыс. руб., или на 240,5 %. Увеличи-



лись также средства банка в других кредитных организациях на 118 635 тыс. руб., или 564,2 %. На размер активов оказал существенное влияние рост денежных средств в кассе банка на 86,24 %, средств на счетах в ПРБ на 76,06 %, основных средств банка на 49,33 % и прочих активов на 58,7 %.

В структуре активов ОАО «Эксимбанк» наибольшая доля приходится на кредитный портфель (44,77 %), прочие активы (20,6 %) и средства на счетах в ПРБ (12,87 %).

Следует отметить, что масштабное расширение активных операций ОАО «Эксимбанк» в 2017 г. объясняется присоединением к нему двух финансово неустойчивых банков в результате проведения процедуры реорганизации банковской системы республики.

Анализ динамики и структуры пассивов ОАО «Эксимбанк» в 2015–2017 гг. (табл. 2) позволяет сделать следующие выводы:

1) собственный капитал банка сократился за рассматриваемый период; при этом наибольшее уменьшение наблюдалось в 2016 г. – на 32,76 %. В 2017 г. сокращение банковского капитала было обусловлено отрицательными значениями нераспределенной прибыли прошлых лет и отчетного периода. Однако существенный рост средств от переоценки основных средств и нематериальных активов (на 1071 тыс. руб.) позволил достичь незначительного сокращения собственного капитала банка в 2017 г. – на 1,39 %. Наибольший удельный вес в общей сумме капитала занимают средства акционеров, они составляют 70–90 % от всех источников собственных средств банка. Доля резервного фонда в собственных средствах стабильно увеличивалась с 10,31 % в 2015 г. до 15,64 % в 2017 г.;

2) обязательства ОАО «Эксимбанк» в 2016 г. сократились на 170 562 тыс. руб., или на 20 %, в результате оттока денежных средств с депозитных счетов клиен-

тов – физических и юридических лиц, а также уменьшения средств от выпуска долговых и прочих обязательств и снижения объема финансовой помощи от Центрального банка.

В 2017 г. в результате перехода клиентов реорганизованных банков в ОАО «Эксимбанк» суммарный объем привлеченных средств значительно увеличился (на 148,97 %) и составил 1 016 332 тыс. руб. Это было вызвано, в первую очередь, ростом средств частных клиентов на 814 418 тыс. руб. (238,15 %), средств корпоративных клиентов – на 188 864 тыс. руб. (295,09 %), средств кредитных организаций – на 38 222 тыс. руб. (84,94 %) и прочих обязательств – на 21 508 тыс. руб. (88,06 %). В том же году Эксимбанк получил от Приднестровского республиканского банка кредит в сумме 160 000 тыс. руб. по предлагаемым ПРБ схемам и инструментам рефинансирования, что на 45 041 тыс. руб. (21,97 %) меньше, чем в предыдущем году.

Средства физических лиц составляют наибольший удельный вес в структуре всех обязательств банка – 68,08 % (в 2015 г. – 51,40 %). Преобладание депозитных средств является положительным фактором с точки зрения функционирования коммерческого банка и получения положительного финансового результата.

Исходя из данных бухгалтерского баланса можно сделать вывод, что самые значимые статьи совокупных пассивов на протяжении всего анализируемого периода составляют средства клиентов (юридических и физических лиц) и средства кредитных организаций. Остальные статьи баланса практически не влияют на совокупные пассивы банка.

Таким образом, проведенный анализ активов и пассивов ОАО «Эксимбанк» в 2015–2017 гг. свидетельствует о неустойчивой тенденции результатов его деятельности, на которые существенное

Таблица 2

Динамика и структура совокупных пассивов ОАО «Эксімбанк» в 2015–2017 гг.\*

Наименование статьи	2015 г.		2016 г.		2017 г.		Абсолютное отклонение, тыс. руб.		Темп роста, %	
	тыс. руб.	уд. вес, %	тыс. руб.	уд. вес, %	тыс. руб.	уд. вес, %	2016 г. к 2015 г.	2017 г. к 2016 г.	2016 г. к 2015 г.	2017 г. к 2016 г.
	Средства Центрального банка	255 341	29,94	205 041	30,05	160 000	9,42	-50 300	-45 041	80,30
Средства кредитных организаций	24 269	2,85	45 000	6,60	83 222	4,90	20 731	38 222	185,42	184,94
Средства юридических лиц	85 104	9,98	64 002	9,38	252 866	14,89	-21 102	188 864	75,20	395,09
Средства физических лиц	438 374	51,40	341 982	50,13	1 156 400	68,08	-96 392	814 418	78,01	338,15
Выпущенные ценные бумаги	15 220	1,78	1799	0,26	0	0	-13 421	-1799	11,82	0
Прочие обязательства	34 502	4,05	24 424	3,58	45 932	2,70	-10 078	21 508	70,79	188,06
Резервы	0	0	0	0	160	0,01	0	160	0	0
Всего обязательств	852 810	100,00	682 248	100,00	1 698 580	100,00	-170 562	1 016 332	80,00	248,97
Средства акционеров	81 395	69,61	81 395	103,53	81 397	105,00	0	2,00	100,00	100,00
Эмиссионный доход	69	0,06	69	0,09	67	0,09	0	-2,00	100,00	97,10
Переоценка основных средств и нематериальных активов	10	0,01	2,50	0,003	1073	1,38	-8,00	1071	25,00	42920
Резервный фонд	12 057	10,31	12 127	15,42	12 127	15,64	70	0	100,58	100
Прочие источники собственных средств	57	0,05	0	0	0	0	-57,00	0	0	0
Нераспределенная прибыль (убыток) прошлых лет	21 941	18,77	0,80	0,001	-14 956	-19,30	-21 940	-14 957	0,004	-1869500
Нераспределенная прибыль (убыток) за отчетный период	1394	1,19	-14 971	-19,04	-2180	-2,81	-16 365	12 791	-1073,9	14,56
Всего собственных средств	116 923	100,00	78 623	100,00	77 528	100,00	-38 300	-1 095	67,24	98,61
Всего пассивов	969 733	-	760 871	-	1 776 108	-	-208 862	1 015 237	78,46	233,43

\* Составлено автором на основе бухгалтерских балансов ОАО «Эксімбанк» [3, 4, 5].

негативное влияние оказывают факторы макроэкономической нестабильности, геополитической напряженности и финансовой глобализации.

На следующем этапе оценки целесообразно выявить уровень банковской ликвидности посредством анализа степени соблюдения коммерческим банком обязательных экономических нормативов ликвидности, установленных Центральным банком.

В табл. 3 представлена информация о нормативных и фактических значениях анализируемых показателей ликвидности.

В период 2015–2017 гг. норматив мгновенной ликвидности ОАО «Эксимбанк» снижается с 212,65 % до 112,1 %, однако данные показатели соответствуют минимально допустимому значению норматива 20 %, что указывает на возможность банка выполнять свои обязательства в текущий период деятельности.

Норматив текущей ликвидности также снижается со 111,13 до 77,05 % при минимально допустимом значении норматива 50 %. Это означает, что у банка достаточный запас ликвидности и ограничен риск потери платежеспособности в течение ближайших 30 дней.

Норматив долгосрочной ликвидности демонстрирует повышательную динамику и достигает в 2017 г. 74,88 %. При этом данный норматив не превышает установленного максимального значения 120 %,

что свидетельствует об ограничении риска неплатежеспособности банка в результате размещения средств в долгосрочные активы, т. е. банк не злоупотребляет размещением краткосрочных пассивов в долгосрочные активы.

Однако, несмотря на то что каждый из оцениваемых нормативов находится в допустимых границах и Эксимбанк соблюдает все требования Приднестровского республиканского банка, анализируемые показатели ликвидности имеют тенденцию приближения к минимальным или максимальным значениям, что свидетельствует о необходимости проведения грамотной политики управления активами и пассивами для поддержания банковской ликвидности на требуемом уровне.

После определения уровня ликвидности необходимо оценить эффективность деятельности коммерческого банка посредством расчета и анализа показателей рентабельности (табл. 4).

Так, в 2016 г. наблюдалась отрицательная динамика показателей рентабельности: показатель ROA уменьшился на 1,06 %, показатель ROE – на 10,06 %; рентабельность доходов – на 6,21 %, т. е. активы, собственный капитал и доходы банка стали приносить меньше прибыли. В 2017 г. отмечалось некоторое улучшение показателей рентабельности: ROA увеличился на 0,8 %, ROE – на 6,06 %, рентабельность доходов – на 4,22 %. Од-

Таблица 3

Динамика нормативов ликвидности ОАО «Эксимбанк»\*

Наименование показателя	Нормативное значение	Фактическое значение, %		
		2015 г.	2016 г.	2017 г.
Норматив мгновенной ликвидности кредитной организации (Н2.1)	min 20 %	212,65	158,65	112,1
Норматив текущей ликвидности кредитной организации (Н2.2)	min 50 %	111,13	98,88	77,05
Норматив долгосрочной ликвидности кредитной организации (Н2.3)	max 120 %	44,38	25,89	74,88

\* Составлено автором на основе сведений об обязательных нормативах ОАО «Эксимбанк» [3, 4, 5].

**Динамика показателей рентабельности ОАО «Эксимбанк»  
в 2015–2017 гг.\***

Наименование показателя	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Абсолют. отклонение	
				2016 г. к 2015 г.	2017 г. к 2016 г.
Чистая прибыль, тыс. руб.	1393,92	-6971,08	-2180,03	-8365,00	4791,05
Собственный капитал, тыс. руб.	116923,53	78623,48	77528,51	-38300,05	-1094,97
Активы, тыс. руб.	969733,23	760871,09	1776108,27	-208862,14	1015237,18
Доходы, руб.	190911, 01	127137,51	173681,76	-63773,50	46544,25
Рентабельность капитала (ROE), %	1,19	-8,87	-2,81	-10,06	6,06
Рентабельность активов (ROA), %	0,14	-0,92	-0,12	-1,06	0,8
Рентабельность доходов, %	0,73	-5,48	-1,26	-6,21	4,22

\* Рассчитано автором на основе финансовой отчетности ОАО «Эксимбанк» [3, 4, 5].

нако данные значения существенно ниже допустимых граничных значений рентабельности банковской деятельности.

Таким образом, подводя итог исследования, можно заключить, что в период 2015–2017 гг. в деятельности ОАО «Эксимбанк» прослеживаются нестабильные тенденции развития активных и пассивных операций. При соблюдении заданных пропорций банковской ликвидности наблюдается отрицательная динамика показателей прибыльности, что, в свою очередь, негативно отражается на эффективности деятельности банка. Следовательно, стратегия деятельности ОАО «Эксимбанк» в кризисный период экономического развития республики была основана на приоритете сохранения своей стабильности и надежности в ущерб получению максимальной прибыли. Поэтому эффективное функционирование коммерческого банка во многом зависит от установления оптимального уровня соотношения прибыльности и ликвидности, которое приведет к повышению чистой прибыли, в рамках грамотного управления активными и пассивными операциями.

### Цитированная литература

1. Человская Е.И., Шонц В.И. Теоретические аспекты управления активами и пассивами коммерческого банка // Актуальные вопросы и проблемы экономики и управления: материалы Республ. науч.-практ. конф. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2018.
2. Левкина Е.В., Шевченко О.Н. Оценка управления активами и пассивами в коммерческом банке (на примере ОАО АКБ «Приморье») // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 8. – С. 47–56.
3. Финансовая отчетность ОАО «Эксимбанк» за 2015 год // Вестник Приднестровского республиканского банка. – 2016. – № 7. – С. 66–74.
4. Финансовая отчетность ОАО «Эксимбанк» за 2016 год // Вестник Приднестровского республиканского банка. – 2017. – № 6. – С. 69–77.
5. Финансовая отчетность ОАО «Эксимбанк» за 2017 год // Вестник Приднестровского республиканского банка. – 2018. – № 4. – С. 102–110.

УДК 330

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ ЗАО «ПРИДНЕСТРОВСКИЙ СБЕРЕГАТЕЛЬНЫЙ БАНК»

Ю.М. Сафронов, А.А. Овсянникова

*Рассмотрена история формирования ЗАО «Приднестровский Сбербанк», а также выполнен краткий анализ деятельности финансово-кредитного учреждения за три года.*

**Ключевые слова:** банк, финансовое состояние, основные показатели, доходность, ликвидность.

## ASSESSMENT OF THE FINANCIAL CONDITION OF CJSC «PRIDNESTROVIAN SAVING BANK»

Y.M. Safronov, A.A. Ovsyanikova

*The article considers the history of formation of CJSC «Pridnestrovian saving bank», and also the brief analysis of activity of the financial-credit institution for 3 years is given.*

**Keywords:** bank, financial condition, main indicators, profitability, liquidity.

Финансовые показатели являются абсолютными ценностями, характеризующими создание и использование финансовых ресурсов в экономике государства, его финансовое положение, результаты экономической деятельности предпринимательских структур, уровень доходов населения, распределение и перераспределение валового внутреннего продукта. Они определяют количественную и качественную характеристику экономических явлений и процессов при функционировании финансов как неотъемлемой части экономической системы.

Финансовые показатели банка используются для оценки текущего состояния кредитной организации и прогноза ее развития.

Основными финансовыми показателями банка являются:

- ликвидность банковского учреждения;
- доходность и прибыльность банка;
- достаточность капитала.

**Ликвидность банковского учреждения.** Одним из главных финансовых показателей банка является его ликвидность. Но основной целью деятельности коммер-

ческих банков выступает получение прибыли, поэтому должного внимания ликвидности не уделяется. А потеря ликвидности означает банкротство.

Существует два типа долговых обязательств коммерческого банка:

- реальные обязательства, отраженные в балансе в виде депозитов по требованию, срочных депозитов, фондов кредиторов и межбанковских кредитов;
- условные обязательства, указанные на небалансовых счетах (возникают при выдаче банком гарантии или поручительства) [1, с. 36].

Ликвидность зависит от внешних и внутренних факторов окружающей среды, которые, в свою очередь, влияют на финансовую активность коммерческого банка.

*Внешние факторы* включают в себя:

- общую финансово-экономическую и политическую ситуацию в стране;
- уровень развития рынка ценных бумаг и межбанковского рынка;
- оптимальность системы рефинансирования;
- эффективность надзорных функций Центрального банка.

Среди *внутренних факторов* различают:

- качество кредитов;
- объем финансовых ресурсов, привлеченных к общему валютному обороту;
- активный и пассивный баланс;
- управление банком;
- имидж и репутацию банковского учреждения на внутреннем и зарубежном финансовых рынках.

**Доходность и прибыльность банка.** Эффективность банка определяется соотношением его доходов и расходов. Крупные и хорошо известные финансово-кредитные организации строят свою работу так, что способны с минимальными потерями осуществлять большое количество операций.

Доходность является показателем деятельности банка, отражающим: доход от вложенного капитала (для акционеров); обеспечение надежности и эффективности работы банка (для вкладчиков); основной источник собственного капитала (для самого банка).

Прибыль служит одним из наиболее доступных и информативных индикаторов. Отражаясь в отчетности, в динамике этот финансовый индикатор должен иметь тенденцию к увеличению. В противном случае низкое значение прибыли влияет на состояние ликвидности банка. Но банки обязаны обеспечивать получение дохода при любом уровне риска.

Под доходностью понимается индикатор деятельности банка, без учета которого невозможно организовать эффективную работу кредитного и финансового учреждения. В штате банка есть специалисты-аналитики, которые занимаются оценкой доходов и разрабатывают программы рационального распределения финансов.

Основными показателями доходности являются:

- доходность активов (единый индикатор эффективности банка, который показывает использование всех имеющихся

ресурсов, отношение прибыли к среднему объему активов);

- чистая прибыль (прибыль от банковского предпринимательства минус налоговые платежи и непредвиденные расходы после налогообложения) [2, с. 72].

**Достаточность капитала.** Одним из факторов стабильности банка является достаточность капитала. Это показатель деятельности, который представляет собой отношение собственных ресурсов к общему размеру активов, взвешенных против рисков.

В случае ухудшения макроэкономической ситуации в стране высок риск банкротства недокапитализированных банков. В то же время такой банк не является конкурентоспособным на рынке кредитных ресурсов и капитала.

Соответственно, установление допустимой достаточности капитала позволяет ограничить риск несостоятельности банка и определить минимальную стоимость капитала, необходимую для покрытия предполагаемых рисков.

Показатели достаточности капитала делятся на две группы:

- первая группа коэффициентов основывается на соотношении капитала и общих вкладов;
- вторая группа – на соотношении капитала и активов банка.

В первом случае капитал рассматривается как средство защиты кредиторов. Во втором – как амортизатор, который помогает избежать снижения реальной стоимости активов.

Для расчета показателя достаточности капитала используются следующие методологии:

- единая система определения капитала и его структуры;
- пятиуровневая система оценки рисков, которая свойственна различным видам активов;
- добавление внебалансовых счетов в формулу расчета достаточности капитала;



– расчет коэффициента достаточности капитала (значение должно быть не менее 8 % от активов, оцененных по уровню риска) [3, с. 134].

Приднестровский государственный акционерно-коммерческий сберегательный банк «ПРИСБАНК» («PRISBANK») был создан 21 января 1993 года и зарегистрирован Приднестровским республиканским банком (регистрация № 5). В 2004 году переименован в ЗАО «Приднестровье Сбербанк» (регистрация № 12).

Сегодня ЗАО «Приднестровский Сбербанк» действует на основании общей лицензии на банковские операции серии № 0012753, выданной Приднестровским республиканским банком 25 июля 2000 года. Сбербанк является современным универсальным кредитным учреждением, предлагающим всем категориям клиентов широкий спектр высококачественных банковских и финансовых услуг. Это один из наиболее динамично развивающихся и надежных банков республики, лидер в обслуживании частных клиентов и единственный банк в ПМР, имеющий государственную гарантию сохранности и возврата депозитов граждан.

Приднестровский Сбербанк является юридическим лицом, образует единую систему с филиалами и другими обособленными подразделениями. Филиалы банка не имеют прав юридических лиц и действуют на основании утвержденных советом банка положений, имеют баланс, который входит в баланс банка, используют символы ЗАО «Приднестровский Сбербанк».

Ежегодно результаты финансово-хозяйственной деятельности банка проверяются внешним аудитором – российской аудиторской компанией ООО «ФБК-финансист».

ЗАО «Приднестровский Сберегательный банк» стремится соответствовать самым высоким стандартам, изо дня в день подтверждая свою репутацию эффективного и надежного партнера, который успешно работает с организациями и предприятиями различных отраслей и форм собственности. Его отличают надежность, оперативность, поиск оптимальных решений, гибкость и готовность удовлетворить любые пожелания клиентов.

Оценим доходность ЗАО «Приднестровский Сбербанк» в 2014–2016 годах (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

Доходность ЗАО «Приднестровский Сбербанк»

Показатель	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Прибыльность активов – нетто (ПД <sub>1</sub> )	3,08	2,67	-2,67
Прибыльность капитала (ПД <sub>2</sub> )	12,95	10,54	-7,17
Структура расходов (ПД <sub>3</sub> )	0,001	0,00	0,00
Чистая процентная маржа (ПД <sub>4</sub> )	7,26	8,40	5,31
Чистый спред от кредитных операций (ПД <sub>5</sub> )	-1,28	-1,26	6,41
РГД (обобщающий результат показателей доходности)	1,09	1,1	2,82

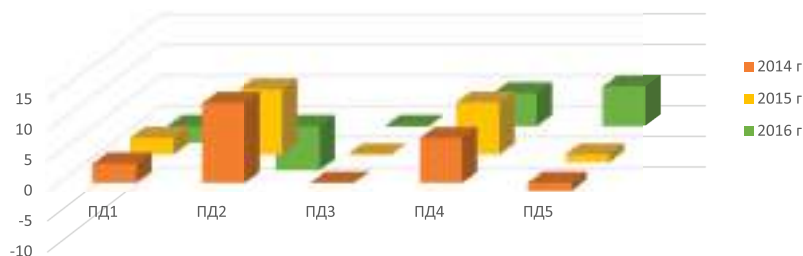


Рис. 1. Доходность ЗАО «Приднестровский Сберегательный банк»

Ликвидность ЗАО «Приднестровский Сбербанк»

Показатель	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Соотношение высоколиквидных активов и привлеченных средств (ПЛ <sub>1</sub> )	0,99	1,34	3,48
Мгновенная ликвидность (ПЛ <sub>2</sub> )	49,01	81,49	71,94
Текущая ликвидность (ПЛ <sub>3</sub> )	50,7	75,59	61,71
Структура привлеченных средств (ПЛ <sub>4</sub> )	0,02	0,016	0,04
Зависимость от межбанковского рынка (ПЛ <sub>5</sub> )	48,69	49,03	52,67
Риск выпущенных в обращение ценных бумаг (ПЛ <sub>6</sub> )	0,0	0,0	0,0
Небанковские кредиты (ПЛ <sub>7</sub> )	198,06	177,18	314,44
РГЛ (обобщающий результат показателей ликвидности)	2,40	2	2



Рис. 2. Оценка ликвидности ЗАО «Приднестровский Сберегательный банк»

Обобщающий результат по группе показателей капитала является целым числом. В случае если дробная часть полученного показателя имеет значение, меньшее 0,35, показателю присваивается значение, равное его целой части. В противном случае показатель принимается равным его целой части, увеличенной на 1.

Можно сделать вывод, что за 2014–2015 годы состояние доходности не изменилось и РГД = 1, т. е. состояние доходности хорошее, а в 2016 году РГД = 3, т. е. состояние доходности сомнительное.

Рассмотрим ликвидность ЗАО «Приднестровский Сбербанк» (табл. 2, рис. 2).

Обобщающий результат по группе показателей капитала является целым числом. В случае если дробная часть полученного показателя имеет значение, меньшее 0,35, показателю присваивается значение, равное его целой части. В противном случае показатель принимается равным его целой части, увеличенной на 1.

Можно сделать вывод, что за 2014–2016 годы состояние ликвидности не из-

менилось, РГЛ = 2, т. е. состояние ликвидности удовлетворительное [4, с. 17].

Говоря об общей картине финансового положения ЗАО «Приднестровский Сберегательный банк», можно отметить, что банк занимает прочную позицию, несмотря на кризисное состояние экономики ПМР.

### Цитированная литература

1. Астрелина В.В., Бондарчук П.К., Шальнов П.С. Управление ликвидностью в российском коммерческом банке: учеб. пособие. – М.: Форум; ИНФРА-М, 2012.
2. Банковское дело: учеб. для бакалавров / под ред. Е.Ф. Жукова, Ю.А. Соколова. – М.: Юрайт, 2012.
3. Тавасиев Л.М. Антикризисное управление кредитными организациями. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2006.
4. Сузов А.В. Управление банковскими рисками // Банковское дело. – 2002. – № 13(103). – С. 47–51.

## ЦЕНТРАЛЬНЫЙ БАНК В СИСТЕМЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭКОНОМИКИ

Ю.М. Сафронов, А.Е. Петухов

*Описаны сущность, роль, инструменты Центрального банка и его значение в системе государственного регулирования экономики. Рассмотрены точки зрения представителей таких экономических направлений, как кейнсианство и монетаризм. Определены взаимосвязь и противоречия монетарно-бюджетных инструментов.*

**Ключевые слова:** государственное регулирование экономики, Центральный банк, методы государственного регулирования экономики.

## CENTRAL BANK IN THE STATE REGULATION SYSTEM OF ECONOMICS

Y.M. Safronov, A.E. Petyhov

*The essence, role, instruments of the Central bank and their significance in the system of state regulation of the economy are described. The authors consider the points of view of such economic direction as keynesianism and monetarism. The interrelationship and contradictions of monetary budget instruments are determined.*

**Keywords:** state regulation of the economy, Central Bank, methods of state regulation of the economy.

Государственное регулирование экономики представляет собой совокупность методов и экономических рычагов, с помощью которых можно воздействовать на сферы социально-экономического развития государства (включая производство, распределение, потребление, обмен, а также же общее благосостояние населения).

Важную роль в процессе государственного регулирования играет Центральный банк, который является банком банков, или организацией, которая осуществляет денежно-кредитную политику, обеспечивает работу платежной системы, выступает контрольно-надзорным органом, регулирующим деятельность коммерческих банков, а также монопольно-эмиссионным центром страны, агентом в обслуживании государственного бюджета. Статус, задачи, функции, принципы и полномочия банка как публично-правового учреждения законодательно определяются

Конституцией и законом «О Центральном банке». Получение прибыли и приращение капитала не входит в сферу деятельности Центрального банка [1, с. 32].

Являясь одним из важнейших регуляторов экономики, Центральный банк выполняет несколько функций, имеющих принципиальное значение:

– во-первых, он выступает эмиссионным центром страны и обладает монопольным правом выпуска денежных средств, в результате обеспечивает потребности экономики в денежных средствах;

– во-вторых, он располагает набором методов и инструментов для регулирования экономики. Эти методы и инструменты различны по своему назначению, но их сущность практически одинакова: все они направлены на регулирование предложения денег в экономике, т. е. размеров денежной массы. Разница обусловлена временем и степенью влияния применяемых

инструментов на изменения в денежной массе.

В целом Центральный банк проводит денежно-кредитную политику в двух направлениях:

1. Расширительная политика, или экспансия, стимулирует повышение кредитного потенциала банковской системы и увеличение объема денежной массы. Центральный банк выступает как индикатор, который отражает экономическую ситуацию в стране. Если в экономике намечается тенденция к снижению объемов производства, увеличивается безработица, происходит отток населения, то Центральный банк должен проводить политику дешевых денег, а кредиты сделать дешевле. Центральный банк в этом случае принимает решение либо о снижении учетной ставки, либо об уменьшении нормы резервирования коммерческими банками части денежных средств на специальном счете в Центральном банке, либо о расширении операций на открытом рынке, т. е. операций с ценными бумагами. В результате применения этих инструментов увеличивается предложение денег, повышается инвестиционный потенциал и деловая активность, происходит рост валового национального продукта. Применение тех или иных инструментов денежного регулирования зависит от складывающейся ситуации и остроты проблем в экономике. В России и ряде стран СНГ, в том числе и в Приднестровье, наиболее эффективными инструментами выступают ставка фонда обязательного резервирования и ставка рефинансирования. В большинстве государств с развитой рыночной экономикой в основном применяются операции на открытом рынке.

2. Рестриктивная (ограниченная, или жесткая) политика направлена на увеличение процентной ставки. Используется при росте инфляции. В этом случае Центральный банк проводит политику дорогих

денег, в результате кредиты становятся более труднодоступными, учетная ставка повышается, происходит рост резервных норм для кредитных учреждений и увеличиваются продажи государственных ценных бумаг. Высокие процентные ставки, с одной стороны, стимулируют владельцев денег оберегать их, с другой стороны, снижают количество желающих взять кредит. Возрастает число операций, проводимых с ценными бумагами. Кредитные учреждения стремятся заработать за счет увеличения процентных ставок, маржевая разница между привлеченными и вложенными средствами банка растет. Процентная ставка зависит от усиления инфляционных процессов и даже от инфляционных ожиданий. Если инфляция увеличивается, а процентные ставки банки не поднимают, то вкладчики и банки получают обесценившиеся деньги [2, с. 280].

Исторически государственное регулирование кредитно-финансовых институтов являлось одним из важнейших элементов развития и формирования кредитной системы капиталистических стран. Существуют разные точки зрения относительно государственного регулирования экономики. Так, например, монетаристы (от слова *monetary* – денежный) считали основным инструментом показатель инфляции, т. е., по их мнению, на динамику валового национального продукта нужно влиять через деньги. Дополнительное ежегодное предложение денег должно быть равно сумме среднегодового темпа ожидания инфляции и среднегодового темпа прироста валового национального продукта, или национального дохода. Монетаристы пришли к выводу о том, что первое слагаемое должно составлять 1 %, а второе слагаемое – 3 %. В итоге ежегодная инфляция равняется 4 % и является чисто денежным приростом. Касательно бюджетной политики монетаристы склонялись к тому, что она особой роли не играет (достаточно рассматривать

ее доходную часть). Решающее значение имеет денежно-кредитная политика, причем детально ее прорабатывать не стоит, так как это может вызвать в дальнейшем дестабилизацию [3, с. 65].

Джон Кейнс считал, что государство должно воздействовать на экономику, если объем совокупного спроса недостаточен. В качестве инструментов государственного регулирования он выделил кредитно-денежную и бюджетную политики. Кредитно-денежная политика способствует увеличению спроса через понижение процентной ставки, облегчая при этом процесс инвестирования. Воздействие бюджетной политики очевидно, поскольку формирует, распределяет денежные средства, предназначенные для финансового обеспечения задач и функций государства и местного самоуправления [4, с. 50].

Следует понимать, что в системе государственного регулирования одними монетарными действиями не обойтись, нужна комплексная работа как со стороны банковских структур, так и со стороны правительства. Требуется согласование бюджетных и денежно-кредитных методов регулирования экономики, когда правительство и регулятор в лице Центрального банка взаимодействуют с целью формирования комплексных мероприятий и действий, необходимых для развития экономики. Главной стратегической целью является бесперебойное развитие внутреннего рынка, на котором функционирует множество хозяйствующих предприятий различных форм собственности, в том числе малый бизнес, и есть доступные средства и инструменты для их поддержания правительством (предоставление льготного налогообложения, государственные заказы и т. д.). В частности, правительство должно осуществлять управление государственными расходами, финансирование бюджетных дефицитов и перераспределение средств между го-

сударственным и местными бюджетами, выравнивание доходов и расходов субъектов хозяйствования и бюджетов различных уровней, создание централизованного фонда денежных ресурсов государства (государственного бюджета) для выполнения его функций, накопление необходимых ресурсов для финансирования социальных программ. Центральный банк должен оказывать поддержку в области снижения установленных количественных ограничений на ресурсы коммерческих банков как основных помощников в области кредитования. Механизм денежно-кредитного регулирования является совокупностью инструментов влияния государства на предложение денег и цену кредита и реализуется с целью контроля денежной массы в обращении [5, с. 76].

Существуют и противоречия между денежно-кредитными и бюджетными методами регулирования экономики. Они заключаются в том, что стимулирование совокупного спроса через налогово-бюджетную политику может привести к увеличению ставки процента и негативно отразиться на экспортных операциях. Снижается развитие экспорта и возникает так называемая политика дорогих денег. Кроме того, банковские резервы не всегда образуются под воздействием государственной политики. Ресурсы превращаются в кредиты, поскольку банки в периоды экономического спада заботятся о своей ликвидности [6, с. 76].

Контроль над денежным предложением в монетарной политике, зависящей от правительства (фискальной политики), также имеет негативные последствия и противоречит деятельности Центрального банка, направленной на стимулирование роста государственных расходов при осуществлении правительством фискальной политики, финансирования дефицита государственного бюджета, или государственного долга, в том числе за счет включе-

ния «печатного станка», что в дальнейшем приводит к инфляции и лишает Центральный банк самостоятельности.

Таким образом, для государственного регулирования необходимо использовать только те инструменты Центрального банка, которые будут адекватно отвечать экономической обстановке и смогут обезопасить ее от перегревов, инфляционных процессов и других негативных явлений, приведут к повышению деловой активности, увеличению ВВП, росту благосостояния населения.

### Цитированная литература

1. Курс экономической теории: Общие основы экономической теории. Микроэкономика. Макроэкономика. Основы национальной экономики: учебное пособие / под ред. А.В. Сидо-

ровича; МГУ им. М.В. Ломоносова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Дело и Сервис, 2016.

2. **Ахметчина А.В.** Независимость центрального банка в системе факторов долгосрочного экономического роста // Экономические науки. – 2017. – № 1. – С. 280–283.

3. **Казимагомедов А.А., Ильясов С.М.** Организация денежно-кредитного регулирования. – М.: Финансы и статистика, 2017.

4. **Фетисов Г.Г., Лаврушина О.И., Мамонов И.Д.** Организация деятельности центрального банка: учебник / под общ. ред. Г.Г. Фетисова. – М.: КНОРУС, 2016.

5. **Трунин П.В., Князев Д.А., Сатдаров А.М.** Анализ независимости центральных банков РФ, стран СНГ и Восточной Европы. – М.: ИЭПП, 2015.

6. **Трунин П.В., Князев Д.А., Сатдаров А.М.** Анализ независимости центральных банков РФ, стран СНГ и Восточной Европы. – М.: ИЭПП, 2016.

УДК 336.7

## ОЦЕНКА ДЕНЕЖНО-КРЕДИТНОЙ ПОЛИТИКИ ПРИДНЕСТРОВСКОГО РЕСПУБЛИКАНСКОГО БАНКА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

*Е.С. Жукова, А.В. Полищук*

*Рассмотрены основные инструменты денежно-кредитной политики Приднестровского республиканского банка и выявлены их положительные и отрицательные воздействия на экономику. Выполнен сравнительный анализ инструментов денежно-кредитного регулирования в Приднестровской Молдавской Республике и в ряде развитых стран.*

**Ключевые слова:** экономика, Приднестровский республиканский банк, денежно-кредитная политика, инструменты, ставка рефинансирования, валютный курс.

## ASSESSMENT OF MONETARY POLICY OF PRIDNESTROVIAN REPUBLICAN BANKS IN MODERN CONDITIONS

*E.S. Zhukova, A.V. Polishchuk*

*The article considers the main instruments of the monetary policy of the Pridnestrovian Republican Bank and reveals its positive and negative effects on the economy. The instruments of monetary policy in the Pridnestrovian Moldavian Republic and a number of developed countries are compared.*

**Keywords:** economy, Pridnestrovian Republican Bank, monetary policy, instruments, refinancing rate, exchange rate.



Успешное развитие экономики государства во многом зависит от проводимой денежно-кредитной политики. С начала 1980-х годов, когда большинство стран начали переход к рыночной экономике, денежно-кредитная политика вышла на первый план в системе государственного регулирования.

В общем виде денежно-кредитная политика – это комплекс взаимосвязанных мероприятий – денежной политики, определяющей изменение денежной массы, и кредитной политики, направленной на регулирование объемов кредитов, уровня процентных ставок и других показателей рынка ссудных капиталов.

Главной целью денежно-кредитной политики любой страны является достижение макроэкономической стабилизации в долгосрочном периоде. Частные цели связаны с обеспечением стабильного прироста денежной массы в обращении, равновесной ставки банковского процента и ослабления инфляционных процессов.

Как правило, основным проводником денежно-кредитной политики выступает Центральный банк страны.

Преимущества кредитно-денежной политики состоят в ее гибкости и политической приемлемости, также она в наибольшей степени соответствует требованиям рыночного механизма.

Рассматривая денежно-кредитную политику Приднестровья, необходимо учитывать факторы, с которыми республика сталкивается уже на протяжении 29 лет и которые сдерживают ее полноценное развитие. Среди них можно отметить непризнанность государства на международной арене, территориальную замкнутость, политическую нестабильность, зависимость от сложившейся экономической ситуации в странах – торговых партнерах ПМР, слабый уровень развития кредитного и страхового рынков, полное отсутствие рынка ценных бумаг и фондовых бирж, слабую

развитость экономического сектора, низкий уровень доходов населения и др. Все это накладывает свой негативный отпечаток на экономическую ситуацию в целом.

Тем не менее Центральный банк ПМР в лице Приднестровского республиканского банка (ПРБ) справляется с задачами, стоящими перед ним на современном этапе экономических реформ.

Сегодня в ПМР рациональная денежно-кредитная политика направлена на таргетирование валютного курса на заданных уровнях, регулирование ликвидности кредитных организаций с помощью эффективного набора инструментов денежно-кредитного регулирования.

Роль Центрального банка в развитии и регулировании денежно-кредитной сферы и экономики Приднестровья исключительно высока. Главными задачами, стоящими перед ПРБ, являются содействие экономическим реформам, повышение уровня соответствия современным требованиям и стандартам функционирования банковской системы, страховой деятельности и денежного рынка, создание условий для увеличения доли безналичных платежей в республике.

В связи с ориентацией на таргетирование валютного курса главным инструментом денежно-кредитной политики ПРБ служат валютные интервенции, основным каналом которых выступает безналичный сегмент. Для регулирования банковской ликвидности используются обязательные резервные требования, нормативы которых сохраняются на уровне 15 % по отношению к обязательствам кредитных организаций перед юридическими лицами в национальной валюте и 12 % – к обязательствам в иностранной валюте; ставка рефинансирования сохраняется на уровне 7 % годовых; ставка страховых взносов составляет 12 % от обязательств банка перед физическими лицами в национальной валюте и 14 % – в иностранной валюте [1].

С теоретической точки зрения суть ставки рефинансирования проста: это процент, под который коммерческие банки получают ссуды от Центрального банка, используемые в дальнейшем для выдачи кредитов населению и бизнесу. Если Центральный банк увеличивает ставку рефинансирования, то соответственно и банки повышают проценты по кредитам, потому как ссуда Центрального банка обходится им дороже. Однако в действительности данный инструмент денежно-кредитной политики в ПМР функционирует формально. Динамика изменения ставки рефинансирования и средневзвешенных ставок по краткосрочным кредитам представлена в таблице.

Так, в современных реалиях наибольшее значение в государствах Западной Европы и США приобретают дисконтная политика и операции на открытом рынке, а установление минимальных резервных требований постепенно уходит на второй план.

В США все большее развитие получают нестандартные инструменты денежно-кредитной политики, среди которых можно выделить инструменты по покупке обеспеченных активами коммерческих ценных бумаг у взаимных фондов денежного рынка, по финансированию коммерческих ценных бумаг.

Важное место в денежно-кредитной политике европейской системы центральных банков (ЕЦБ) занимают операции на открытом рынке, которые воздействуют

на величину процентных ставок, управляют общей ликвидностью денежного рынка, прогнозируют возможные трудности в проведении денежной политики. В рамках операций на открытом рынке ЕЦБ применяет четыре основных финансовых инструмента, таких как:

- 1) операции рефинансирования, осуществляемые на основе соответствующих соглашений о перепродаже кредитов и заложенных займов;
- 2) эмиссия долговых сертификатов;
- 3) SWAP-операции и привлечение краткосрочных депозитов;
- 4) проведение операций на основе стандартных тендеров, срочных тендеров и операций РЕПО [2].

Таким образом, можно сделать вывод, что в зарубежных странах эффективность денежно-кредитной политики достигается в основном на фондовом рынке с применением ценных бумаг и производных финансовых инструментов.

Что же касается нашей республики, то сегодня ставка рефинансирования ПРБ фактически не является инструментом, с помощью которого он стимулирует кредитную активность банков и воздействует на процент ставки по депозитам юридических и физических лиц. С учетом сложившихся экономических условий и последствий кризиса с 16.02.2017 года ставка рефинансирования была увеличена с 3,5 до 7 % годовых [3].

Объем денежной массы в обращении оказывает прямое влияние на инфляци-

**Динамика изменения средневзвешенных процентных ставок по кредитам и ставки рефинансирования, %**

Ставка	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
В рублях ПМР для физических лиц	15,8	16,69	17,18	16,83	18,40
В иностранной валюте для физических лиц	17,18	18,55	17,65	17,69	16,64
В рублях ПМР для юридических лиц	13,83	13,71	11,73	14,58	14,82
В иностранной валюте для юридических лиц	14,19	13,69	12,20	11,84	12,74
Ставка рефинансирования ПРБ	3,5	3,5	3,5	7,0	7,0

онные процессы, происходящие в экономике. Для избежания чрезмерного увеличения предложения денег в экономике и, как следствие, повышения инфляции Центральный банк использует такой инструмент, как ставка резервирования, или норматив обязательного резервирования.

Норма обязательных резервов – установленная законом строго определенная доля обязательств коммерческого банка по привлеченным им депозитам, которую банк должен держать в резерве либо в виде депозита в Центральном банке.

Доступная для кредитования сумма денежной массы определяется как разница между всеми привлеченными депозитами и объемом обязательного резервирования. В случае увеличения норматива обязательного резервирования кредитная активность коммерческих банков уменьшается по причине сокращения количества свободных средств. Корректировка уровня норматива обязательного резервирования применяется ПРБ нечасто, так как она выступает высокоэффективным инструментом – даже малейшее изменение нормы способно заметно повлиять на предложение денежных средств. Так, например, в 2019 году Центральный банк Китая снизил норму обязательных резервов для банков на 1 процентный пункт с целью высвобождения ликвидности и поддержания роста экономики страны. В ПМР с 1 февраля 2017 года нормативы обязательных резервов не подвергались изменению.

Как уже было отмечено, одной из задач ПРБ является регулирование валютного рынка. Можно отметить, что денежно-кредитная политика ПРБ всегда была и будет направлена на удержание курса доллара США, что обусловлено сильной зависимостью внутренней и внешней экономической деятельности республики от доллара при наличии собственной национальной единицы. Целевой диапазон изменения официального курса доллара

США к рублю ПМР в 2019 году определен в рамках коридора 16,1–16,5 рубля. Таким образом, темпы девальвации составят порядка 2,5 %.

Установление официального валютного курса в Приднестровье имеет свою особенность. В отличие от большинства стран вплоть до 2017 года валютный курс в ПМР устанавливался не в результате биржевых торгов, а на валютном аукционе. Но он проходил не в виде торгов, как это представляется при слове «аукцион». Его суть заключалась в том, что коммерческие банки получали возможность купить/продать иностранную валюту за национальную валюту ПМР. Для этого коммерческие банки должны были направить в ПРБ заявку на покупку/продажу иностранной валюты на валютном аукционе и задепонировать на специальных счетах ПРБ денежные средства, предназначенные для продажи на предстоящих торгах. На основании поданных заявок определялся совокупный объем задепонированных денежных средств, а также первоначальный спрос и предложение банков. При наличии необходимого объема иностранной валюты ПРБ покрывал все заявки. В случае когда объем на покупку был больше объема на продажу, находящаяся в распоряжении ПРБ иностранная валюта продавалась участникам аукциона в пропорциональных суммах [4].

В настоящее время официальный курс рубля ПМР к доллару США определяется с учетом имеющейся информации о состоянии международных валютных рынков, данных отчетов коммерческих банков о покупке/продаже иностранной валюты на внутреннем валютном рынке, а также ограничений по курсу доллара США, установленных основными направлениями денежно-кредитной политики.

Официальные курсы рубля ПМР к другим иностранным валютам устанавливаются через кросс-курсы, рассчитанные с

учетом имеющейся информации о состоянии международных валютных рынков.

Говоря об эффективности денежно-кредитной политики ПРБ, следует исходить из степени его независимости, так как на деятельность Центрального банка не должны влиять политические мотивы. Однако до недавнего времени в ПМР было иначе. Верховный Совет как высший законодательный орган ежегодно утверждал Основные направления единой государственной денежно-кредитной политики. Все помнят приднестровский валютный кризис, начавшийся в 2015 году, связанный со снижением притока иностранной валюты на территорию республики (в том числе по причине снижения контрактной стоимости основных экспортных товаров ПМР), значительным уменьшением объема денежных переводов, сокращением поставок за рубеж, усилением спроса на валюту на наличном рынке. Ввиду этого Центральный банк разработал меры, направленные на стабилизацию внутреннего валютного рынка и поддержание устойчивости национальной валюты, среди которых: повышение нормы обязательной продажи части экспортной валютной выручки; сокращение сроков репатриации экспортной выручки; снижение норматива открытой валютной позиции для кредитных организаций и др.

Однако реализация всех антикризисных мер, подготовленных ПРБ, не смогла бы кардинально и ускоренно изменить ситуацию без девальвации приднестровского рубля. Ограниченные полномочия Центрального банка на тот момент стали препятствием для оперативного реагирования на растущие масштабы кризиса. Для сравнения Банк России в конце 2014 года принял неожиданное решение об изменении ключевой ставки с 10,5 до 17 % годовых и произвел девальвацию российского рубля на 46 % в течение двух

месяцев. Национальный банк Молдовы в течение полутора месяцев 2015 года совершил девальвацию лея почти на 35 %. Перечень стран, в которых осуществлялись подобные меры, достаточно широк. Но власти ПМР следовали жесткой линии, направленной на поддержание курса национальной валюты для того, чтобы защитить доходы малообеспеченных слоев населения. По факту ввиду чрезмерного выпуска ничем не обеспеченных денег рублевая масса выросла в полтора раза, что и стало основной причиной давления на курс. Лишь после смены власти, проведения единовременной девальвации на 32 % в июне 2017 года и внесения изменений в закон ПМР от 7 мая 2007 года № 212-3-IV «О центральном банке Приднестровской Молдавской Республики» (САЗ 07-20), касающихся расширения полномочий ПРБ в утверждении основных направлений денежно-кредитной политики, в частности в установлении валютного курса, удалось стабилизировать ситуацию на валютном рынке (был установлен новый валютный коридор – 15,0–15,5 рубля за доллар США).

Подводя итоги, можно отметить, что абсолютно независимых центральных банков в мире не существует. Выделяют, как правило, две модели их функционирования.

Согласно первой модели Центральный банк является агентом правительства страны и проводником его денежно-кредитной политики. При такой модели перед Центральным банком стоят конкретные задачи, зона его деятельности и ответственности четко ограничена.

В соответствии со второй моделью Центральный банк обладает значительной степенью независимости и самостоятельности в проведении денежно-кредитной политики, при этом возрастает степень его ответственности [5].

Каждая страна для себя выбирает наиболее оптимальную модель построения взаимоотношений исполнительной и законодательной властей с Центральным банком в зависимости от политических, экономических, социальных и исторических факторов.

Сегодня к странам, в которых функционируют наиболее экономически независимые центральные банки, можно отнести Германию, Финляндию, Швецию, Венгрию, Австрию, Грецию, Чехию, Францию, Португалию, Люксембург, Данию, Новую Зеландию и др. [6].

Рассмотрев особенности денежно-кредитной политики ПМР, можно сделать вывод, что текущее положение приднестровской экономики требует продолжения реализации денежно-кредитной политики, проводимой Центральным банком, и внедрения новых, дополнительных нестандартных инструментов. Только грамотная денежно-кредитной политика обеспечит низкую инфляцию, увеличит эффективность регулирования банковской ликвидности и повысит уровень экономики.

## Цитированная литература

1. Официальный сайт Приднестровского республиканского банка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cbpmr.net/>
2. Головин М.Ю. Денежно-кредитная политика США и зоны евро: новые тенденции // Вестник института экономики Российской академии наук. – 2015. – № 6. – С. 99–112.
3. Основные направления единой государственной денежно-кредитной политики на 2019 год // Вестник Приднестровского республиканского банка. – 2018. – № 6. – С. 3–14.
4. Положение Приднестровского республиканского банка № 76-П от 19.06.2007 г. «О порядке проведения валютного аукциона Приднестровского республиканского банка».
5. Мнацакян Р.А., Сергеев Л.И. К вопросу о независимости центральных банков // Деньги и Кредит. – 2011. – № 8. – С. 75–76.
6. Трунин П.В., Князев Д.А., Сатдаров А.М. Анализ независимости центральных банков РФ, стран СНГ и Восточной Европы. – М.: ИЭПП, 2010. – 76 с.

УДК 338.2(478)

## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СТАНОВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ В СООТВЕТСТВИИ СО СТРАТЕГИЕЙ РАЗВИТИЯ ПМР

Л.Г. Сенокосова, В.В. Лабунский

*Статья посвящена актуальной проблеме социальной политики, в которой человеческая жизнь признается главной ценностью общества. Большое внимание социальной политике уделено в Стратегии развития ПМР на 2019–2026 годы, в которой выдвинуты основные задачи по решению социальных проблем. В статье предложены конкретные пути решения этих задач и направления по созданию условий для их реализации.*

**Ключевые слова:** политическая стабильность, экономическая самодостаточность, социальная справедливость, государственное индикативное планирование и программирование, модель функциональной социализации.

## SOME ASPECTS OF THE FORMATION OF SOCIO-ECONOMIC POLICY IN ACCORDANCE WITH THE DEVELOPMENT STRATEGY OF THE PMR

*L.G. Senokosova, V.V. Labunskiy*

*The article is dedicated to an important, urgent problem of social policy, in which human life is recognized as an important value for society. The large attention is paid to social policy in the "Development Strategy of the Pridnestrivan Moldavian Republic for the years 2019-2026", which outlines the main tasks for solving social problems.*

*The authors offer the concrete ways to solve these tasks and directions for creating conditions for solving them.*

**Keywords:** *political stability, economic self-sufficiency, social justice, state indicative planning and programming, model of functional socialization.*

Социальная политика – это система мер, направленных на регулирование отношений между людьми, оказание помощи незащищенным группам населения, уменьшение бедности и достижение максимального благосостояния общества. При этом система мер, программ и законов по социальной защите людей должна исходить из основного положения Декларации прав человека, согласно которому человеческая жизнь признается высшей ценностью для общества.

На постсоветском пространстве с учетом социалистического пути развития в прошлом и деформации социальных начал в настоящем проблемы социального неравенства, регулирования доходов, социальной защиты и социальной справедливости становятся архиважными.

Сегодня наша экономика является очень хрупкой и уязвимой, особенно ее социальная часть. Поэтому важное значение приобретает реализация утвержденных в Стратегии развития Приднестровской Молдавской Республики на 2019–2026 годы [1] целей – политической стабильности, экономической самодостаточности и социальной справедливости на основе социально-экономической политики, опирающейся на такие принципы, как:

1) открытость и публичность политической власти, солидарность власти и гражданского общества, верховенство закона;

2) эффективность, экономичность, инновационность и сбалансированность экономики;

3) социальность, справедливость, консолидированность и свобода выбора в обществе.

Исходя из поставленных целей и принципов задачами по обеспечению политической стабильности должны стать:

– широкое вовлечение гражданского общества в процессы обсуждения основных направлений государственной деятельности политического, социального и экономического характера с целью выработки согласованных, консолидированных решений;

– дальнейшее развитие структур гражданского общества и активизация их деятельности;

– совершенствование системы законодотворческой и правоприменительной деятельности;

– реализация закрепленных Конституцией норм по предоставлению бесплатного образования, медицинского обслуживания и выполнению других социальных обязательств.

Задачами по достижению экономической самодостаточности должны быть:

• эффективное использование имеющихся конкурентных преимуществ республики;



- создание товаров и оказание услуг, успешно конкурирующих на международном уровне;

- внедрение современных ресурсо- и энергосберегающих технологий, обеспечивающих экономичное использование ресурсов;

- повышение производительности труда на основе внедрения инновационных технологий, обеспечивающих модернизацию, диверсификацию и совершенствование производственных процессов;

- устранение имеющихся дисбалансов и диспропорций как на уровне республики, так и на уровне предприятий.

Задачами по достижению социальной справедливости должны являться:

- повышение общего благосостояния граждан республики;

- обеспечение равного доступа к экономическим ресурсам;

- предоставление свободы выбора экономической деятельности;

- обеспечение гарантий социальной защиты различных нетрудоспособных категорий населения республики [2].

Выполнение поставленных задач требует знаний, опыта, политической воли и поддержки общества. Необходимо понимание сложности и многомерности поднятых вопросов. Их решение – это общая задача. Население республики нужно не только информировать, но и вовлекать в исполнение этих стратегических и тактических задач.

Для успешной реализации стратегии развития необходимо дополнительно разработать конкретные отраслевые и территориальные программы, обеспечивающие достижение поставленных целей, принять соответствующие законодательные нормы и механизмы, направленные на осуществление социально ориентированной политики. Все эти шаги должны носить конкретный характер, выраженный в числовом измерении и поименной ответ-

ственности, по крайней мере на текущую и среднесрочную перспективу.

Цели и задачи должны быть ясны, понятны, конкретны и отражать, что будет сегодня, завтра и послезавтра. Но при этом необходимо учитывать, что чрезмерное упрощение при формировании стратегического развития – это чистой воды формализм и путь в никуда, а чрезмерная детализация – это уже не стратегия.

Безусловно, выработка стратегии развития – работа коллективная, но реализация принятых решений – работа и ответственность персональная.

Главную роль в создании принципиально новой системы хозяйствования должны играть элементы управления рыночными процессами в виде государственного индикативного (прогнозного) планирования и программирования как основных методов преобразования и дальнейшего экономического развития. Основу системы планирования составляет концепция согласованного хозяйства, предполагающая добровольное согласие всех заинтересованных субъектов на осуществление задач, содержащихся в плане.

Составление плана начинается с прогнозирования важнейших процессов на длительную, среднюю и ближайшую перспективу. Обычно говорят о конъюнктурном планировании на 1–3 года; о программировании на 4–6 лет; о долгосрочном планировании на 10–15 лет. Далее следует составление более или менее детальных программ с определением конкретных целей, таких как: прирост национального продукта в заданных размерах; социальная и экологическая плата за прирост; увеличение занятости, улучшение структуры платежного баланса, преодоление диспропорций (бюджетных, внешнеторговых, региональных, отраслевых), перестройка структуры национальной экономики и т. д.

При осуществлении такого планирования главными являются вопросы: каки-

ми средствами располагает государство, что оно может сделать для стимулирования частного капитала, действия которого должны быть направлены на осуществление целей, выдвинутых в таком плане?

При этом, как правило, изначально осуществляется государственное финансирование капиталовложений. Кроме того, применяется общеизвестный закон прибыли: заниженные тарифы на газ, электроэнергию; льготные кредиты, субсидии, налоговые льготы. Необходимым звеном такой системы является контроль за использованием государственных средств и преференций, переливом капитала, расходованием полученных кредитов, направлением высвободившихся средств в результате льготного налогообложения на модернизацию и расширение производства и т. д. Ведь кто платит, тот и заказывает музыку.

Концепция индикативного планирования экономики предполагает также выработку экономических, политических, административных мер и создание учреждений (по типу Агентства стратегического развития), т. е. отлаженного механизма, с помощью которого будет возможна реализация планов.

В дальнейшем необходимо проводить перманентную корректировку планов и модификацию механизмов их осуществления с учетом изменяющихся внешних и внутренних условий экономического развития, наличия ресурсного потенциала и приоритетности его использования.

Известный ученый русского происхождения, лауреат Нобелевской премии В.В. Леонтьев еще в 1976 году опубликовал работу «Программирование национальной экономики: методы и проблемы», в которой изложил следующую концепцию:

– программирование (планирование) – это комплекс политических, законодательных и административных мер, нацеленных на точное формулирование и реализацию

всеобъемлющей национальной программы экономического развития;

– план – это не прогноз, это четко поставленные задачи. Идея планирования предполагает свободу выбора между альтернативными возможными сценариями. Возможность – вот ключевое слово.

– ключевой момент – выбор, поэтому планирование должно начинаться с разработки альтернативных сценариев;

– огромная роль отводится техническому аппарату – не нужно жалеть усилий на использование самых дорогих методов сбора и обработки данных и самых совершенных методов экономического моделирования и вычислительных процедур;

– движущий мотив – благополучие людей и увеличение доходов субъектов экономики;

– специфические средства – выборочный контроль за переливом капитала и кредитами, за освобождением от уплаты налогов и другим льготированием [3].

Объективная необходимость прогнозирования и планирования в условиях рынка вызвана следующими причинами:

- общественным характером производства;
- усложнением международных, межотраслевых и региональных связей;
- потребностью в поддержании рациональных пропорций в структуре экономики;
- неспособностью рыночной экономики к саморегулированию социальной сферы, особенно на кризисных стадиях воспроизводственных циклов;
- деятельностью государства как субъекта рыночных отношений.

Таким образом, для реализации Стратегии развития республики государственные органы должны использовать наиболее эффективные подходы, такие как нормативно-плановый и программно-целевой, предусматривающие постановку конкретных отраслевых и территориаль-

ных задач, разработку путей и способов их решения, назначение ответственных за их исполнение лиц на текущую, среднесрочную и долгосрочную перспективу.

В таком планировании важно учитывать имеющийся экономический потенциал и наметившиеся тенденции в развитии. По словам советника Президента РФ, доктора экономических наук, академика С.Ю. Глазьева, в 2018 году рост валового внутреннего продукта в номинальном исчислении составил 15,8 %, объем инвестиций – 42 %, т. е. имеются положительные тенденции, которые непременно скажутся на экономическом развитии в 2019 году.

В связи с этим, по-видимому, государственные органы должны взять на себя текущие обязательства по созданию условий, обеспечивающих ежегодно:

- экономический рост не менее чем на 7 %;
- повышение производительности труда не менее чем на 10 %;
- увеличение производства и реализации сельскохозяйственной продукции: овощей, фруктов, мяса, молока и продуктов их переработки – не менее чем на 7 %;
- повышение объемов промышленного производства не менее чем на 10 %;
- рост реальных заработных плат, пенсий и других социальных выплат всем категориям населения на уровне 50 % от прироста производительности труда, или не менее чем на 5 %;
- рост инвестиционных вложений на уровне не менее чем 5 % по отношению к ВВП;
- недопущение инфляции более чем на 7 %;
- недопущение денежной эмиссии больше чем на 5 % прироста ВВП;
- недопущение повышения тарифов на газ, электроэнергию, водообеспечение, водоотведение и другие коммунальные услуги в общем объеме более чем на 10 % реальному прироста заработных плат и пенсий;

– недопущение девальвации национальной валюты, т. е. рубля, свыше 5 %;

– восстановление и ремонт коммунальной инфраструктуры, в том числе электрических сетей, в соответствии с принятыми нормативами;

– ремонт и восстановление дорожного покрытия в соответствии с заданными параметрами;

– восстановление и строительство внутрисельских и внутрипоселковых дорог с твердым покрытием.

Кроме того, необходимо завершить программу по централизованному водообеспечению сел республики; создать не менее 3 тыс. высокопрофессиональных, высокопроизводительных и высокооплачиваемых рабочих мест.

В рамках среднесрочной перспективы возможна реализация таких задач, как:

- достижение 60–70 % самообеспеченности по основным общественным потребностям, в том числе по продуктам питания, одежде, обуви, т. е. накормить, одеть и обуть, используя собственные возможности;
- обеспечение сбалансированности консолидированного и республиканского бюджетов в соответствии с «золотым правилом», при котором дефицит бюджета не должен превышать 5 % ВВП;
- обеспечение сбалансированности между экспортом и импортом на уровне 10 % внешнеторгового сальдо, т. е. превышение импорта над экспортом не должно быть более 10 %;
- обеспечение ежегодного объема инвестиционных вложений не менее чем 25 % ВВП;
- формирование государственного заказа с целью создания и обновления стратегических, страховых резервов и выработка механизмов по его обеспечению;
- строительство и создание двух заготовительно-сбытовых логистических центров, в том числе по переработке, заморозке, сублимации, расфасовке и хра-

нению овощей, фруктов и другой сельхозпродукции;

- формирование правовых основ, нормативов и стандартов ведения органического земледелия с целью паспортизации такой деятельности и выдачи сертификатов качества на производимую продукцию.

В долгосрочной перспективе необходимо обеспечить:

- уровень благосостояния граждан, сопоставимый с аналогичным показателем в европейских странах;

- повышение средней продолжительности жизни до 78 лет и более;

- положительные демографические сдвиги в части превышения рождаемости над смертностью;

- доминирование семейных ценностей с целью укрепления института семьи, так как семья – это храм, в котором проповедуются любовь, ответственность, доброта и ум;

- укрепление государственно-политических институтов республики;

- повышение роли гражданских институтов в части контроля за деятельностью государственных органов власти;

- расширение свободы выбора и доступа к благам с целью повышения деловой активности и консолидированности граждан республики;

- верховенство права во всех сферах жизнедеятельности.

Людям необходима стабильность и вера в завтрашний день, они соскучились по честности, порядочности и обязательности власть предержащих.

Государство своей бюджетно-налоговой, кредитно-денежной, валютной, инвестиционной, внешнеэкономической и социальной политикой должно корректировать социально-экономические перекосы, связанные с неравенством в распределении доходов. В основу социального равенства, в особенности трудоспособной части общества, безусловно, должен быть

заложен принцип: каждому по труду, по его количеству и качеству.

В современном мире все больше государств с целью устойчивого развития и высокоэффективной хозяйственной деятельности и с учетом важности человеческого фактора как системообразующего и генерирующего используют так называемую модель функциональной социализации. Сущность этой модели проявляется в высоком уровне государственного регулирования посредством принятия и реализации общенациональных программ, ориентированных на повышение уровня жизни населения. Функциональная социализация в такой модели означает, что функции производства, которое базируется на принципах рыночной экономики и частной собственности, ложатся на частные предприятия, действующие в конкурентной рыночной среде, а функции обеспечения высокого уровня жизни (включая занятость, образование, медицинское обслуживание, социальное обеспечение и страхование), а также развитие инфраструктуры – на государство.

Таким образом, чтобы построить современную социально ориентированную рыночную экономику в нашей республике, необходимо решение следующих задач:

- достижение такого уровня благосостояния, при котором каждый человек сможет реализовать свой трудовой и инновационный потенциал независимо от его социально-экономического статуса;

- повышение и выравнивание профессионально-квалификационного уровня трудовых ресурсов;

- изменение качества труда за счет расширения и интенсификации творческой деятельности в экономике;

- преодоление отчуждения работников от целеполагания в труде, от результатов труда путем демократизации трудовых отношений, внедрение форм дивизионального управления, предусматривающего участие работников в прибыли предприятия;

• гуманизация общественных отношений посредством развития науки, искусства, правосознания и культуры.

Такая модель отличается сильной социальной политикой, ориентированной на интенсивное экономическое развитие с опорой на человека, устойчивый экономический рост и высокий уровень перераспределения национального дохода, обеспечивающего минимальное имущественное расслоение общества и максимальное его благополучие.

Выверенная и понятная социальная политика может стать основой политической стабильности, экономической самодостаточности и социальной справедливости.

### Цитированная литература

1. Указ Президента Приднестровской Молдавской Республики от 12 декабря 2018 года № 460 «Стратегия развития Приднестровской Молдавской Республики на 2019–2026 годы».

2. **Лабунский В.В., Сенокосова Л.Г.** Социальная политика государства как основа современного экономического развития общества // Экономика Приднестровья. – 2018. – № 3–4. – С. 54–63.

3. **Леонтьев В.В.** Избранные произведения: в 3 т. / науч. ред., вступ. статья А.Г. Гранберга. – М.: Экономика, 2007. – 414 с.

УДК 658:657

## КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ В СИСТЕМЕ УЧЕТА ДЕБИТОРСКОЙ ЗАДОЛЖЕННОСТИ КОММЕРЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ И УПРАВЛЕНИЯ ЕЮ

*Т.П. Стасюк, К.А. Жарикова*

*Представлены мнения различных авторов по поводу понятия «дебиторская задолженность», обозначены ключевые проблемы, имеющие место в системе учета дебиторской задолженности и управления ею.*

**Ключевые слова:** *дебиторская задолженность, проблемы учета дебиторской задолженности, управление дебиторской задолженностью, коммерческое кредитование, кредитная политика, оценка дебиторской задолженности, резерв по сомнительным долгам, внутренний контроль дебиторской задолженности.*

## KEY PROBLEMS IN THE ACCOUNTING SYSTEM OF DEBTS RECEIVABLE OF COMMERCIAL ENTERPRISES AND MANAGEMENT OF IT

*T.P. Stasyuk, K.A. Zharikova*

*The opinions of authors on the concept of «debts receivable» are presented, the authors indicate the key problems that occur in the accounting system of debts receivable and management of it.*

**Keywords:** *debts receivable, problems of accounting for receivables, management of receivables, commercial lending, credit policy, assessment of receivables, allowance for doubtful debts, internal control of debts receivable.*

Одной из болевых точек экономики Приднестровской Молдавской Республики последних лет является проблема непла-

тежей. Предприятие в процессе осуществления своей деятельности производит различные операции, связанные с оплатой

труда работников, выплатой налогов, оплатой коммунальных услуг. И все эти выплаты не зависят от финансового результата компании. Отсутствие своевременных поступлений от покупателей может поставить под угрозу нормальное функционирование любой коммерческой организации. В связи с этим существенную значимость приобретает управление дебиторской задолженностью и систематический контроль соотношения размеров дебиторской и кредиторской задолженности.

Средства, поступающие от дебиторов, служат одним из основных источников дохода производственных предприятий. Зачастую дебиторская задолженность составляет внушительную часть активов компании. Несвоевременная оплата покупателями своих обязательств может привести к дефициту денежных средств, а также к росту потребности организации в оборотных активах, в результате чего произойдет ухудшение финансового состояния предприятия. Это, в свою очередь, потребует изменения системы расчетных отношений между организацией и ее покупателями, разработки рациональной политики предоставления коммерческих кредитов и инкассации дебиторской задолженности.

Эффективная система управления дебиторской задолженностью предполагает достижение оптимального соотношения между максимизацией продаж с помощью коммерческого кредитования и минимизацией риска возникновения просроченных или безнадежных долгов [1].

Для формулирования проблем, которые имеют место в системе учета дебиторской задолженности и управления ею, необходимо рассмотреть сущность категории «дебиторская задолженность».

К.А. Поддубный понимает дебиторскую задолженность как рискованный актив хозяйствующего субъекта, возникающий из обязательств юридических и фи-

зических лиц по договору (соглашению), который заключен на потенциально выгодных для него условиях [2].

О.В. Ефимова считает, что дебиторская задолженность – это суммы, которые должны быть получены от клиентов за товары и услуги [3, с. 306].

Г.Н. Лиференко утверждает, что дебиторская задолженность – это сумма счетов к получению, форма временного отвлечения средств из оборота предприятия, возникающая в результате поставки товаров, работ и услуг в кредит [4, с. 100].

И.Н. Пашкина рассматривает дебиторскую задолженность как совокупность долгов, которые образовались в результате продажи товаров (работ, услуг) с отсрочкой оплаты и подлежат возврату компании контрагентами [5, с. 5].

С точки зрения Г. Гогиной и А. Соколовой, «дебиторская задолженность как часть кредитной политики экономического субъекта представляет возможную или необходимую рассрочку оплаты продаваемых продукции, товаров, работ, услуг с целью увеличения объема продаж» [6].

По мнению В.Д. Горбулина и О.Н. Фокиной, «дебиторская задолженность – сумма долгов, причитающихся предприятию, от юридических или физических лиц в итоге хозяйственных взаимоотношений с ними» [7, с. 11].

Проанализировав точки зрения приведенных авторов, можно сделать вывод, что дебиторская задолженность выступает в виде формы отвлечения средств и представляет собой возможную рассрочку оплаты, являясь, таким образом, рискованным активом и неизбежной составляющей активов любой организации. От величины дебиторской задолженности, качества ее учета и управления ею во многом зависит финансовое состояние компании.

Практика учета дебиторской задолженности и управления ею, существующая на предприятиях Приднестровской



Молдавской Республики, демонстрирует наличие ряда проблем, которые влияют на достоверность финансовой отчетности в части дебиторской задолженности, на кредитную политику фирмы и, конечно, на процесс ее инкассации и размеры.

Рассмотрим спектр данных проблем более подробно.

Во-первых, в системе учета дебиторской задолженности зачастую наблюдается отсутствие достоверной информации о сроках возникновения и погашения дебиторской задолженности. Иными словами, не формируется информация в достаточной степени аналитики, или так называемая информация управленческого характера. Осуществляя свою деятельность, предприятия зачастую не контролируют отражение сведений, связанных со сроками возникновения и погашения дебиторской задолженности, не осознавая, какой ущерб может принести отсутствие таких данных.

На основании этой информации предприятие должно проводить анализ, по результатам которого формируется реестр «старения» долгов с целью выявления таких видов задолженностей, как сомнительная, просроченная и безнадежная. Несвоевременное получение информации о возникновении задолженности может привести к тому, что ранее предпринятые действия окажутся равными нулю и даже нарушат режим функционирования предприятия.

Во-вторых, в организациях нередко применяется безграмотная политика коммерческого кредитования. Проблема заключается в том, что сегодня многие компании не могут объективно оценивать свои возможности при кредитовании организаций-клиентов, что приводит к недостатку денежных средств для собственных нужд. Значительные размеры дебиторской задолженности замедляют ее оборачиваемость, а также оборачиваемость оборотных ак-

тивов в целом, увеличивают длительность финансового цикла предприятия. Рост долгосрочной дебиторской задолженности влечет за собой снижение уровня платежеспособности предприятия и ликвидности его активов. Когда темп роста дебиторской задолженности превышает темп роста выручки от реализации товаров (работ, услуг), происходит снижение уровня управления дебиторской задолженностью, а также «замораживается» часть выручки, которая идет на финансирование текущего вида деятельности предприятия. Организация, испытывая потребность в дополнительных денежных средствах для обеспечения текущей деятельности, прибегает к привлечению кредитов, в результате чего происходит образование процентов по кредитам, что может создать серьезную угрозу для финансового состояния предприятия.

Возникновение и погашение дебиторской задолженности во многом обусловлено научно обоснованной и экономически эффективной кредитной политикой предприятия. Ее отсутствие может привести к тому, что не будет систематически проводиться оценка кредитоспособности покупателей, не будет определен их кредитный рейтинг, не будут прописаны условия предоставления товарного кредита, не будет оценена эффективность коммерческого кредитования, в конечном счете последует сокращение доходов и ухудшение финансового состояния предприятия.

В данном аспекте проблемой также является отсутствие в системе управленческого учета и финансового менеджмента многих предприятий эффективной методики формирования кредитной политики, предполагающей необходимость изучения особенностей каждого клиента.

Системный подход к разработке и последовательному применению кредитной политики определяет качество портфеля дебиторской задолженности и эффектив-

ность функционирующих политик продаж. Кредитная политика призвана охватывать весь перечень вопросов коммерческого кредитования, оценивать финансовое положение покупателей, описывать кредитные условия. Принятая организацией кредитная политика должна четко определять срок предоставления коммерческого кредита, его размер, систему скидок при авансовых платежах, а также систему штрафных санкций, которая может быть применена в случае неисполнения своих обязательств покупателями. При разработке кредитной политики необходимо учитывать важное правило: условия, на которых происходит привлечение кредита, должны быть сопоставимы с теми условиями, на которых организация сама предоставляет кредит.

В-третьих, в практике управления дебиторской задолженностью существует проблема отсутствия сформированного резерва по сомнительным долгам, а также обоснованной методики его создания, закрепленной в учетной политике предприятия. Необходимость в формировании резерва по сомнительным долгам обусловлена принципом соответствия, т. е. издержки должны соответствовать тому объему продаж, получению которого они способствовали.

Законодательством ПМР не прописаны критерии признания сомнительной дебиторской задолженности и не установлена методика формирования резерва по сомнительным долгам. В связи с этим предприятия самостоятельно устанавливают критерии признания дебиторской задолженности в качестве сомнительной и отражают данную информацию в учетной политике.

Главная теоретическая проблема в бухгалтерском учете дебиторской задолженности состоит в обосновании выбора варианта исчисления резерва по сомнительным долгам.

Различные подходы к решению этой проблемы и их обобщение дали возможность выделить следующие варианты методики создания резерва по сомнительным долгам:

- сумма резерва определяется по дебиторской задолженности в целом;

- исчисление резерва происходит путем деления задолженности на безнадежно сомнительную и потенциально сомнительную с формированием суммы резерва отдельно по каждой группе задолженности;

- резервы создаются отдельно по каждому долговому требованию.

Создание резерва по сомнительным долгам помогает увидеть реальную картину финансового положения дел на предприятии. Резерв по сомнительным долгам позволяет покрыть задолженность контрагентов, которая не была погашена в сроки и не была обеспечена необходимыми гарантиями.

Ни для кого не секрет, что существует два способа взыскания дебиторской задолженности: добровольный и принудительный.

Добровольный (претензионный) порядок предусматривает самостоятельное погашение долга без обращения кредитора в суд. При данном способе перечисление происходит обычно после того, как организация направляет претензию с требованием об уплате долга.

Принудительный (судебный) порядок предполагает направление искового заявления в суд.

Наиболее распространенными ошибками, которые не позволяют получить положительное решение суда и взыскать дебиторскую задолженность в принудительном порядке, являются:

1. Несоблюдение претензионного порядка разрешения спора. Очень часто закон предусматривает обязательный претензионный порядок рассмотрения спора

до обращения в суд. Готовя свою претензию, многие организации не обращают внимания на ее текст, они считают, что ее отправка является просто формальностью, необходимой для подачи иска. Но суды, как правило, проверяют не сам факт направления претензии, а ее текст. В результате претензия может содержать неоднозначные формулировки или в ней вовсе могут отсутствовать определенные сведения. В этом случае суд оставляет иск без рассмотрения, так как не соблюден претензионный порядок. Это означает, что организация потеряет время, потому что претензию придется отправлять заново, а недобросовестным контрагентам такая отсрочка даст возможность вывести свои активы и начать процедуру банкротства.

2. Неправильно выбранный способ защиты права и некорректно составленное исковое заявление, влекущие за собой отказ в удовлетворении исковых требований и оставление заявления без движения или вовсе его возврат.

3. Пропуск процессуальных сроков. Закон определяет сроки исковой давности, т. е. временные пределы для защиты нарушенных прав в суде. Общий срок исковой давности по взысканию дебиторской задолженности составляет три года, соответственно пропуск срока исковой давности служит достаточным основанием для вынесения судом решения об отказе в иске. Следовательно, должника уже нельзя заставить с помощью суда исполнить свой долг.

В-четвертых, одной из проблем учетной практики является порядок оценки дебиторской задолженности. Зачастую предприятия неверно оценивают дебиторскую задолженность как при первоначальном признании и в текущем учете, так и в балансовом отчете о финансовом положении (бухгалтерском балансе).

При первоначальном признании дебиторская задолженность должна оцениваться

по справедливой стоимости (по стоимости сделки), включая затраты на совершение сделки, которые напрямую связаны с приобретением или выпуском финансового актива или финансового обязательства.

Важно отметить, что первоначальной стоимостью дебиторской задолженности покупателей и заказчиков, заемщиков и векселедателей признается стоимость денежных средств или других активов, право на которые возникает из надлежаще оформленных документов (договоров, товарных накладных, актов приема-передачи, платежных поручений и пр.). При оценке дебиторской задолженности может возникать ситуация, когда содержание полученного оценщиком формального полного набора документов не всегда соответствует действительному состоянию дел. Например, если в пакете документов отсутствует дополнительный договор между дебитором и кредитором о пролонгации долга либо если условия возврата или погашения задолженности для кредитора достаточно жесткие, оценщик может не принять во внимание эти обстоятельства. И тогда возникает некая абстрактная величина стоимости задолженности, не имеющая никакого практического значения, поскольку отсутствует правовое и документальное обеспечение.

После первоначального признания дебиторская задолженность должна быть оценена по амортизированной стоимости с применением метода эффективной ставки процента. При этом амортизированная стоимость определяется как разница между первоначальной стоимостью дебиторской задолженности и совершенными выплатами в погашение основной суммы плюс сумма накопленной амортизации и минус сумма уменьшения в связи с обесценением. Вычисление этой стоимости вызывает затруднения у ряда бухгалтеров по причине сложности определения суммы обесценения дебиторской задолженно-

сти либо ее амортизации, которая должна быть рассчитана с применением метода эффективной ставки процента.

Как известно, реальная задолженность, или задолженность, поступление которой в предусмотренные сроки не вызывает сомнения, должна отражаться в бухгалтерской отчетности в полном объеме, а на сумму сомнительной задолженности создается резерв по сомнительным долгам, за счет которого производится списание безнадежной к взысканию задолженности. Как уже было обозначено выше, зачастую на предприятиях данный резерв не формируется и соответственно дебиторская задолженность недостоверно оценивается в бухгалтерском балансе.

И наконец можно выделить проблемы в части внутреннего контроля дебиторской задолженности, который является ключевым элементом системы управления дебиторской задолженностью:

1. Проблема оплаты дебиторской задолженности и определения допустимого уровня средств, изымающихся на дебиторскую задолженность. Сегодня многие организации неэффективно используют средства рефинансирования – факторинг, учет векселей и т. п., которые могли бы существенно ускорить трансформацию дебиторской задолженности в денежные средства.

2. Отсутствие на предприятии структурного подразделения или лица, в обязанности которого входил бы всесторонний контроль дебиторской задолженности.

3. Отсутствие в организации рабочих документов и регламента по работе с дебиторской задолженностью, которые соответствовали бы специфике и объективным условиям функционирования предприятия.

Обобщив изложенное, можно сделать вывод, что грамотная система учета дебиторской задолженности и управления ею – это важный аспект обеспечения успеха

деятельности коммерческих предприятий. Риск возникновения сомнительной и просроченной дебиторской задолженности существует всегда. Организациям необходимо правильно подходить к решению проблем инкассации дебиторской задолженности, своевременно предотвращать появление безнадежной дебиторской задолженности и максимально сокращать общие суммы проблемных долгов. Для обеспечения эффективного функционирования и прибыльности, а также стабильного финансового состояния предприятиям следует осуществлять постоянный контроль за практикой учета и управления дебиторской задолженностью, учитывая спектр описанных проблем и избегая ошибок, которые совершают коммерческие компании в своей учетно-управленческой системе наиболее часто.

## Цитированная литература

1. **Стасюк Т.П., Руснак И.В.** Проблемы управления дебиторской задолженностью экономических субъектов в современных условиях хозяйствования // Сборник материалов Республиканского «круглого стола» «Современные аспекты развития финансовой системы Приднестровской Молдавской Республики». – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2017.

2. **Поддубный К.А.** Организация и методика экономического анализа дебиторской задолженности: автореф. дис. ... канд. юр. наук. – Воронеж, 2010.

3. **Ефимова А.Г.** Методология формирования учетно-аналитического обеспечения в системе управления дебиторской задолженностью // Вестник современных исследований. – 2018. – № 8.4(23). – С. 66–68.

4. **Лиференко Г.Н.** Финансовый анализ предприятия: учебное пособие. – М.: Экзамен, 2005. – 160 с.

5. Пашкина И.Н., Соснаускене О.И., Фадеева О.В. Работа с дебиторской задолженностью: практическое пособие. – М.: Омега-Л, 2009. – 157 с.

6. Гонина Г., Соколова А. Об эффективном управлении дебиторской задолженностью экономического субъекта // Риск: ресурсы, ин-

формация, снабжение, конкуренция. – 2013. – № 3. – С. 283–288.

7. Горбулин В.Д., Фокина О.Н. Дебиторская и кредиторская задолженность. Особенности бухгалтерского и налогового учета. – М.: ГроссМедиа Ферлаг; РОСБУХ, 2009. – 127 с.

УДК 336.67

## ЗАРУБЕЖНЫЕ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ БАНКРОТСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ

*И.В. Толмачева, А.И. Есир, А.А. Татарой*

*Рассмотрены и проанализированы всевозможные методы диагностики вероятности наступления банкротства. Предложен авторский подход к сущности банкротства организации. Модели банкротства рассчитаны на основе данных предприятия. Сформулированы выводы.*

**Ключевые слова:** банкротство, прогнозирование, рентабельность, антикризисное управление, финансовое состояние.

## FOREIGN AND NATIVE METHODS OF PROGNOSTICS OF ENTERPRICE BANKRUPTCY

*I.V. Tolmacheva, A.I. Esir, A.A. Tataroy*

*The article considers various methods of diagnostics of probability of bankruptcy. The author's approach to essence of the organization bankruptcy is offered. The models of bankruptcy are calculated based on the enterprise data. The authors formed conclusions.*

**Keywords:** bankruptcy, prognostics, profitability, crisis management, financial condition.

В условиях приднестровской экономики организации различных отраслей сталкиваются с ситуацией, когда расходы начинают превышать доходы, что в результате может привести к снижению ликвидности, финансовой устойчивости и платежеспособности, росту кредиторской задолженности и уменьшению прибыли или к финансовым убыткам. Довольно часто предприятия не способны справиться с возникающими кризисными ситуациями. Как следствие, они не могут эффективно функционировать и становятся банкротами, что в итоге негативно сказывается на экономике страны. Экономика теряет эко-

номического агента, который мог бы пополнить бюджет республики, потребитель теряет продавца товаров или услуг. Люди, работавшие на данном предприятии, оказываются безработными и становятся бременем для бюджета государства, так как претендуют на пособие по безработице.

Часто сменяющиеся всевозможные кризисы – то экономические, то финансовые, а также постоянно меняющиеся факторы внешней финансовой среды и внутренние условия осуществления финансовой деятельности увеличивают вероятность возникновения кризиса и, как следствие, банкротства компании. При

этом бесспорным является тот факт, что предприятия, на которых аналитическая работа ведется системно и со всей ответственностью, способны вовремя обратить внимание на надвигающийся кризис, оперативно отреагировать на него и с большей вероятностью избежать банкротства.

Несостоятельность (банкротство) является весьма острой проблемой не только для хозяйствующих субъектов, но и для государства, несмотря на принимаемые меры поддержки организаций. Во-первых, важное значение имеет политический фактор, который выражается в непризнанности Приднестровской Молдавской Республики. Во-вторых, мировой экономический кризис 2008 года оказал разрушительное воздействие на финансовую систему большого количества компаний. Поэтому необходимо регулярно осуществлять финансовый анализ с целью своевременного выявления признаков банкротства.

Разработано множество методик оценки вероятности наступления банкротства, результаты которых могут кардинально отличаться друг от друга для одного и того же исследуемого предприятия [1, с. 46]. И в отечественной и в зарубежной экономической литературе данную проблему изучали Э. Альтман, О.П. Зайцева, М. Голдер, Ж. Конан, Дж. Фулмер, Г. Тишоу, Р. Таффлер, Г. Спрингейт, Р. Лис, Ж. Депалян, Г.В. Савицкая, Г.В. Давыдова, А.Ю. Беликов и др. Их расчеты основаны на методе дискриминантного анализа, который,

как известно, опирается на применение специальных авторских коэффициентов – индикаторов возможности наступления банкротства. При этом каждая авторская модель разрабатывалась на базе исследования предприятий конкретной страны или региона, как правило относящихся к одной или смежным отраслям экономики. Отметим, что все исходные данные для составления и построения прогнозных моделей авторы заимствовали из документов, содержащих статистическую информацию о финансовом состоянии предприятий, среди которых одни стали банкротами, другие значительно улучшили свои итоговые показатели, сумели к концу года восстановить финансовое положение и уменьшить так называемый риск исчезновения [2, с. 10].

Рассмотрим пять основных моделей прогнозирования банкротства отечественных и зарубежных авторов на примере приднестровского предприятия ЗАО «Фиальт-Агро» [3].

1. *Прогнозирование банкротства по модели Альтмана* (табл. 1):

$$Z = 0,717 \cdot x_1 + 0,847 \cdot x_2 + 3,107 \cdot x_3 + 0,42 \cdot x_4 + 0,998 \cdot x_5. \quad (1)$$

Вероятность несостоятельности предприятия в зависимости от значения Z-счета Альтмана определяется по следующей шкале:

– 1,23 и менее – высокая вероятность банкротства;

Таблица 1

**Расчет вероятности банкротства предприятия на основе пятифакторной модели Альтмана**

Коеф.	Расчет	Значение на 31.12.2018	Множитель	Произведение
$X_1$	Отношение оборотного капитала к величине всех активов	0,59	0,72	0,42
$X_2$	Отношение нераспределенной прибыли к сумме всех активов	0,01	0,85	0,01
$X_3$	Отношение прибыли до налогообложения к сумме всех активов	0,01	3,11	0,04
$X_4$	Отношение собственного капитала к заемному капиталу	0,67	0,42	0,27
$X_5$	Отношение выручки от реализации к сумме всех активов	0,36	0,99	0,36
Вероятность банкротства (Z) высокая				1,10



– от 1,23 до 2,9 – средняя вероятность банкротства;

– от 2,9 и выше – низкая вероятность банкротства.

Полученный результат говорит о крайне высоком риске наступления банкротства.

2. *Прогнозирование банкротства по модели Таффлера* (табл. 2):

$$Z = 0,53 \cdot x_1 + 0,13 \cdot x_2 + 0,18 \cdot x_3 + 0,16 \cdot x_4. (2)$$

Результат расчетов оценивается по следующей шкале:

– при  $Z > 0,3$  – вероятность банкротства низкая;

– при  $Z < 0,2$  – высокая.

Таким образом, вероятность наступления банкротства очень низкая.

3. *Метод Давыдовой–Беликова* (табл. 3):

$$R = 8,38 \cdot k_1 + k_2 + 0,054 \cdot k_3 + 0,063 \cdot k_4. (3)$$

Оценка результатов производится по следующим критериям:

–  $R < 0$  – вероятность банкротства максимальная (90–100 %);

–  $0 < R < 0,18$  – вероятность банкротства высокая (60–80 %);

–  $0,18 < R < 0,32$  – вероятность банкротства средняя (35–50 %);

–  $0,32 < R < 0,42$  – вероятность банкротства низкая;

–  $R > 0,42$  – вероятность банкротства минимальная (до 10 %).

Итоговый результат говорит о минимальном риске банкротства организации.

4. *Прогнозирование банкротства по методу О.П. Зайцевой* (табл. 4):

$$K = 0,25 \cdot x_1 + 0,1 \cdot x_2 + 0,2 \cdot x_3 + 0,25 \cdot x_4 + 0,1 \cdot x_5 + 0,1 \cdot x_6. (4)$$

Если фактический коэффициент  $K_f$  больше нормативного  $K_n$ , то вероятность наступления банкротства организации высокая, если меньше – то вероятность банкротства незначительная. Исходя из полученных результатов видно, что вероятность банкротства очень высокая.

Таблица 2

Расчет вероятности банкротства предприятия на основе модели Таффлера

Коэф.	Расчет	Значение на 31.12.2018	Множитель	Произведение
$X_1$	Отношение прибыли (убытка) от продаж к сумме текущих обязательств	0,04	0,53	0,02
$X_2$	Отношение суммы текущих активов к общей сумме обязательств	0,96	0,13	0,12
$X_3$	Отношение суммы текущих обязательств к общей сумме активов	1,04	0,18	0,19
$X_4$	Отношение выручки к общей сумме активов	0,36	0,16	0,06
Вероятность банкротства (Z) низкая				0,39

Таблица 3

Расчет вероятности банкротства предприятия на основе методики Давыдовой–Беликова

Коэф.	Расчет	Значение на 31.12.2018	Множитель	Произведение
$K_1$	Отношение оборотного капитала к активам	0,28	8,38	2,31
$K_2$	Отношение чистой прибыли к собственному капиталу	0,03	1,00	0,03
$K_3$	Отношение выручки от продаж к средней стоимости активов	0,35	0,05	0,02
$K_4$	Отношение чистой прибыли к затратам	0,04	0,06	0,00
Вероятность банкротства (R) минимальна				2,36

**Расчет вероятности банкротства предприятия  
на основе метода О.П. Зайцевой**

Коэф.	Расчет	Значение на 31.12.2018	Множи- тель	Произ- ведение
$X_1$	Отношение чистого убытка к собственному капиталу	0,03	0,25	0,01
$X_2$	Соотношение кредиторской и дебиторской задолженности	0,11	0,10	0,01
$X_3$	Отношение краткосрочных обязательств к наиболее ликвидным активам	19,00	0,23	4,37
$X_4$	Отношение чистого убытка к объему реализации	0,03	0,25	0,01
$X_5$	Отношение заемного капитала к собственному	1,57	0,10	0,16
$X_6$	Отношение общей величины активов к выручке	2,76	0,10	0,28
$K_{\phi} = 0,25 \cdot x_1 + 0,1 \cdot x_2 + 0,2 \cdot x_3 + 0,25 \cdot x_4 + 0,1 \cdot x_5 + 0,1 \cdot x_6$				4,83
$K_{н} = 0,25 \cdot 0 + 0,1 \cdot 1 + 0,2 \cdot 7 + 0,25 \cdot 0 + 0,1 \cdot 0,7 + 0,1 \cdot x_6$ (прошлого года)				0,42
Вероятность банкротства высокая				$K_{\phi} > K_{н}$

Таблица 5

**Расчет вероятности банкротства предприятия  
на основе метода рейтинговой оценки**

Коэф.	Расчет	Значение на 31.12.2018	Множи- тель	Произ- ведение
$K_1$	Отношение разности собственного оборотного капитала и внеоборотных активов к величине оборотных активов	0,47	2,00	0,94
$K_2$	Коэффициент текущей ликвидности	2,06	0,10	0,21
$K_3$	Коэффициент оборачиваемости активов	0,62	0,08	0,05
$K_4$	Коммерческая маржа. Рентабельность реализации продукции	0,19	0,45	0,09
$K_5$	Рентабельность собственного капитала	0,01	1,00	0,01
Вероятность банкротства (R) низкая				1,29

5. *Прогнозирование банкротства по методу рейтинговой оценки Р.С. Сайфулина и Г.Г. Кадыкова* (табл. 5):

$$R = 2 \cdot k_1 + 0,1 \cdot k_2 + 0,08 \cdot k_3 + 0,45 \cdot k_4 + k_5. (5)$$

Если значение итогового показателя  $R < 1$ , то вероятность банкротства организации высокая, если  $R > 1$ , то вероятность низкая. Следовательно, вероятность наступления банкротства по методу рейтинговой оценки низкая.

Таким образом, рассчитав вероятности наступления банкротства по различным моделям, можно сделать вывод о неоднозначности результатов. Так, 40 % полученных показателей говорят о вы-

соком риске банкротства, в то время как 60 % – свидетельствуют о том, что вероятность угрозы несостоятельности отсутствует или маловероятна.

Для того чтобы обобщить информацию о моделях, на основании которых проводились исследования, был выполнен сравнительный анализ их характеристик (табл. 6).

В анализируемых методах используются различные коэффициенты, которые характеризуют финансовое состояние организации. Каждый из них, безусловно, воздействует на результаты финансово-хозяйственной деятельности [8, с. 33]. Но существует еще один немаловажный производственный фактор, который непо-

**Сравнительная характеристика методов прогнозирования  
и оценки вероятности наступления банкротства**

№ п/п	Наименование метода, автор	Сущностные характеристики	Преимущества	Недостатки
1	Пятифакторная Z-модель Э. Альтмана (1968 г.)	Данная модель основывается на показателях стоимости заемного капитала к собственному, нераспределенной прибыли, собственного оборотного капитала, прибыли до уплаты процентов, выручки к сумме активов баланса [4, с. 165]	Характеризует экономический потенциал организации и результаты ее хозяйственной деятельности	Используется при условии развития рынка ценных бумаг. Не учитывает региональной и отраслевой специфики
2	Четырехфакторная прогнозная модель Р. Таффлера (1977 г.)	Модель основывается на прогнозе платежеспособности. Используются такие показатели, как: отношения прибыли к краткосрочным обязательствам, краткосрочных обязательств, выручки к сумме активов, отношения оборотных активов. Данный метод включает в себя измерение прибыльности, соответствия оборотного капитала, ликвидности и финансового риска	Показывает наиболее точную картину финансового состояния организации в будущем. Простота расчета коэффициентов	Не учитывает отраслевой специфики. Узкая область применения, только для акционерных обществ [5, с. 5]
3	Четырехфакторная модель Г.В. Давыдовой, А.Ю. Беликова (1988 г.)	В данной модели используются показатели отношения чистой прибыли к собственному капиталу, отношения собственного оборотного капитала к активам, отношения выручки к активам и отношения чистой прибыли к себестоимости [6, с. 22]	Все расчеты показателей и механизм разработки подробно описаны в источнике. Это позволяет применять методику на практике более эффективно	Основной вес коэффициента $K_1$ (8,38) основан на выборке торговых предприятий. Узкая сфера применения. Прогнозирование при заметных признаках кризисной ситуации, а не заранее
4	Шестифакторная модель О.П. Зайцевой (1998 г.)	Рассчитываются фактический и нормативный показатели. В расчете используются шесть коэффициентов: 1) коэффициент убыточности 2) коэффициент соотношения кредиторской и дебиторской задолженности 3) коэффициент соотношения краткосрочных обязательств и наиболее ликвидных активов 4) коэффициент убыточности реализации продукции 5) коэффициент финансового левериджа (финансового риска) 6) коэффициент загрузки активов [7, с. 117]	Простота использования показателей	Низкая прогнозная способность за счет определения весовых значений экспертным путем, а не с помощью применения экономико-статистических методов анализа. Потребность в привлечении показателей прошлого года
5	Метод рейтинговой оценки Р.С. Сайфулина и Г.Г. Кадькова	Метод основан на модели Альтмана с адаптацией к отечественным условиям	Относительно высокая точность. Адаптация к отечественным условиям, применение для любой отрасли. Понятность и простота модели	Невозможно оценить причины банкротства. Специфика организации не учитывается

средственно влияет на финансовое благополучие предприятия. Это человеческий фактор. Персоналу организации необходимо постоянно повышать уровень своих навыков и знаний, чтобы сформировать интеллектуальный потенциал, позволяющий диагностировать возможную ситуацию банкротства задолго до его наступления [9, с. 25].

Сравнение основных моделей прогнозирования банкротства позволяет сделать вывод, что любая модель может иметь и преимущества, и недостатки. В связи с этим на сегодняшний день точной и единой методологии, прогнозирующей вероятность наступления банкротства, ни в зарубежной, ни в отечественной практике не существует. Необходимо регулярно выполнять поиск новых знаний и создавать собственные методики расчета [10, с. 236].

Однако следует отметить, что использование таких моделей требует больших предосторожностей. Тестирование предприятия по данным методикам показало, что они не в полной мере подходят для оценки риска банкротства субъектов хозяйствования ПМР. Кроме всего прочего, диагностика должна предусматривать не только оценку вероятности наступления этого состояния, но и определение внутренних сил противостояния, имеющихся у предприятия, благодаря которым ситуация может быть полностью преодолена.

Особого внимания заслуживает тот факт, что, несмотря на весьма неутешительные прогнозы по расчетам большинства рассмотренных моделей, ЗАО «Филльт-Агро» по-прежнему функционирует и пока не собирается объявлять себя банкротом. Таким образом, оно выступает конкретным примером нередко наблюдаемого феномена, когда, казалось бы, по некоторым моделям совершенно безнадежное предприятие благополучно продолжает свою деятельность. Подробное и индивидуальное изучение отдельных кон-

кретных примеров данного явления может привлечь к анализу ранее не принимаемые во внимание факторы и в последующем помочь раскрыть сущность феномена банкротства предприятия.

Исходя из вышесказанного стоит отметить, что для оценки всех имеющихся моделей, разносторонне прогнозирующих банкротство, необходимо провести более детальный анализ дополнительных коэффициентов, оценить степень эффективности и влияние этих показателей на результат деятельности, а также построить модель, данные которой будут наиболее верными и точными [11, с. 63].

### Цитированная литература

1. Шехтман А.Ю., Журова Л.И., Несостоятельность организаций: причины и методы прогнозирования // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. – 2010. – № 23. – С. 46.
2. Стандарт бухгалтерского учета № 5 «Финансовая отчетность организации», утвержденный Указом Президента ПМР № 128 от 16 марта 2003 г.
3. Афоничкин А.И., Афоничкина Е.А. Управление портфелем стратегического развития экономических систем // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. – 2017. – Т. 2, № 3. – С. 10–13.
4. Глухова Л.В. Управление знаниями: дивергентный подход // Вестник Поволжского государственного университета сервиса. Сер.: Экономика. – 2014. – № 4(28). – С. 165–168.
5. Азитов Р.Ш. Исследование моделей прогнозирования несостоятельности организаций // Молодой ученый. – 2016. – № 13(5). – С. 1–5.
6. Журова Л.И. Методологический подход к обеспечению устойчивого развития экономических систем // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. – 2016. – № 3(34). – С. 22–31.

7. Глухова Л.В. Концептуальные основы управления инновационным потенциалом организации // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. – 2014. – Т. 2, № 1. – С. 117–125.

8. Сажин Ю.В., Катънь В.А., Сарайкин Ю.В., Басова А.В. Многомерные статистические методы анализа экономических процессов: учебник. – Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2009.

9. Журова Л.И., Топорков А.М. Анализ подходов к устойчивому развитию интегрированных корпоративных систем // Вестник

Волжского университета им. В.Н. Татищева. – 2017. – № 1(33). – С. 18–25.

10. Бехтина О.Е., Глухова Л.В. Совершенствование подходов к антикризисному управлению организацией // Вестник Волжского университета имени В.Н. Татищева. – 2017. – № 3. – С. 236.

11. Лукасевич И.Е., Федорова Е.А. Осуществление прогнозирования финансовых кризисов при помощи индикаторов: главные особенности развивающихся экономик // Вопросы экономики. – 2011. – № 12. – С. 63.

УДК 336.02

## СОДЕРЖАНИЕ И ВИДЫ ФИНАНСОВОЙ ПОЛИТИКИ СОВРЕМЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*И.В. Толмачева, А.В. Ясенкова*

*Обоснована актуальность проведения на предприятии четкой и слаженной финансовой политики. Описаны субъект, объект и содержание финансовой политики, факторы, влияющие на выбор стратегической цели предприятия. Указаны тактические задачи, способствующие устойчивому функционированию хозяйствующего субъекта. Сформулированы выводы.*

**Ключевые слова:** *предприятие, финансовая политика, управление, финансовая стратегия, финансовая тактика.*

## CONTENT AND TYPES OF FINANCIAL POLICY OF A MODERN ENTERPRISE

*I.V. Tolmacheva, A.V. Yasenкова*

*The article argued the relevance of a clear and coherent financial policy at an enterprise. The subject, object and content of financial policy, factors influencing the choice of the strategic goal of the enterprise are described. The tactical tasks that contribute to the sustainable functioning of the economic entity are indicated. The authors formed conclusions.*

**Keywords:** *enterprise, financial policy, management, financial strategy, financial tactics.*

Сегодня перед каждой компанией встают вопросы точного обозначения направлений развития на краткосрочную и долгосрочную перспективу, а также нахождения внутренних резервов, позволяющих достигать поставленных целей. Решения указанных проблем осуществляется

путем разработки и реализации финансовой политики на предприятии.

Финансовая политика – это совокупность мероприятий по целенаправленному формированию, организации и использованию финансов для достижения целей предприятия [1, с. 8].

Она является наиболее важной составной частью общей политики развития фирмы и включает производственную, инвестиционную, кадровую, маркетинговую, инновационную и другие политики.

Рассмотрим такие понятия, как субъект, объект и предмет финансовой политики.

Учредители и собственники определяют финансовую политику фирмы и осуществляют финансовое управление, а соответствующие распоряжения исполняют финансовые службы, производственные отделы, подразделения и отдельные работники. Все они, в свою очередь, выступают субъектами финансовой политики.

Субъекты разрабатывают и реализуют стратегию и тактику финансового менеджмента в целях поднятия ликвидности и платежеспособности фирмы путем получения и рационального использования прибыли.

Объектом финансовой политики выступает хозяйственная система и ее деятельность, взаимосвязанная с финансовым состоянием и результатами финансово-хозяйственной деятельности, а также денежный оборот хозяйствующего субъекта, представляющий собой поток денежных поступлений и платежей [2, с. 11].

Предметом финансовой политики служат внутренние и внешние финансовые процессы, отношения и операции, включая процесс производства, формирующие финансовые потоки и предопределяющие финансовое состояние и финансовые результаты деятельности, расчетные отношения, направление инвестиций, вопросы покупки и эмиссии ценных бумаг и др. [1, с. 12].

Осуществление финансовой политики охватывает стратегические и тактические финансовые решения, которые следует разделять на две группы:

- 1) решения инвестирования;
- 2) решения финансирования.

Инвестиционные решения сопряжены с образованием и использованием активов

(имущества) организации и призваны дать ответ на вопрос: во что вложить средства? Решения финансирования связаны с образованием и использованием пассивов (источников) и призваны дать ответ на вопрос: где взять средства? Эти виды финансовых решений тесно взаимосвязаны.

Разработанная финансовая политика позволяет организации поддерживать темпы развития, особенно в ситуациях, когда израсходованы самые явные резервы развития, такие как неосвоенные рынки, недостающие продукты, незанятые ниши. В конкурентной борьбе на первый план выходят организации, умеющие правильно построить стратегию и перераспределить свои ресурсы так, чтобы достичь стратегических целей.

Содержание финансовой политики многогранно и основано на единстве трех ключевых звеньев [3, с. 24]:

- разработки наиболее приемлемой концепции управления финансами, обеспечивающей сочетание высокой доходности и минимизации коммерческих рисков;
- выявления первостепенных направлений использования финансовых ресурсов на текущий и ближайший периоды с учетом налогообложения, рыночной конъюнктуры и т. д.;
- осуществления конкретных действий, ориентированных на достижение целей компании.

Главной целью финансовой политики предприятия выступает организация эффективной системы управления финансами, обеспечивающей максимизацию благосостояния собственников фирмы в текущем периоде и в перспективе.

Хозяйствующему субъекту для осуществления главной цели своей финансовой политики необходимо установить оптимальное соотношение между двумя важнейшими стратегическими направлениями – максимизацией прибыли и обеспечением финансовой устойчивости фирмы.



Для реализации стратегических направлений компания должна решать большое количество тактических задач (рис. 1). Если финансовая стратегия определяет основные пути и способы достижения целей, то финансовая тактика представляет собой совокупность конкретных мер, приемов по осуществлению данной стратегии в реальной, быстро меняющейся социально-экономической и политической обстановке. То есть стратегия отвечает на вопрос «что нужно делать?», а тактика – «как это делать?» [4, с. 8].

Приведенные выше стратегические направления имеют противоречия по отношению друг к другу, поскольку максимизация прибыли напрямую связана с высоким риском. В свою очередь, повышение финансовой устойчивости путем отказа от заемного капитала и создания значительных страховых резервов влечет за собой снижение рентабельности произ-

водства. Из этого следует вывод, что одновременно и максимизировать прибыль, и минимизировать риск невозможно.

Определяющим в проведении финансовой политики является умение финансового менеджера правильно выбрать приоритеты развития предприятия, так как от этого зависят и степень его финансовой устойчивости, и уровень прибыли производства.

Приоритетность тех или иных стратегических целей компании неизбежно меняется под влиянием разнообразных внутренних и внешних факторов (рис. 2).

Таким образом, финансовая политика – это постоянный поиск баланса, оптимального на текущий период сочетания нескольких направлений развития и определение альтернативных методов и механизмов их реализации. Финансовая политика должна быть гибкой, легко подстраиваемой под постоянно изменяющие-

**Для максимизации  
прибыли фирмы  
необходимо:**

- увеличивать объем продаж;
- эффективно управлять процессом формирования рентабельности;
- обеспечивать производство бесперебойной поставкой финансовых ресурсов;
- осуществлять полный контроль расходов;
- минимизировать длительность производственного цикла;
- оптимизировать величину запасов и др.

**Для обеспечения  
финансовой  
устойчивости фирмы  
необходимо:**

- минимизировать финансовые риски;
- синхронизировать денежные потоки;
- проводить детальный анализ контрагентов;
- формировать достаточный объем денежных средств;
- осуществлять финансовый маркетинг и др.

Рис. 1. Тактические задачи предприятия

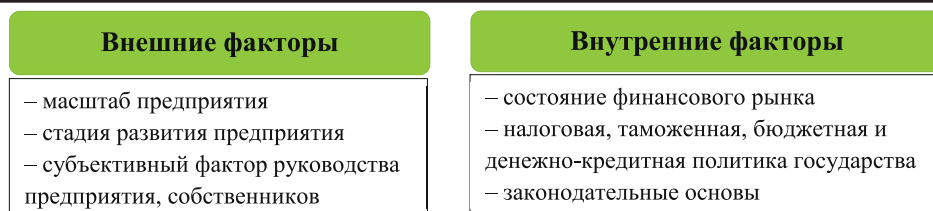


Рис. 2. Факторы, влияющие на выбор стратегических целей

ся условия внешней и внутренней среды организации.

В практике и теории наибольшее распространение получило рассмотрение финансовой политики предприятия в рамках двух основных аспектов: по направлению действия и по временному периоду и поставленным целям.

По направлению действия финансовую политику организации подразделяют на внутреннюю и внешнюю [5, с. 231].

Внутренней финансовой политикой фирмы называется политика, направленная на оптимизацию финансовых отношений, процессов и явлений, происходящих внутри организации.

Внешняя финансовая политика нацелена на достижение рационального использования возможностей различных сегментов финансовых рынков (национальных и международных) для развития фирмы [6, с. 9; 7, с. 6].

Финансовая политика также традиционно разделяется на два вида: краткосрочную и долгосрочную.

Краткосрочная финансовая политика (КФП) направлена на принятие решений на срок до одного года или на длительность одного операционного цикла, если он составляет более 12 месяцев. Ее суть заключается в подготовке, принятии и осуществлении управленческих решений, связанных с оптимизацией объема и состава источников финансирования оборотных активов предприятия и эффективным использованием полученных денежных средств.

КФП основывается на следующих элементах [8, с. 44]:

- политике управления оборотным капиталом;
- политике управления доходами, расходами и прибылью;
- ценовой, учетной и налоговой политиках.

Она направлена на решение текущих финансовых проблем, что позволяет улучшить финансовое состояние организации и повысить ее финансовую устойчивость в течение короткого периода.

Долгосрочная финансовая политика (ДФП) служит для принятия решений, оказывающих влияние на деятельность организации в долгосрочной перспективе (более 1 года).

В состав ДФП предприятия входят следующие элементы:

- политика управления капиталом;
- политика управления долгосрочными материальными активами;
- инвестиционная политика;
- дивидендная политика.

Долгосрочная финансовая политика предприятия (финансовая стратегия предприятия) – это система долгосрочных целевых установок и способов развития финансов организации, ориентированная на достижение ее долгосрочных целей [7, с. 7].

Данная политика позволяет выбрать оптимальные способы решения поставленных стратегических задач и, следовательно, является основой успешного развития фирмы в долгосрочной перспективе.

Таким образом, краткосрочная и долгосрочная политики взаимозависимы. Краткосрочные финансовые решения должны способствовать достижению долгосрочных целей организации.

### Цитированная литература

1. **Ушаков В.Я.** Финансовая политика предприятия: учебное пособие. – М.: Изд-во Моск. ун-та им. С.Ю. Витте, 2015. – 242 с.
2. **Щербаков В.А., Приходько Е.А.** Краткосрочная финансовая политика: учебное пособие. – 3-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2011. – 272 с.
3. **Кельчевская Н.Р., Сироткин С.А.** Финансовый менеджмент на предприятии: учебник. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 294 с.

4. **Щуров С.А., Лихачева О.Н.** Краткосрочная и долгосрочная финансовая политика предприятия: учебное пособие / под ред. И.Я. Лукасевича. – М.: Вузовский учебник, 2012. – 288 с.

5. **Позигулина В.В.** Виды финансовой политики современного предприятия // Научное сообщество студентов XXI столетия. Экономические науки: сб. ст. по мат. XLIV междунар. студ. науч.-практ. конф. – 2018. – № 7(44).

6. **Мардаровская В.Ю.** Долгосрочная и краткосрочная финансовая политика предприятия: учебное пособие. – М.: Элит, 2009. – 272 с.

7. **Толмачева И.В.** Финансовая политика предприятия: учебное пособие. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2015. – 208 с.

8. **Ковалев В.В.** Финансовый менеджмент: теория и практика. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Проспект, 2014. – 1024 с.

УДК 336.71.078.3

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ БАНКОВСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В ПРИДНЕСТРОВСКОЙ МОЛДАВСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

*Е.И. Человская, И.В. Звягинцева*

*Посредством анализа современного состояния банковского сектора исследуется система банковского регулирования и надзора в Приднестровской Молдавской Республике и выявляются ее основные тенденции. С помощью компаративного анализа определяются сферы и направления банковского регулирования в странах СНГ.*

**Ключевые слова:** банк, Центральный банк, государство, банковская система, банковское регулирование, банковский надзор.

## MODERN TRENDS OF BANK REGULATION IN THE PRIDNESTROVIAN MOLDAVIAN REPUBLIC

*Ye.I. Chelovskaya, I.V. Zvyagintseva*

*The article examines the system of banking regulation and supervision in the Pridnestrovian Moldavian Republic and identifies its main trends based on the analysis of the current state of the banking sector. With the help of a comparative analysis, the areas and directions of banking regulation in the CIS countries are determined.*

**Keywords:** bank, central bank, state, banking system, banking regulation, banking supervision.

Банковская деятельность как совокупность банковских операций и услуг весьма разнообразна. Стабильность банковской системы выступает важным фактором обеспечения экономической безопасности страны. Банковское регулирование и надзор являются составными частями системы государственного регулирования общеэкономических процессов и представляют собой систему мер, с помощью которых государство через Центральный банк и другие органы обеспечивает устойчивое и безопасное функционирование банковского сектора.

Актуальность проблемы обусловлена тем, что регулирование банковской деятельности является залогом эффективного функционирования банковского сектора. Его стабильность зависит от условий финансово-экономической среды, которые в Приднестровской Молдавской Республике постоянно изменяются. В связи с этим стабильность банковской сферы не может сформироваться в результате усилий отдельных банков по обеспечению устойчивости своего функционирования. Данный вопрос должен быть предметом макроэкономического регулирования.

Целями научного исследования стало выявление современных тенденций банковского регулирования в ПМР и проведение компаративного анализа системы банковского регулирования и надзора в странах СНГ.

Методологической основой выступили работы отечественных и зарубежных ученых в области организации банковской деятельности, банковского регулирования и надзора, а также законодательные акты Приднестровской Молдавской Республики и нормативные документы центральных банков стран СНГ и других официальных органов управления, касающиеся регулирования банковской деятельности. В статье применялись следующие методы экономических исследований: абстрактно-

логический, расчетно-конструктивный, графический, методы сравнения и группировки.

В ПМР главным органом, реализующим банковское регулирование и надзор, является Приднестровский республиканский банк (ПРБ), который проводит постоянный контроль за соблюдением кредитными организациями банковского законодательства и соответствующих нормативных актов регулятора.

Все полномочия ПРБ закреплены в законе «О Центральном банке Приднестровской Молдавской Республики» [1]. В 2017 году в данный закон были внесены изменения и дополнения, направленные на повышение роли Центрального банка в регулировании денежно-кредитной сферы, а также на укрепление финансовой устойчивости кредитных организаций и реализацию предусмотренных законодательством целей развития и поддержания стабильности кредитно-банковского сектора республики.

В Приднестровском республиканском банке в качестве надзорного подразделения действует Управление банковского надзора и регламентирования, которое состоит из отдела пруденциального надзора, отдела инспектирования и отдела лицензирования [2, с. 39].

Для обеспечения стабильности банковской системы, а также для защиты интересов вкладчиков и кредиторов ПРБ в соответствии с законодательством республики осуществляет регулирование и надзор за деятельностью банков и небанковских кредитных организаций. Основным инструментом исполнения функций контроля является сочетание внешнего надзора с проведением комплексных и специализированных проверок.

Очевидно, что современные тенденции банковского регулирования тесно связаны с текущей ситуацией в банковской системе. Анализируя состояние банков-

ского сектора Приднестровья в последние несколько лет, можно заметить, что 2014 год стал для этой системы непростым. На итоговые показатели развития банковской сферы существенное влияние оказали негативные общеэкономические тенденции, усилившиеся к концу 2014 года [3, с. 66]. Снижение деловой активности субъектов реального сектора обусловило значительный отток средств с текущих счетов корпоративных клиентов и, как следствие, сокращение совокупной ресурсной базы, что продолжилось и в 2015 году.

В 2015–2016 годах наблюдалась стагнация экономики, в результате чего отмечалось усиление региональной нестабильности и ухудшение внешнеполитической обстановки. Обострили ситуацию в 2016 году кризисные явления в банковской системе Приднестровья, усугубленные дисбалансом на внутреннем валютном рынке, который оказал негативное влияние на функционирование банковского сектора в целом. При этом в условиях ограниченных бюджетных средств государство становится одним из главных заемщиков коммерческих банков. Нестабильные условия деятельности банковской системы сказывались на ее финансовых показателях, которые характеризовались сокращением валовых доходов и расходов.

По итогам проведенного в 2017 году Приднестровским республиканским банком и внешними аудиторами объективного аудита ситуации в банковском секторе был выявлен целый ряд проблем, которые требовали принятия безотлагательных мер надзорного регулирования. Агрессивная кредитная политика и игнорирование базовых подходов к управлению рисками привели к накоплению в большинстве банков значительного объема проблемных активов.

В целях стабилизации ситуации в июне 2017 года на пленарном заседании Верховного Совета во втором, окончатель-

ном, чтении был принят Закон ПМР «О стабилизации банковской системы Приднестровской Молдавской Республики». Данный закон определяет правовые и организационные основы комплекса мероприятий, необходимых для оздоровления банковской системы Приднестровья [4].

Так, в соответствии с указанным законом с целью предотвращения возможных и устранения уже имеющихся негативных социально-экономических последствий деятельности отдельных субъектов банковской системы была проведена процедура оздоровления двух проблемных банков (ЗАО «Тираспромстройбанк» и ЗАО «АКБ „Ипотечный“») с дальнейшим их присоединением к государственному ОАО «Эксимбанк». Основанием для осуществления национализации финансово неустойчивых банков стал недостаточный уровень их капитализации и невыполнение ими обязательных экономических нормативов деятельности [5, с. 64].

В 2017 году основное внимание было направлено на обнаружение негативных тенденций и кризисных явлений на ранних стадиях. Проводилось совершенствование отчетности кредитных организаций в целях получения полной информации о характере и размерах принимаемых рисков.

По состоянию на 1 января 2019 года банковская система Приднестровья представлена тремя коммерческими банками, функционирующими в форме акционерных обществ на основании генеральных лицензий (табл. 1). Сеть коммерческих банков включает 14 филиалов и 219 банковских отделений. Количество небанковских кредитных организаций, действующих на основании лицензии на право совершения отдельных банковских операций, в 2018 году по сравнению с предыдущим годом осталось неизменным.

Данные рис. 1 свидетельствуют, что в 2018 году коммерческими банками было

Структура банковского сектора Приднестровской Молдавской Республики

Организация	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Коммерческие банки (действующие)	6	6	6	3	3
Из них:					
– с государственным участием	3	3	3	2	2
– с иностранным участием	1	1	1	–	–
Филиалы коммерческих банков	21	21	21	15	14
Отделения коммерческих банков	247	287	276	207	219
Небанковские кредитные организации (действующие)	6	6	6	2	2
– из них с иностранным участием	1	1	1	–	–

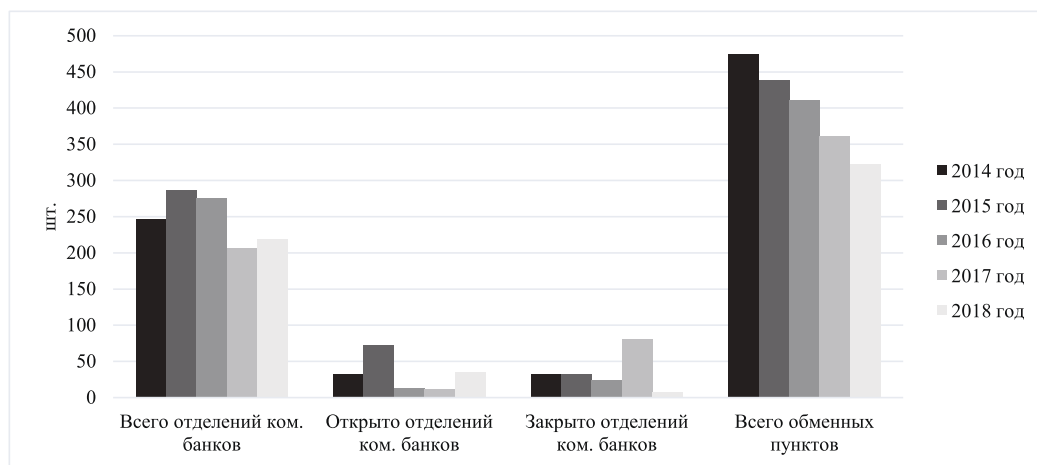


Рис. 1. Структура отделений и обменных пунктов коммерческих банков ПМР в 2014–2018 гг.

открыто 35 отделений, закрыто 7. Процедуру перерегистрации прошло 216 отделений коммерческих банков. Количество всех обменных пунктов в 2018 году составило 322, что на 39 меньше, чем в 2017 году. Таким образом, в последние пять лет наблюдается тенденция к снижению количества обменных пунктов, что можно объяснить сокращением количества действующих банков в республике.

По результатам анализа отчетности за 2014–2017 годы в деятельности кредитных организаций были выявлены нарушения действующего законодательства ПМР, в том числе нормативных актов Приднестровского республиканского банка. По

данным фактам составлены и направлены в кредитные организации акты и предписания по устранению обнаруженных нарушений (рис. 2). Больше всего актов и предписаний наблюдается в 2015 году.

В ходе осуществления дистанционного надзора была выявлена необходимость внесения дополнений и изменений в нормативные акты Приднестровского республиканского банка, направленных на совершенствование регулирования банковской деятельности.

За 2014–2017 годы Центральный банк ПМР выполнил 96 проверок банков и небанковских кредитных организаций, из которых 11 проверок являются плано-



выми и 85 – внеплановыми. В 2018 году проведено 12 банковских проверок. Большое количество проверок объясняется ухудшением экономической обстановки в Приднестровье, в том числе нарастанием напряженности на внутреннем валютном рынке.

Сравнительный анализ банковского сектора ПМР и стран СНГ позволил выявить схожие закономерности в организации системы банковского регулирования. Так, во всех государствах постсоветского пространства сложилась двухуровневая банковская система. Первый уровень традиционно представлен Центральным банком, второй – коммерческими банками.

Как видно из табл. 2, Приднестровье существенно отстает от стран СНГ по уровню развития структуры банковской системы. Банковский сектор ПМР представлен всего тремя банками. Тенденция

сокращения институциональных участников банковской системы привела к уменьшению коэффициента институциональной насыщенности республики банковскими учреждениями (количество банков на 100 тыс. чел.) с 1,3 до 0,6. Однако, несмотря на понижательную динамику, данный показатель по-прежнему выше аналогичных коэффициентов в других странах. Например, в Российской Федерации он находится на уровне 0,4, в Республике Молдова – 0,3, Белоруссии – 0,3, Украине – 0,2 и Казахстане – 0,2.

Анализ показал, что в постсоветских государствах органом, осуществляющим банковское регулирование и надзор, является национальный банк каждой страны. Центральный банк регулирует следующие сферы банковской системы:

– лицензирование и регистрация кредитных организаций;

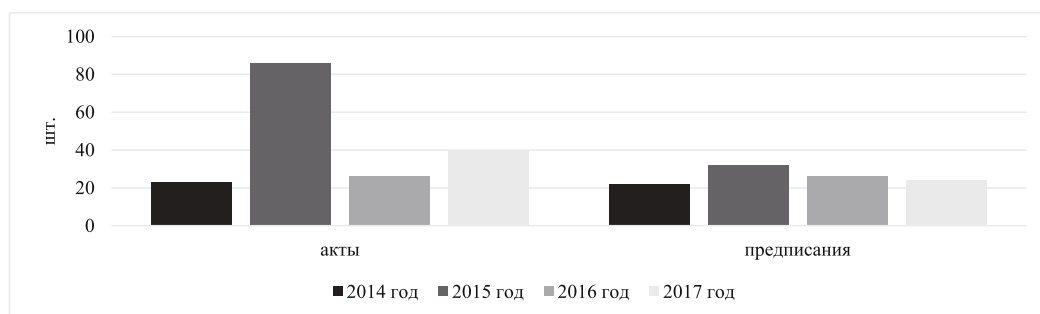


Рис. 2. Динамика составления актов и предписаний по устранению выявленных нарушений за 2014–2017 гг.

Таблица 2

Структура банковских систем стран СНГ и Приднестровья (по состоянию на 2017 г.)

Страна	Кол-во банков	Кол-во отделений лицензированных банков	Кол-во отделений иностранных банков и филиалов
Белоруссия	24	3616	5
Казахстан	32	2390	11
Молдова	11	804	4
Россия	561	20 263	160
Украина	84	9411	88
ПМР	3	207	–

- пруденциальный надзор;
- инспекции и ревизии финансового состояния кредитных организаций на месте;
- контроль за выполнением кредитными организациями требований надзорных органов.

Банковское регулирование в Российской Федерации, Белоруссии, Казахстане, Молдове, Приднестровье и Украине организуется по идентичным принципам и осуществляется аналогичными органами. Различия заключаются в количестве действующих кредитных организаций и объеме минимальных требований к размеру уставного капитала банка.

В современных условиях для сферы банковского регулирования в Приднестровской Молдавской Республике характерны следующие тенденции:

- ужесточение надзорных требований регулятора, вследствие чего сокращается количество институциональных участников банковской системы;
- увеличение количества инспекционно-ревизионных проверок кредитно-финансовых институтов в целях повышения их финансовой устойчивости;
- совершенствование методов и инструментов банковского регулирования и надзора в соответствии с международными стандартами и правилами;
- применение зарубежного опыта оздоровления банковского сектора;
- проведение мероприятий, направленных на стабилизацию кредитно-банковской системы республики.

В заключение следует отметить, что в рамках выполнения своих надзорных функций Приднестровский республиканский банк стремится максимально

соответствовать международным регулятивным принципам и стандартам, что обусловлено участием коммерческих банков и приднестровских предприятий в международных экономических отношениях. Определенное время было затрачено на адаптацию международного опыта к приднестровским реалиям, создание нормативной базы, не только соответствующей основным международным стандартам и рекомендациям, но и учитывающей специфику внутреннего политико-экономического уклада.

### Цитированная литература

1. Закон ПМР № 212–3 IV от 7 мая 2007 года «О Центральном банке Приднестровской Молдавской Республики».
2. Организация внутренней деятельности ПРБ // Вестник Приднестровского республиканского банка. – 2018. – № 3. – С. 39–45.
3. **Бунич Г.А., Человская Е.И.** Банковский сектор Приднестровья в условиях негативного действия макроэкономических факторов // Механизмы снижения уязвимости банковского сектора России: матер. науч.-практ. конф. «Сегодня и завтра банковского сектора России». – 2016. – С. 65–74.
4. Закон ПМР № 201-3-VI от 30 июня 2017 года «О стабилизации банковской системы Приднестровской Молдавской Республики».
5. **Человская Е.И.** Реструктуризация кредитно-банковской системы Приднестровской Молдавской Республики: цели и ожидаемые результаты // Матер. VI Междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы современной экономики» (г. Самара, август 2017 г.). – Самара: АСГАРД, 2017. – С. 63–67.

УДК 336.71

## РАЗВИТИЕ БАНКОВСКОГО СЕКТОРА ПРИДНЕСТРОВСКОЙ МОЛДАВСКОЙ РЕСПУБЛИКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Е.И. Человская, Ю.Ю. Соколовская

*Исследуется уровень развития банковской системы Приднестровья на основе анализа институциональных и функциональных характеристик и определяется ее роль в экономическом развитии государства. Проводится сравнительный анализ показателей развития банковского сектора ПМР и некоторых развивающихся стран СНГ.*

**Ключевые слова:** *банковская система, коммерческий банк, институциональная структура, показатели деятельности банковского сектора, экономическое развитие.*

## DEVELOPMENT OF THE BANKING SECTOR OF THE PRIDNESTROVIAN MOLDAVIAN REPUBLIC IN MODERN CONDITIONS

E.I. Chelovskaya, Yu.Yu. Sokolovskaya

*The article examines the level of development of the banking system of the Pridnestrovian Moldavian Republic on the basis of an analysis of its institutional and functional characteristics and determines its role in economic development in modern conditions. A comparative analysis of indicators of the development of the banking sector of Pridnestrovian Moldavian Republic and some developing countries of the CIS is carried out.*

**Keywords:** *banking system, commercial bank, institutional structure, banking sector performance indicators, economic development*

Уровень развития банковского сектора оказывает первостепенное влияние на состояние всей экономической системы страны. Банковская система концентрирует огромные денежные средства, обеспечивает их аккумуляцию, движение, распределение и перераспределение с учетом интересов различных экономических агентов [1]. Нарушения в функционировании банковской системы негативным образом сказываются на всех сферах общественной жизни и даже являясь основными причинами для подрыва экономической безопасности страны.

В связи с этим актуальность приобретают вопросы изучения особенностей и перспектив развития банковской системы с учетом тенденций социально-экономического развития страны, исследование кото-

рых усилит конкурентоспособность отечественных банковских институтов и будет содействовать обеспечению стабильности и надежности банковской системы.

Целью научной работы стало выявление уровня развития банковского сектора Приднестровской Молдавской Республики в современных условиях посредством анализа институциональных и функциональных характеристик.

Методологической основой исследования выступили такие общенаучные методы, как теоретический, дедуктивный, индуктивный, сравнения, аналогии, коэффициентного анализа.

Результаты проведенного сравнительного анализа основных показателей развития банковской системы Приднестровья и стран СНГ могут быть использованы при

разработке и реализации стратегических направлений развития банковского сектора республики.

Основываясь на определениях современных ученых, банковскую систему можно трактовать как целостную нацеленную на удовлетворение потребностей общества в банковских продуктах и услугах совокупность кредитно-финансовых организаций, которые осуществляют свои особые функции, постоянно развиваясь и находясь во взаимосвязи и взаимодействии между собой как на национальном, так и на мировом уровне в условиях финансовой глобализации.

Следует отметить, что с момента своего создания банковская система Приднестровья подвержена значительному влиянию внутренних и внешних факторов, существенно ограничивающих полную реализацию ее экономического потенциала. В основном это обусловлено такими специфическими особенностями, как высокая степень открытости экономики республики, незначительный размер внутреннего рынка, а также ориентация большинства крупных предприятий на внешние рынки сбыта своей продукции. Следовательно, банковская система республики достаточно чувствительна к изменениям условий внешнеэкономической деятельности.

Огромное значение также оказывает фактор непризнанности Приднестровья, последствием которого, в частности, являются существенные осложнения в реализации внешнеэкономических отношений [2, с. 416].

Одним из факторов, негативно влияющих на развитие банковского сектора республики в последние несколько лет, выступил банковский кризис, начавшийся в 2015 году. В целях стабилизации банковской системы в 2017 году была проведена процедура оздоровления двух финансово неустойчивых банков – ЗАО «Тираспромстройбанк» и ЗАО «АКБ „Ипотечный“»

путем очистки от проблемных активов посредством их передачи в ОАО «Агентство по оздоровлению банковской системы» и присоединения этих банков к государственному ОАО «Эксимбанк». Кроме того, в связи с накоплением значительного объема «плохих долгов», а также невозможностью исполнения своих обязательств был ликвидирован ЗАО «Банк сельхозразвития».

Примечательно, что Центральный банк ПМР действовал в соответствии с международной практикой борьбы с банковскими кризисами, которая является частью комплексных программ финансовой помощи коммерческим банкам, широко применяемых в настоящее время как развитыми, так и развивающимися странами.

В результате мероприятия, проведенные Приднестровским республиканским банком, существенно преобразовали институционную структуру банковского сектора государства, под которой понимается совокупность кредитных учреждений, организующих и реализующих кредитные отношения на территории республики.

Таким образом, на начало 2019 года банковский сектор Приднестровья представлен тремя коммерческими банками, 14 филиалами коммерческих банков и одной кредитной организацией, осуществляющей отдельные банковские операции (табл. 1).

Наблюдается сокращение территориальной инфраструктуры за период 2014–2018 годов: количество открытых отделений коммерческих банков уменьшилось на 28 единиц, составив 219 отделений, количество филиалов снизилось на 7 единиц, составив 14 [3].

Собственный капитал действующих коммерческих банков в 2018 году достиг отметки 1564,8 млн руб., увеличившись на 24 % по сравнению с 2014 годом. Положительная динамика капитальной базы в большей степени была обеспечена рос-

том в 2016 году уставного капитала ЗАО «Приднестровский Сбербанк», который увеличился на 500 млн руб. Докапитализация была обусловлена необходимостью кредитования потребностей республиканского бюджета в целях обеспечения своевременности выплат зарплат и пенсий в кризисный период.

Кроме того, рост капитала стал следствием дополнительной эмиссии акций одного из банков, проходящего процедуру регистрации в соответствующих государственных органах, а также переоценки валютной части капитала по причине изменения валютного курса [3].

С 2015 года наблюдается повышательная динамика банковских активов коммерческих банков (табл. 2). В целом за 2016 год объем банковских активов вырос на 522 млн руб. (+8,9 %) и сложился на уровне 6382,8 млн руб. В 2017 году объем активов увеличился на 31,8 % и составил 8412 млн руб. В 2018 году показатель достиг 8521,7 млн руб., увеличившись на 1,3 % по сравнению с 2017 годом.

В 2014–2016 годах наблюдается понижительная динамика депозитов населения в коммерческих банках. В 2014 году это произошло в связи со снижением средневзвешенной ставки по депозитам,

Таблица 1

Динамика институциональной структуры банковской системы ПМР

Показатель	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Абсолютное отклонение			
						2015 г. к 2014 г.	2016 г. к 2015 г.	2017 г. к 2016 г.	2018 г. к 2017 г.
Коммерческие банки	6	6	6	3	3	0	0	-3	0
Филиалы банков	21	21	21	15	14	0	0	-6	-1
Отделения банков, ед.	247	287	276	207	219	40	-11	-69	12
Кредитные организации	6	6	6	4	1	0	0	-2	-3

Таблица 2

Показатели деятельности коммерческих банков Приднестровья

Показатель	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Темп роста, %			
						2015 г. к 2014 г.	2016 г. к 2015 г.	2017 г. к 2016 г.	2018 г. к 2017 г.
Валюта баланса-нетто, млн руб.	6137,2	5860,8	6382,8	8412,0	8521,7	95,50	108,91	131,79	101,30
Депозиты населения, млн руб.	1644,3	1426,8	1313,3	2011,9	2547,9	86,77	92,05	153,19	126,64
Кредиты реальному сектору, млн руб.	2736,2	2782	3292,2	3548,6	3650,5	101,67	118,34	107,79	102,87
Кредиты физическим лицам, млн руб.	1159,4	947	752,7	781,9	926,0	81,68	79,48	103,88	118,43
Средневзвешенная ставка по депозитам физических лиц на срок до 1 года в руб. ПМР, %	4,8	5,31	4,98	4,91	6,3	110,63	93,79	98,59	128,31
Средневзвешенная ставка по кредитам нефинансовым организациям на срок до 1 года в руб. ПМР, %	13,49	13,7	8,47	14,52	13,69	101,56	61,82	171,43	94,28
Чистая прибыль, млн руб.	97,6	90,9	20	71,2	102,6	93,14	22,00	356,00	144,10

а в 2015 году спад обусловлен ухудшением экономической ситуации в республике, уменьшением общих доходов населения, оттоком средств с их счетов [4, с. 49].

В 2016 году демонстрируется значительное изъятие средств физических лиц из банковской системы. В результате этого остатки на депозитах населения за рассматриваемый год сократились еще на 8 %, что является минимальным значением за последние 5 лет.

Кредиты реальному сектору экономики имеют повышательную динамику на протяжении 2014–2018 годов: вследствие осложнения экономической ситуации в республике отечественным производителям оказывалась необходимая финансовая поддержка.

В 2015 году отмечается снижение объема кредитов физическим лицам на 18,32 %, а в 2016 году – на 20,5 %. В 2017 году кредиты физическим лицам увеличиваются на 3,88 % по сравнению с 2016 годом, что обусловлено ростом остатков по рублевым заимствованиям на 12,5 % при сокращении задолженности по валютным кредитам на 12,3 %. В результате степень валютизации потребительских ссуд снизилась на 5,4 п.п. до 29,4 %. В 2018 году коммерческие банки продолжили активную деятельность в области взаимодействия с населением, что нашло отражение в росте задолженности граждан по кредитам на 18,43 % по сравнению с 2017 годом.

Чистая прибыль банков уменьшается на протяжении 2014–2016 годов. В 2015 году она сократилась на 6,9 %, составив 90,9 млн руб. Это связано с более быстрыми темпами уменьшения доходов (на 8,5 %) коммерческих банков по сравнению с темпами снижения уровня расходов (на 7,4 %) [4, с. 49]. В 2016 году отрицательная динамика прибыли обусловлена уменьшением доходов, полученных от основной деятельности банков, в значительной степени

в результате сокращения доходов от кредитования населения.

Таким образом, проведенный анализ основных показателей деятельности банковской системы Приднестровья позволяет сделать вывод, что она претерпевает трудности и кризисные явления на пути своего развития. Ухудшение экономики в 2015–2016 годах, обусловленное внешнеполитической обстановкой и усилением региональной нестабильности, начавшийся банковский кризис обострили ситуацию, что оказало негативное влияние на деятельность банковского сектора. Однако принятие мер по оздоровлению банковской системы в 2017 году позволило добиться положительной динамики финансовых показателей деятельности коммерческих банков республики.

Сравнительный анализ ключевых показателей банковских систем стран СНГ и Приднестровья в 2015–2017 годах свидетельствует, что наша банковская система отличается более низкой степенью институциональной насыщенности и финансовой глубины. Банковские организации республики имеют более слабые показатели развития, чем банковские учреждения развивающихся стран СНГ (табл. 3).

Наибольший уровень финансового посредничества и насыщенности банковской системы наблюдается в Российской Федерации. В остальных странах Содружества банковские системы менее насыщены кредитно-финансовыми институтами и менее значимы для экономического развития.

Основные показатели банковской системы, характеризующие ее роль в экономике исследуемых стран СНГ, приведены в табл. 4.

Оптимальный уровень развитости национальной банковской системы относительно масштабов экономики наблюдается в Российской Федерации (93 %). Такой уровень свидетельствует, что финансовые возможности российской банковской системы



Таблица 3

## Показатели деятельности банковских систем Приднестровья и стран СНГ

Страна	Совокупные активы, млрд долл.			Прирост активов, % 2017 г. к 2015 г.	Совокупные обязательства, млрд долл.			Прирост обязательств, % 2017 г. к 2015 г.	Число банков			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.		2015 г.	2016 г.	2017 г.		2015 г.	2016 г.	2017 г.	2017 г. к 2015 г.
Казахстан	66,93	67,62	66,46	-0,70	54,10	55,18	59,02	9,09	35	33	32	-3
Россия	1458,7	1483,0	1431,0	-1,90	824,18	827,94	818,78	-0,66	733	623	561	-172
Беларусь	27,44	28,91	29,78	8,53	24,69	25,02	25,45	3,08	29	26	24	-5
Армения	8,52	8,48	9,04	6,10	6,93	7,11	7,59	9,52	20	17	17	-3
Молдова	4,14	4,29	4,69	13,29	1,98	2,06	1,98	2,06	11	11	11	0
ПМР	0,36	0,40	0,52	43,53	0,30	0,29	0,43	41,26	6	3	3	-3

Таблица 4

## Показатели банковской деятельности в странах СНГ

Страна	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Активы/ВВП, %					
Армения	58,12	62,21	63,73	66,29	70,10
Россия	78,50	98,00	99,70	92,90	92,60
Казахстан	60,50	58,14	57,87	59,12	56,79
Молдова	70,28	70,42	75,86	85,48	83,42
Беларусь	76,92	75,98	77,20	80,61	79,80
ПМР	54,96	49,51	60,71	55,67	68,40
Капитал/Активы, %					
Армения	15,93	15,28	13,57	14,69	16,20
Россия	11,78	11,49	8,54	8,92	10,36
Казахстан	26,22	25,49	26,64	31,36	35,71
Молдова	17,21	15,00	13,17	12,73	17,31
Беларусь	14,35	13,96	13,32	12,82	13,46
ПМР	20,77	20,58	21,24	26,18	18,14
Депозиты/ВВП, %					
Армения	20,09	23,31	25,28	28,07	32,10
Россия	35,58	38,37	41,34	48,66	50,41
Казахстан	14,52	13,20	13,66	10,47	11,11
Молдова	37,59	40,40	41,73	39,82	37,21
Беларусь	21,99	23,54	24,35	28,47	31,83
ПМР	18,89	20,38	22,88	18,65	27,81
Кредиты/ВВП, %					
Армения	40,06	42,38	48,92	45,63	48,88
Россия	43,88	47,93	53,47	56,43	53,37
Казахстан	35,88	34,87	33,53	37,73	33,03
Молдова	40,29	42,50	36,99	34,65	30,35
Беларусь	21,78	22,93	23,63	27,88	25,72
ПМР	43,54	39,32	47,81	41,09	55,99

способны обеспечивать потребности развития экономики. В Армении данный показатель имеет повышательную динамику в течение всего анализируемого периода – с 58 до 70 %. Примерно на одном уровне находятся Беларусь (79,8 %) и Молдова (83,4 %). Банковская система Казахстана демонстрирует снижение уровня финансового посредничества с 60 до 56,7 %. Величина активов по отношению к ВВП в Приднестровье имеет нестабильную динамику и в 2017 году сложилась на уровне 68,40 %.

Наибольшее значение достаточности капитала наблюдается в Казахстане: в 2017 году показатель достиг 35,7 %. Молдова, Приднестровье и Армения находятся примерно на одном уровне – 17,3, 18,1 и 16,2 % соответственно. Однако в ПМР в 2017 году наблюдается снижение показателя на 8,04 п.п. по сравнению с 2016 годом. В Республике Беларусь достаточность капитала в 2017 году составила 13,46 %. Наименьший показатель наблюдается в Российской Федерации – 10,36 %.

Наивысший уровень депозитов отмечается в России: в 2017 году он сложился на уровне 50,41 % и имеет положительную динамику на протяжении анализируемого периода. В Молдове данный показатель составляет 37,21 %. Армения и Беларусь находятся примерно на одном уровне – 32,10 % и 31,83 % соответственно. В ПМР уровень депозитов составляет 27,81 %. Наименьшее значение показателя наблюдается в Казахстане – 11,11 %.

Наибольший уровень насыщенности кредитами отмечается в Приднестровье и России – 55,99 % и 53,37 % соответственно. В Армении показатель сложился на уровне 48,88 %. В Казахстане и Молдове уровень кредитов достиг 33 % и 30,4 % соответственно. Наименьшее значение наблюдается в Беларуси – 25,72 %.

Таким образом, имея примерно одинаковые стартовые позиции в части формирования кредитно-финансовых систем,

страны СНГ выбрали разные пути развития своих банковских секторов. И сегодня они находятся на разных стадиях развития финансовой системы и продвигаются вперед с различными темпами.

Состояние банковских систем указанных стран весьма неоднородно, что отражает региональные и национальные различия. Результативность процессов, происходящих в банковских системах, неодинакова, что объясняется, прежде всего, различиями в макроэкономической и политической обстановке, проводимой государственными органами политике в отношении национальных банков, а также в социокультурных, геополитических и геоэкономических условиях развития каждого государства.

Наблюдается заметное отставание банковского сектора Приднестровья от кредитно-банковских систем стран СНГ, а также незначительная роль банковской системы в экономическом развитии республики. Поэтому дальнейшее развитие и совершенствование банковской системы за счет адаптации к внешним и внутренним условиям, создания рациональной структуры и эффективного управления банковским сектором позволит достигнуть положительного эффекта для экономики Приднестровья.

### Цитированная литература

1. Жилан О.Д., Данилова М.Р. Влияние депозитной политики на финансовую устойчивость коммерческого банка // *Baikal Research Journal*. – 2016. – № 4. – С. 23–28.
2. Человская Е.И. Особенности становления и развития кредитной системы Приднестровской Молдавской Республики // *Экономика и предпринимательство*. – 2016. – № 3 (ч.1). – С. 415–420.
3. Развитие банковской системы в 2018 году // *Вестник Приднестровского республиканского банка*. – 2019. – № 1. – С. 20–31.

УДК 336.02

## МОНЕТАРНАЯ ПОЛИТИКА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОНОМИКУ СТРАНЫ

Т.Ф. Юрова, Е.А. Кот

*Раскрыта сущность денежно-кредитной политики Центрального банка. Освещены основные режимы монетарной политики, а также проанализирована их структура и распределение среди стран. Сформулированы причины влияния монетарной политики Центрального банка на экономику государства, в том числе на примере денежно-кредитной политики Банка Приднестровья.*

**Ключевые слова:** денежно-кредитная политика, режимы монетарной политики, целевой параметр экономики (номинальный якорь), трансграничное влияние, уровень открытости экономики, темпы экономического развития, заявление о намерениях.

## MONETARY POLICY AND ITS INFLUENCE THE ECONOMY

T.F. Yurova, E.A. Kot

*The article reveals the essence of the monetary policy of the central bank. The main regimes of monetary policy are covered, and their structure and distribution among countries are analyzed. The reasons of influence the monetary policy of the central bank on the country's economy are formulated, including the example of the monetary policy of the Pridnestrovian Republican bank.*

**Keywords:** Monetary policy, monetary policy regimes, the target parameter of the economy (nominal anchor), cross-border influence, the level of openness of the economy, the pace of economic development, statement of intent.

### Монетарная политика государства и ее виды

Денежно-кредитная политика (ДКП) государства является мощным механизмом, способным оказывать трансграничное влияние, воздействуя на экономическую активность не только в своей стране, но потенциально и за ее пределами. Она служит отражением проводимого государством курса. Политика Центрального банка любой страны направлена на обеспечение устойчивого, эффективного функционирования экономики, поддержание в надлежащем состоянии денежной системы.

Развитие макроэкономической науки в последние десятилетия было ознаменовано существенным прогрессом в таких разделах теории, как денежно-кредитная политика и долгосрочное прогнозирование экономического роста. Тем не менее,

несмотря на значительное внимание к данным вопросам, сегодня остается ряд спорных аспектов, среди которых выбор режима монетарной политики и определение степени ее влияния на уровень экономического развития. Таким образом, для реализации задач, стоящих перед Центральным банком, на первом этапе монетарным властям необходимо выбрать один из приведенных ниже режимов денежно-кредитной политики:

- инфляционное таргетирование;
- таргетирование денежного предложения;
- таргетирование валютного курса.

Основное различие между ними заключается, прежде всего, в том, направлена ли монетарная политика Центрального банка непосредственно на конечную цель регулирования (режим инфляционного таргетирования) или его монетарная по-

литика ориентирована на промежуточные цели (таргетирование обменного курса, таргетирование монетарных агрегатов). Посредством выбора типа монетарной политики Центральный банк указывает целевой параметр в экономике, являющийся своего рода номинальным якорем.

При выборе режима денежно-кредитной политики монетарные власти учитывают следующие аспекты:

- тип экономики (рыночная, нерыночная, трансформационная);

- количественные параметры экономики (объем ВВП, промышленного производства, состояние платежного баланса и т. д.);

- уровень обеспеченности населения и степень социальной направленности экономики;

- степень жесткости бюджетных ограничений банков и предприятий;

- уровень открытости экономики, т. е. тесноту взаимосвязи внутреннего рынка с мировым рынком.

Выбор номинального якоря подразумевает определение переменной, таргетируемой Центральным банком. Его применение позволяет с помощью инструментария, которым располагает Централь-

ный банк, создать действующий механизм подавления инфляции.

В связи с усложнением системы макроэкономических отношений на фоне усиления мировой конкуренции подходы к выбору режима денежно-кредитной политики основаны на рассмотрении эффектов воздействия большого числа шоков на экономику страны. В соответствии с таким подходом оптимальным режимом будет тот, при котором минимизируются колебания в производстве, потреблении, внутреннем ценовом уровне и других макроэкономических переменных. Следовательно, выбор зависит от характера и источников шоков для экономики, общенациональных экономических целей и структурных особенностей экономики.

На сегодняшний день большинство стран мира придерживаются режима таргетирования обменного курса. Так, согласно исследованию, проведенному Международным валютным фондом по итогам 2017 года, из 189 государств, являющихся его членами, 42,7 % определяют именно стабильность курса национальной валюты как главную цель денежно-кредитной политики, из них 20,3 % выбирают доллар в качестве целевого ориентира (табл. 1) [1].

Таблица 1

**Структурное представление различных моделей денежно-кредитной политики в мировой экономике, %**

Год	Таргетирование обменного курса				Таргетирование монетарных агрегатов	Инфляционное таргетирование	Другие режимы
	Доллар	Евро	Валютные корзины	Другие валюты			
2008	33,0	14,4	8,0	3,7	11,7	22,9	6,4
2009	28,7	14,4	7,4	4,3	13,3	15,4	16,5
2010	26,5	14,8	7,9	3,7	13,2	16,4	17,5
2011	25,3	14,2	7,4	4,2	15,3	16,3	17,4
2012	22,6	14,2	6,8	4,2	15,3	16,8	20,0
2013	23,0	14,1	6,8	4,2	13,6	17,8	20,4
2014	22,5	13,6	6,3	4,2	13,1	17,8	22,5
2015	22,0	13,1	6,3	4,2	13,1	18,8	22,5
2016	20,3	13,0	4,7	4,7	12,5	19,8	25,0
2017	20,3	13,0	4,7	4,7	12,5	20,8	24,0

Выделение ценовой стабильности в качестве целеобразующей основы характерно для 20,8 % респондентов. Таргетирование монетарных агрегатов применяют значительно меньшее число стран – 12,5 %. В то же время по сравнению с предшествующими годами существенно увеличилось количество государств, использующих прочие режимы. Так, их доля по итогам 2017 года приблизилась к четверти от всех членов Международного валютного фонда, для сравнения в 2008 году этот показатель составлял лишь 6,4 %. Данная тенденция связана с усложнением макроэкономических условий, усилением транснациональной конкуренции и, как следствие, усложнением и спецификацией монетарных политик разных стран.

В число стран, применяющих особые режимы монетарной политики, входят государства с наиболее высоким уровнем экономического развития: США, Германия, Франция, Швейцария, Финляндия и др. (табл. 2) [1]. Данный факт связан с усложнением экономических процессов и необходимостью поиска новых, более действенных механизмов для обеспечения эффективности монетарной политики.

## Влияние монетарной политики на экономику страны

Режим денежно-кредитной политики, по сути, представляет собой организационно-управленческий способ достижения Центральным банком устанавливаемых им целей в экономике посредством использования различных каналов и инструментов трансмиссионного механизма. Существует целый ряд методов воздействия денежно-кредитной политики на экономику страны. В рамках стандартных механизмов можно выделить прямой канал процентной ставки (direct interest rate channel), канал доверия (confidence channel), портфельный канал (portfolio balance channel), канал банковского кредитования (bank credit channel), канал суверенного кредитного риска (sovereign credit risk channel) и канал валютного курса (exchange rate channel).

По мере развития процессов глобализации в мировой экономике и финансовой системе наблюдается постепенное усиление влияния монетарных факторов на уровень экономического развития страны [2]. Вопрос воздействия денежно-кредитной политики на динамику национальных финансовых рынков традиционно представляет серьезный интерес для исследовате-

Таблица 2

Страны и применяемые ими режимы денежно-кредитной политики

Таргетирование обменного курса				Таргетирование монетарных агрегатов	Инфляционное таргетирование	Другие режимы
Доллар	Евро	Валютные корзины	Другие валюты			
Саудовская Аравия	Болгария	Ботсвана	Бруней	Бангладеш	Армения	США
ОАЭ	Сан-Марино	Кувейт	Бутан	Таджикистан	Аргентина	Франция
Туркменистан	Македония	Либерия	Швейцария	Афганистан	Молдавия	Финляндия
Исландия	Камерун	Сингапур	Непал	Китай	Россия	Швейцария
Эквадор		Иран		Узбекистан	Казахстан	Греция

лей. Решения центральных банков влияют на динамику стоимости заимствований, доступность финансирования и движение трансграничных потоков капитала на финансовых рынках.

Влияние денежно-кредитной политики выходит за пределы внутреннего рынка, в большей степени это касается экономик развитых государств (США, Германии, Великобритании). Катализатором трансграничного воздействия выступают глобализационные процессы, а именно усиление взаимосвязей между развитыми и развивающимися странами.

Есть ряд факторов, ввиду которых денежно-кредитная политика способна оказывать трансграничное воздействие. Одним из хорошо известных каналов являются торговые связи: увеличение денежной массы в стране стимулирует спрос на импортные товары, что, в свою очередь, способствует росту экономической активности в государствах – торговых партнерах. Однако постепенно действие данного фактора ослабевает, что в большинстве случаев сопровождается смягчением ДКП.

В результате финансовых связей между странами возникает несколько трансграничных каналов трансмиссии. Первый – это так называемый канал фондирования банков, или канал международного кредитования, т. е. банки могут получить кредит не только на внутреннем, но и на международном рынке. При этом зачастую трансграничные кредиты выдаются в системно значимой валюте (доллар, евро). Ужесточение ДКП в США или странах Зоны Евро сделает фондирование в иностранной валюте более дорогим, что обусловит снижение объемов кредитования реального сектора государства.

Второй механизм трансграничной трансмиссии, связанный с банковскими балансами, – это так называемый портфельный канал [3]. Ужесточение ДКП в США приводит к сокращению первичного

капитала, т. е. американские банки, имеющие международный бизнес, сокращают кредитование местных компаний и увеличивают трансграничное кредитование.

Решения центральных банков или сигналы регуляторов о курсе монетарной политики оказывают непосредственное воздействие на показатели ликвидности финансовых рынков и поведение глобальных инвесторов.

### **Особенности денежно-кредитной политики Приднестровского республиканского банка и ее влияние на экономику государства**

Прежде всего, необходимо отметить, что экономика республики является открытой, а это связано с рядом особенностей. Во-первых, в открытой экономике реальный обменный курс является относительной ценой выпуска денег в стране и, таким образом, играет важную роль в уравнивании спроса и предложения между ними. Во-вторых, шок, происходящий в мире, воздействует на отечественную экономику: и шок совокупного предложения, и шок совокупного спроса, возникающие в зарубежной экономике, влияют на выпуск денег в отечественной экономике. Ввиду данных аспектов денежно-кредитная политика Банка Приднестровья основана на таргетировании валютного курса в рамках заданного валютного коридора, что позволяет сгладить воздействие внешних шоков. Регулирование денежного предложения, осуществляемое Центральным банком, носит рестриктивный характер, что направлено на недопущение его чрезмерного давления на валютный курс.

При негибких номинальных заработных платах монетарные факторы обладают ощутимым краткосрочным влиянием на реальный обменный курс. Колебания



обменного курса изменяют относительные цены на отечественные и зарубежные товары, воздействуя на совокупные спрос и предложение. В то же время потребительские цены реагируют на колебания обменного курса, поскольку являются индексами цен в отечественной валюте на отечественные и зарубежные товары. Воздействие колебаний обменного курса на уровень потребительских цен приводит к тому, что монетарная политика сильнее влияет на инфляцию в более открытых экономиках. Экономика Приднестровья не является исключением. Если построить временные ряды изменения номинального валютного курса и уровня инфляции в республике начиная с 1996 года (рис. 1), то регрессионный анализ позволит сделать вывод о высокой степени взаимосвязи между данными показателями. Полученное уравнение регрессии имеет вид

$$y = 0,58 \cdot x + 0,49$$

где  $y$  – индекс номинального валютного курса;  $x$  – индекс потребительских цен.

Коэффициент парной корреляции составляет 77,0 %, что подтверждает взаимосвязь между анализируемыми факторами.

Уровень номинального валютного курса оказывает влияние не только на ин-

фляцию, но и на другие важнейшие макроэкономические показатели. Изменение валютного курса находит отражение в динамике промышленного производства, что, в свою очередь, сказывается на темпах экономического роста государства в целом. Если восстановить динамический ряд изменения средневзвешенного валютного курса, а также объемов промышленного производства и валового внутреннего продукта (рис. 2), то при помощи эконометрических методов можно рассчитать уровень тесноты связи между анализируемыми показателями.

Так, коэффициент корреляции между стоимостью валюты на внутреннем рынке и объемом промышленного производства равен 87,8 %, а между средневзвешенным валютным курсом и ВВП – 94,2 %, что свидетельствует о высокой степени взаимозависимости данных факторов.

Таким образом, можно сделать вывод, что канал обменного курса трансмиссионного механизма монетарной политики Банка Приднестровья является работоспособным. Реакция макропеременных на первоначальный монетарный импульс статистически значима и значительна. Ослабление курса приднестровского рубля сопровождается ростом цен, что соответствует макроэкономическим тенденциям.

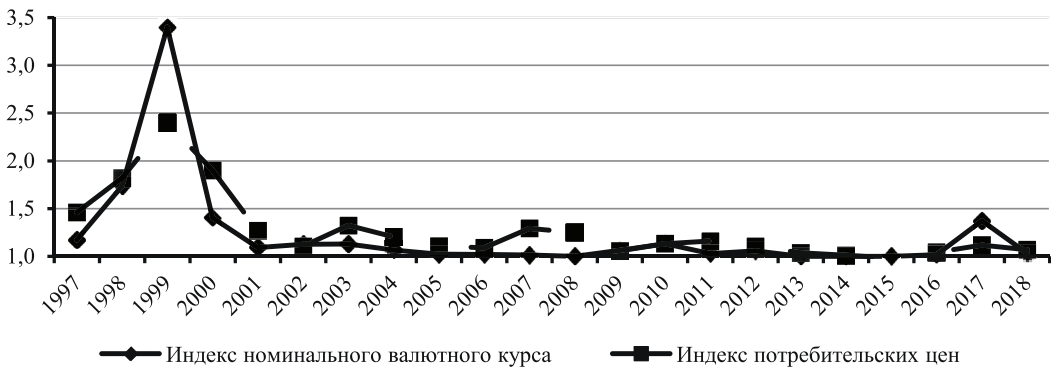


Рис. 1. Динамика индекса номинального валютного курса и индекса потребительских цен (график построен на базе данных, опубликованных в Вестнике Приднестровского республиканского банка, 2018, № 5)

В то же время снижение курса национальной валюты сопряжено с ростом объемов промышленного производства в республике и, как следствие, валового внутреннего продукта.

Помимо существенного влияния изменения валютного курса на экономику страны большое значение в современных условиях имеет так называемое *forward guidance*, т. е. заявление о намерениях. Открытость монетарной политики Приднестровского республиканского банка, заключающаяся в публикации прогнозных параметров курса национальной валюты

на предстоящий год, оказывает смягчающее воздействие на ожидания населения относительно курсовой волатильности. Таким образом, открытость денежно-кредитной политики Центрального банка во многом является частью его коммуникационной стратегии. Необходимо отметить, что на протяжении анализируемого периода уровень номинального валютного курса соответствовал параметрам, установленным в основных направлениях денежно-кредитной политики (табл. 3).

Подводя итог, необходимо отметить, что уровень экономического роста госу-

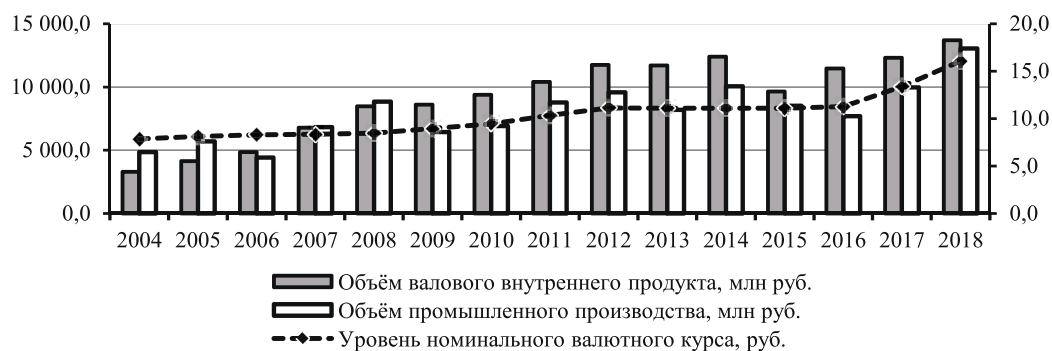


Рис. 2. Динамика основных макроэкономических показателей (график построен на базе данных, опубликованных на официальном сайте Приднестровского республиканского банка: <http://www.cbpmr.net/>)

Таблица 3

**Динамика изменения номинального валютного курса и границ валютного коридора, заложенных в основных направлениях денежно-кредитной политики, руб.\***

Показатель	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Средневзвешенный обменный курс долл. США	7,86	8,11	8,30	8,34	8,48	8,95	9,46	10,34	11,13	11,10	11,10	11,10	11,26	13,38	16,06	–
Нижняя граница прогнозного коридора	7,70	8,00	8,20	8,40	8,60	8,80	9,25	10,00	–	11,00	11,00	11,00	11,00	15,00	16,00	16,10
Верхняя граница прогнозного коридора	8,65	8,30	8,40	8,60	8,80	9,00	9,50	11,00	14,3	11,30	11,30	11,30	11,30	15,50	16,50	16,50

\* Таблица построена исходя из информации, опубликованной в Основных направлениях денежно-кредитной политики Приднестровского республиканского банка (<http://www.cbpmr.net/>).

дарства служит оценкой эффективности проводимой денежно-кредитной политики. Одним из ключевых параметров, позволяющих проанализировать состояние экономики, является индекс потребительских цен, на регулирование которого направлена денежно-кредитная политика Центрального банка. Чем ниже уровень однозначной инфляции (однако до определенного предела, чаще всего до 1–2 %, более низкие темпы могут являться сигналом стагнации экономики), тем выше устойчивость и предсказуемость экономических взаимосвязей между регулируемым Центральным банком денежно-кредитными, макроэкономическими параметрами и монетарными инструментами. Поступательное замедление инфляционных процессов и достижение в марте 2019 года минимального по сравнению с мартом 2017 года уровня инфляции в годовом выражении (+4,5 %) свидетельствуют об эффективности выбранного

инструментария денежно-кредитной политики и монетарного курса в целом. Это подтверждается ростом основных макроэкономических показателей по итогам 2018 года – объема валового внутреннего продукта, промышленного производства и экспортных потоков.

### Цитированная литература

1. Annual report on exchange arrangements and exchange restrictions 2017 by International Monetary Fund.

2. **Тиунова М.Г.** Влияние монетарной политики на динамику Российского финансового рынка // Финансы и кредит. – 2019. – Т. 25, вып. 3. – С. 618–635.

3. **Стырин К.** Исследование IBRN о трансграничной трансмиссии ДКП на межстрановом материале // Деньги и кредит. – 2018. – № 2. – С. 81–94.

УДК 336.71

## УПРАВЛЕНИЕ КАПИТАЛОМ КОММЕРЧЕСКОГО БАНКА И ЕГО ОПТИМИЗАЦИЯ

*Т.Ф. Юрова, Н.В. Лунгу*

*Рассматриваются актуальные аспекты регулирования минимального и достаточного размера собственного капитала коммерческого банка.*

**Ключевые слова:** *собственный капитал банка, устойчивость банка, управление капиталом, достаточность капитала, коммерческий банк, финансовая система.*

## CAPITAL MANAGEMENT OF THE COMMERCIAL BANK AND ITS OPTIMIZATION

*T.F. Yurova, N.V. Lungu*

*The article considers the current aspects of regulating the minimum and sufficient amount of the own capital of a commercial bank.*

**Keywords:** *own capital of bank, bank stability, capital management, capital adequacy, commercial bank, financial system.*

С момента становления в республике банковской системы, характерной для рыночных конкурентных отношений, можно проследить эволюцию взглядов на управление капиталом коммерческих банков. Менялись подходы к управлению капиталом, стандартизировалось и унифицировалось банковское законодательство.

На современном этапе развития финансовой системы одной из актуальных задач является формирование коммерческими банками качественного по своей структуре капитала.

Последние несколько лет коммерческие банки всего мира нуждаются в увеличении объема капитала, необходимого для поддержания роста суммы активов и снижения уровня риска для вкладчиков.

Возникновение острой потребности в собственном капитале связано с различными факторами. К наиболее значимым из них относится инфляция, которая вызывает, с одной стороны, увеличение суммы активов и пассивов, а с другой – уменьшение объема собственного капитала.

Важным фактором является неустойчивый характер экономики, который влечет за собой возрастание количества рисков в банковской деятельности и снижение стабильности получения банком доходов.

Рост экономики невозможен без осуществления инвестиций в реальный сектор национального хозяйства. В сложившихся условиях коммерческие банки испытывают трудности с эффективным формированием банковского капитала, который выступает основой выполнения банками своих функций в нормально действующем финансовом пространстве. Это связано с такими явлениями, как:

- недостаточность адекватной информационной базы;
- рост конкуренции в банковском секторе экономики;

- преодоление последствий экономического кризиса в мировой экономике и т. д. [1, с. 28].

Поэтому в отечественной экономической литературе усиливается внимание к эффективному формированию собственного капитала банков, процессам обеспечения его целесообразного распределения и функционирования. Данный вопрос особенно актуален сегодня, когда экономика республики подвергается опасности несоблюдения банками нормативного размера собственного капитала из-за неэффективной политики управления им, что может вызвать углубление недоверия клиентов к кредитным организациям.

Капитал банка – это совокупность всех средств: собственных, привлеченных и заемных, которыми распоряжается банк и которые он использует с целью формирования материальных, нематериальных и финансовых активов в денежной форме и осуществления своей деятельности для получения прибыли. Отдельные элементы капитала, такие как собственный, заемный и привлеченный, дают возможность отнести непосредственно совокупный капитал к капиталу функционирующему, а не только посредническому [1, с. 28]. Поэтому главной целью капитала является формирование прибыли банка, дивидендов и процентов в качестве клиентских доходов, а также создание благоприятных условий для дальнейшего развития банковского учреждения в экономической системе на рыночных принципах, связанных с факторами времени, риска и ликвидности.

Именно собственный капитал является основой капитала банка, его фундаментом, залогом стабильности и надежности. Собственный капитал формируется за счет средств владельцев банка и используется в процессе осуществления банковской деятельности с целью максимизации прибыли, что способствует повышению лояльности клиентов.

Управление капиталом коммерческого банка (его достаточностью) представляет собой, в сущности, стратегию развития банка с учетом целевой направленности (обеспечение и поддержка достаточного размера/объема капитала, необходимого для выполнения обязательств и стимулирования развития коммерческого банка).

В стратегию развития коммерческого банка, как правило, интегрированы ключевые принципы оценки достаточности капитала. Среди них принято выделять общие принципы непротиворечивости, научной обоснованности, релевантности и т. п., а также частные принципы.

Характерной особенностью большинства комментариев, посвященных последним кризисам в банковской сфере, является чрезвычайно частое упоминание *банковского капитала*. Считается, что не последнюю роль в недооценке финансовых кризисов сыграли недочеты со стороны органов надзора, которые своевременно не отследили возможность появления новых рисков в банковской деятельности и не ужесточили контроль над этими видами рисков, в частности путем введения более строгих требований к капиталу банков.

Достаточность капитала банка является одной из основных проблем, возни-

кающих перед лицом Базельского комитета.

Международные нормы достаточности капитала находятся в диапазоне от 8 до 12 %, причем данный показатель никогда не превышает 25 % (табл. 1) [2].

После мирового финансового кризиса 2008 года стало ясно, что требуются кардинальные изменения в области банковского сектора с целью повышения уровня устойчивости и стабильности мировой банковской системы.

В 2011 году Базельский комитет по банковскому надзору установил новый пакет международных нормативов, уже получивших наименование «Базель III»: «Общие регуляторные подходы к повышению устойчивости банков и банковских систем». Третья часть Базельского соглашения была разработана в ответ на недостатки в финансовом регулировании, выявленные финансовым кризисом конца 2000-х годов.

Смыслом данного документа является введение линейки обязательных нормативных коэффициентов, которые регулируют достаточность капитала и ликвидность, а также ограничивают включение в состав капитала банков некоторых видов финансовых активов [3, с. 84].

Таблица 1

**Нормативы достаточности капитала в развивающихся государствах и странах СНГ**

8 %	8,5 %	9 %	10 %	12 %
Казахстан	Таиланд	Колумбия Индия Израиль	Сингапур Азербайджан Армения Украина Россия	Венесуэла Киргизия Грузия Молдова Таджикистан
Белоруссия				
Чили				
Мексика				
Китай				
Индонезия				
Южная Корея				
Малайзия				
Чехия				
Венгрия				
Польша				
Саудовская Аравия				
Турция				
ПМР				

Совокупность новых стандартов, по сути, представляет собой реформу регулирования капитала и ликвидности на международном уровне, направленную на укрепление банковского сектора, повышение его способности выдерживать шоки, которые возникают вследствие финансовых и экономических стрессов, независимо от источника их происхождения, а также на улучшение банковского регулирования и надзора.

Ориентировочно переход на Базель III был намечен на 2012–2019 годы. Основным отличием Базеля III от Базеля II является внедрение более жестких нормативов. Так, многие показатели в предыдущем документе имели рекомендательный характер, однако в новом пакете они станут обязательными. В плане геополитики последствия введения Базеля III в наибольшей степени почувствуют страны Евророзоны.

В Базель II неоднократно вносились изменения и дополнения. Самым существенным нововведением стало измерение рыночного риска, однако определение

требуемого регуляторного капитала, изложенного еще в Базеле I в 1988 году, сохранилось прежним, равно как и величина минимальных регуляторных требований к нему.

Как показывает международный опыт, банки не в состоянии самостоятельно полностью оградить экономику страны от финансового кризиса, но здоровая банковская система способна отразить многие удары или хотя бы уменьшить глубину кризиса.

Необходимо отметить, что система банковского надзора в Приднестровской Молдавской Республике во многом адаптировалась к правовым нормам, которые характерны для Базеля II. Однако отдельные предложения пока проблематично встроить в существующую парадигму надзорной деятельности, так как нужны нестандартные правовые решения.

Стандарты Базеля III направлены на предостережение банков от чрезмерных рисков, что позволит снизить вероятность и остроту будущих кризисов и выдержать финансовые потрясения (табл. 2) [3, с. 84].

Таблица 2

#### Основные требования Базеля III к стандартам нормативного капитала

Элемент	Текущие правила (Базель I/II)	Новые правила (Базель III)
Минимальные требования к капиталу	Базовый капитал I уровня/величина рисков (BP) $\geq 2\%$ Капитал I уровня/BP $\geq 4\%$ Общий капитал/BP $\geq 8\%$	Базовый капитал I уровня/BP $\geq 4,5\%$ Капитал I уровня/BP $\geq 6\%$ Общий капитал/BP $\geq 8\%$
Инновационные инструменты	Включаемые в капитал I уровня (не более 15 % капитала I уровня)	Постепенное исключение
Капитал III уровня	Не должен превышать 250 % капитала I уровня, предназначен для покрытия рыночных рисков	Отмена
Ограничения	Капитал II уровня $\leq$ капитал I уровня. Субординированный долг $\leq 50\%$ капитала I уровня	Отмена
Корректировки/вычеты (кроме гудвилла)	50 % из капитала I уровня и 50 % капитала II уровня	100 % из базового капитала I уровня
Консервационный буфер	Отсутствует	2,5 % BP в дополнение к 4,5 % базового капитала I уровня/BP
Контрциклический буфер	Отсутствует	0–2,5 % BP



Таким образом, Базель III содержит решения трех основных проблем, которые были выявлены в ходе анализа причин финансового кризиса 2008 года. Это:

1) недостаточность и низкое качество капитальной базы банков;

2) неадекватность весовых коэффициентов при взвешивании активов по уровню риска;

3) недостаточный уровень ликвидности банков.

6 января 2013 года Базельский комитет по банковскому надзору объявил, что срок введения ряда нормативов Базеля III будет перенесен с 2015 года на 2019-й, чтобы избежать ухудшения кредитования и не препятствовать восстановлению экономики.

Для Приднестровской Молдавской Республики внедрение Базеля III в ближайшее время не является обязательным, таким образом, подключение к данному проекту – вопрос времени.

Стоит отметить, что Приднестровский республиканский банк приступил к изучению документов Базеля III для подготовки к разработке плана внедрения нового документа в нашем государстве. В каком объеме будут введены эти стандарты и в какие сроки, станет ясно после тща-

тельного изучения вопроса. Вместе с тем банкам целесообразно начать проведение самооценки соответствия новым стандартам капитала и ликвидности на индивидуальном уровне для определения возможной потребности в увеличении капитала в рамках стратегического планирования.

В целях обеспечения социально-экономической стабильности, особенно в нынешних непростых условиях, республике необходим устойчивый и надежный банковский сектор, способный гарантировать выполнение возложенных на него задач и функций, а также исполнение своих обязательств перед клиентами – как физическими, так и юридическими лицами.

### Цитированная литература

1. **Симановский А.Ю.** Достаточность капитала: еще раз о концепции // Деньги и кредит. – 2008. – № 4. – С. 28–37.
2. Вестник Приднестровского республиканского банка. – 2006. – № 7; 2013. – № 2.
3. **Федоров А.** Международные стандарты банковского капитала: базельское соглашение // Предпринимательство. – 2006. – С. 22–26.

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ

ОФИЦИАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ  
ОБ ОБЪЕКТАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
зарегистрированных в Министерстве юстиции  
Приднестровской Молдавской Республики

## Программы для ЭВМ

(76) Глазов Анатолий Борисович,

г. Рыбница, ул. Мичурина, д. 27, корпус 2, кв. 53.

(11) 344

(21) 19300376

(22) 12.07.2019

(15) 15.07.2019

(57) Программа для ЭВМ «Система управления базами данных NoSQL типа DBSN на языке PHP» предназначена для формирования и обслуживания базы данных NoSQL типа в виде набора таблиц. Алгоритм обработки данных в этой СУБД основан на следующих положениях:

1. Записи в любой таблице могут иметь различный размер, в зависимости от хранимых данных.
2. Число полей в записях одной таблицы может быть различным и зависит от имеющихся данных.
3. Уникальный идентификатор каждой записи (Id) не хранится в отдельном поле.
4. Id записи имеют физический смысл и позволяют максимально быстро получить доступ к данным записи.
5. Введено понятие индексных файлов, позволяющих реализовать упорядоченный доступ к записям.

Продукт разработан как модуль на языке PHP, что позволяет использовать его как СУБД для организации хранения данных на сервере Apache, реализованном на основных операционных системах: Windows, Linux. Среда разработки PHP 5.2. В продукте учтены общие требования к подключаемым модулям этой среды. В качестве основной кодировки выбрана UTF-8.

Данная СУБД является оригинальной и предназначена для использования во всех задачах с NoSQL организацией данных.

Минимальные требования для устойчивой работы СУБД следующие:

оперативная память 256 Мб;

процессор с тактовой частотой 300 МГц.

**(71)(73) Общество с ограниченной ответственностью «Евроучет»,**

г. Бендеры, ул. Пушкина, д. 41, кв. 11

**(11) 345**

(21) 19300377

(22) 18.07.2019

(15) 22.07.2019

**(72) Михеев Юрий Алексеевич и Рогачко Артем Валерьевич**

**(57) Программа для ЭВМ «Евробаланс». Конфигурация для платформы 1С:Предприятия 8.» (Альтернативное название «Евроучет без проблем.»)** предназначена для комплексной компьютеризации бухгалтерского учета предприятий различных отраслей, ведущих учет по основной и частично по упрощенной системе налогообложения на основе адаптированных к МСФО стандартов и плана счетов ПМР, а именно учет капитала, основных средств и нематериальных активов, учет товарно-материальных ценностей, учет банковских и кассовых операций, учет затрат, учет производственных операций, учет расчетов с подотчетными лицами, расчет вознаграждений персоналу и основные задачи кадрового учета.

Конфигурация включает единую систему нормативно-справочной информации, многомерный аналитический учет, количественный учет, мультивалютный учет. Количество основных объектов конфигурации: Общие модули - 25 шт.; Констант - 256 шт.; Журналов - 10 шт.; Перечислений - 181 шт.; Справочников - 126 шт.; Документов - 105 шт.; Отчетов - 97 шт.; Обработок - 196 шт.; Регистров сведений - 83 шт.; Регистров накопления - 6 шт.

Основные Общие модули: CRM, Бухгалтерские отчеты, Интерпретатор, Полные права, Работа с диалогами, Расчет Начислений Удержаний, Универсальные механизмы, Управление отчетами, Учет ОС, Сделки.

Основные Справочники: Номенклатура (ТМЦ), Валюты, Контрагенты, Сотрудники, Организации, Склады, Пользователи, Отчеты журнала, Статьи затрат, Города, Виды деятельности, Субконто, Поля, ФинАналитика, Статьи движения денежных средств, Целевое финансирование, ОС (основные средства), Нематериальные активы, Начисления, Удержания, ЕСН, Классификатор кодов ЕСН, Справочник кодов ПН.

Конфигурация позволяет автоматизировать подготовку большого количества первичных документов, таких как платежное поручение, счет, различные накладные, авансовый отчет, с печатью форм, соответствующих альбому первичных документов ПМР. Средства работы с документами позволяют организовать ввод документов, их распределение по журналам и поиск любого документа по различным критериям: номеру, дате, сумме, контрагенту.

Конфигурация позволяет автоматизировать подготовку большого количества первичных документов, таких как платежное поручение, счет, различные накладные, авансовый отчет, с печатью форм, соответствующих альбому первичных документов ПМР. Средства работы с документами позволяют организовать ввод документов, их распределение по журналам и поиск любого документа по различным критериям: номеру, дате, сумме, контрагенту.

Подсистема «Основные средства» содержит документы, связанные с поступлением капитальных вложений, вводом в эксплуатацию, износом и выбытием основных средств: «Поступление ТМЦ» (капвложения), «ОС ввод в эксплуатацию», «Перемещение ОС», «Выбытие ОС», «Начисление износа ОС», «Изменение параметров ОС», «Инвентаризация ОС».

Подсистема «Нематериальные активы» включает документы, связанные с движением нематериальных активов: «Поступление НА», «Ввод в эксплуатацию НА», «Пере-

мещение НА», «Выбытие НА», «Начисление износа НА», «Изменение параметров НА», «Инвентаризация НА».

Учет товаров, материалов, готовой продукции реализован согласно СБУ № 2 «Учет производственно-материальных запасов» и методическим указаниям по его применению. Поддерживаются следующие способы оценки материально-производственных запасов при их выбытии - индивидуальная оценка, по средней себестоимости. Партионный учет по FIFO и по LIFO не поддерживается.

В программе предоставляется возможность учета различных расходов, не связанных с выпуском продукции, оказанием работ и услуг - косвенных расходов. Для списания с распределением затрат используются документы «Списание 813 полное производство» и т.д.". Методы распределения - по объему выпуска продукции в продажных ценах и по количеству однотипной продукции.

В конфигурации имеется документ «Простое производство» для формирования только материальной составляющей себестоимости продукции (полуфабриката), применимый в строительных работах.

Для производств с переделами или без переделов дискретного типа с формированием полной себестоимости служит документ «Полное производство». В одной наглядной форме можно сформировать данные о месячном выпуске, рассчитать нормативное списание материалов, скорректировать его с учетом экономии или перерасхода материалов, отразить зарплату цехового персонала, произвести расчет полной калькуляции с учетом ранее распределенных косвенных затрат и отразить все данные в бухгалтерском учете.

Начисление вознаграждений работникам производится в документе «Расчет зарплаты», в котором на одной форме можно осуществлять и контролировать все необходимые исходные параметры расчетов и начислений на зарплату, а также их результаты, проведение результатов.

Контроль сводных данных по вознаграждениям и формирование отчетов по ЕСН и подоходному налогу, МРОТ, а также проведение свода по расчету зарплаты, ЕСН и налогов производится в комплексном документе «Отчеты по зарплате». Формируются также данные персонифицированного учета в виде карточек СЗВ-2.

Кадровый учет ведется с помощью документов «Кадровый учет» и «Кадровые изменения». Данные сотрудника аккумулируются в справочнике «Сотрудники». Документы «График отпусков» и «Штатное расписание» позволяют подготовить рабочие варианты этих кадровых документов.

В конфигурации автоматизирована система взаиморасчетов с персоналом и с контрагентами предприятия, расчет себестоимости товаров и продукции, расчеты по распределению затрат, расчет курсовой разницы, закрытие счетов 6-го и 7-го классов. Документы содержат печатные формы. Отчеты выпускаются как для анализа движения по бухгалтерским счетам, так и по разделам учета. Выпускается финансовая и налоговая отчетность: Налог на доходы все приложения, Баланс, Совокупный доход.

Отличительными особенностями конфигурации «Евробаланс» являются объекты, имеющие насыщенный и при этом эргономичный интерфейс: внешняя обработка «Главный журнал» (на основе «Журнала отборов»), документ «Расчет зарплаты», документ «Отчеты по зарплате», документ «Полное производство», документ «Авансовый отчет», документ «Касса операциониста», обработка «Выписка банка», документ «Зачет сделок» и обработки «Подбор сделок».

Сервисные возможности конфигурации позволяют отсеять большое количество ошибочных ситуаций, осуществлять поиск данных, управление доступом к учетным данным.

(76) Глазов Анатолий Борисович,

г. Рыбница, ул. Мичурина, д. 27, корпус 2, кв. 53.

(11) 346

(21) 19300378

(22) 26.07.2019

(15) 29.07.2019

**(57) Программа для ЭВМ “Программа на языке Assembler для исследования микроконтроллера Atmega8”** предназначена для глубокого и подробного изучения архитектуры и функционирования микроконтроллера путем интерактивного взаимодействия с ним. Основная проблема при изучении микроконтроллеров заключается в том, что программа для него перед исполнением должна быть скомпилирована в бинарную прошивку и загружена в его флэш-память, после чего можно наблюдать только внешние признаки ее исполнения. Это увеличивает время исследования и усложняет анализ результатов. Для преодоления этой проблемы применяются достаточно дорогие приборы – аппаратные отладчики.

Предлагаемая программа позволяет ознакомиться с работой внутренних составляющих микроконтроллера при выполнении отдельных команд без использования аппаратных отладчиков. Она способна обрабатывать около 10 основных команд и следить в произвольный момент времени за состоянием каждого байта оперативной памяти и практически любого порта ввода-вывода. Кроме того, она позволяет обрабатывать основные логические битовые операции. При этом нет необходимости в перекомпиляции и заливке разных прошивок во флэш-память микроконтроллера. Все действия могут быть выполнены в интерактивной форме.

Продукт разработан как модуль на языке Assembler AVR.

Данная программа может быть использована в ВУЗе для практических занятий.

Минимальные требования для устойчивой работы программы ПЗУ – 2 Кб, ОЗУ - 256 байт; контроллер с тактовой частотой 1 МГц.

(76) Глазов Анатолий Борисович,

г. Рыбница, ул. Мичурина, д. 27, корпус 2, кв. 53.

(11) 347

(21) 19300379

(22) 26.07.2019

(15) 29.07.2019

**(57) Программа для ЭВМ “Программа на языке Python для исследования микроконтроллера Atmega8”** предназначена для глубокого и подробного изучения архитектуры и функционирования микроконтроллера путем интерактивного взаимодействия с ним. Она размещается на компьютере и служит для взаимодействия с контроллером на низком уровне. Основная проблема при изучении микроконтроллера заключается в том, что программа для него перед исполнением должна быть скомпилирована в бинарную прошивку и загружена в его флэш-память, после чего можно наблюдать только внешние признаки ее исполнения. Это увеличивает время исследования и усложняет анализ результатов. Для преодоления этой проблемы предлагается использовать лабораторный комплекс из двух программ. Программа предоставляет оператору возможность отправки команд низкого уровня контроллеру в визуальном режиме. Команда вводится путем выбора, что уменьшает вероятность ошибки. Программа предоставляет собой набор из 12 базовых операций, дополняющих его широкими возможностями по заданию параметров, что в совокупности обеспечивает исследо-

вании 80% всех возможностей контроллера. Все действия могут быть выполнены в интерактивной форме.

Продукт разработан как модуль на языке Python 2.7.

Данная программа может быть использована в ВУЗе для практических занятий.

Минимальные требования для устойчивой работы программы ПЗУ – 2 Кб, ОЗУ - 256 байт; контроллер с тактовой частотой 1 МГц.

## Товарные знаки

**(730) Фэйсбук Инк. (Facebook, Inc.),**

601 Вилоу Роуд Менло Парк, Калифорния 94025,  
Соединенные Штаты Америки (Делавер корпорация)  
1601 Willow Road Menlo Park, California 94025,  
United States of America (a Delaware corporation)

**(111) 1852**

(210) 18201831

(151) 18.04.2019

**(540)**

(220) 10.12.2018

(180) 10.12.2028

## FACEBOOK

(511)

09 – компьютерная техника; программное обеспечение для социальных сетей и взаимодействия с интернет-сообществами; средства разработки компьютерного программного обеспечения; программное обеспечение для использования в качестве интерфейса прикладного программирования (API); интерфейс прикладного программирования (API) для использования в создании программных приложений; интерфейс прикладного программирования (API) для программного обеспечения, которое облегчает онлайн-сервисы для социальных сетей и для извлечения, загрузки, доступа и управления данными; программное обеспечение для создания, управления и взаимодействия с онлайн-сообществом; программное обеспечение для организации событий, поиска событий, календаря и управления событиями; программное обеспечение для создания, редактирования, загрузки, доступа, просмотра, публикации, отображения, маркировки, ведения блогов, потоковой передачи, создания ссылок, аннотирования, указания настройки, комментирования, встраивания, передачи и совместного использования или иного предоставления электронных носителей или информации через компьютер Интернет и сети связи; программное обеспечение для модификации и обеспечения возможности передачи изображений, аудио, аудиовизуального и видео контента и данных; программное обеспечение для модификации фотографий, изображений и аудио-, видео- и аудиовизуального контента с помощью фотографических фильтров и эффектов дополненной реальности (AR), а именно графики, анимации, текста, рисунков, геотегов, тегов метаданных, гиперссылок; программное обеспечение для сбора, управления, редактирования, организации, изменения, передачи, обмена и хранения данных и информации; загружаемое компьютерное программное обеспечение электронной коммерции, позволяющее пользователям совершать электронные бизнес-транзакции через глобальные компьютерные и коммуни-



кационные сети; программное обеспечение для отправки и получения электронных сообщений, оповещений, уведомлений и напоминаний; ПО для поисковых систем; магнитные закодированные подарочные карты; программное обеспечение для использования в создании, управлении, измерении и распространении рекламы других лиц; рекламный сервер, а именно компьютерный сервер для хранения рекламы и доставки рекламы на веб-сайты; игровое программное обеспечение виртуальной реальности; игровая программа дополненной реальности; игровое программное обеспечение смешанной реальности; игровое компьютерное оборудование виртуальной реальности; игровая компьютерная техника дополненной реальности; компьютерная аппаратура для игр со смешанной реальностью; компьютерные периферийные устройства; программное обеспечение виртуальной реальности для использования в компьютерах, игровых приставках, портативных игровых приставках, планшетных компьютерах, мобильных устройствах и мобильных телефонах для обеспечения виртуальной реальности; электронное игровое программное обеспечение для беспроводных устройств; программное обеспечение для электронных игр для карманных электронных устройств; программное обеспечение для электронных игр; носимая периферия для компьютеров, планшетных компьютеров, мобильных устройств и мобильных телефонов; программное обеспечение виртуальной реальности; программное обеспечение дополненной реальности; программное обеспечение смешанной реальности; программное обеспечение для видеоигр; интерактивные мультимедийные компьютерные игровые программы; загружаемые электронные игровые программы; программное обеспечение для компьютерных игр; гарнитуры для использования с компьютерами; лазерное оборудование немедицинского назначения; периферийные устройства; программное обеспечение для интеграции электронных данных с реальными средами для развлечений, образования, игр, общения и социальных сетей; программное обеспечение для доступа и просмотра текста, изображений и электронных данных, относящихся к конференциям в области разработки программного обеспечения; программное обеспечение, позволяющее разрабатывать, оценивать, тестировать и обслуживать мобильные программные приложения для портативных электронных устройств связи, а именно мобильных телефонов, смартфонов, карманных компьютеров и планшетных компьютеров; программное обеспечение для преобразования естественного языка в машинно-исполняемые команды; программное обеспечение, а именно интерпретирующий интерфейс для облегчения взаимодействия между людьми и машинами; программное обеспечение искусственного интеллекта; персональный помощник программного обеспечения; социальный ассистент программного обеспечения; инструменты разработки программного обеспечения, позволяющие мобильным программным приложениям получать доступ к внутренним службам, а именно к хранилищу данных, push-уведомлениям и управлению пользователями; программное обеспечение для картографических услуг; программное обеспечение для планирования действий с другими пользователями и выработки рекомендаций; программное обеспечение для социальной и целевой картографии; программное обеспечение для резервирования и бронирования; программное обеспечение для заказа и / или покупки товаров и услуг; программное обеспечение для определения местоположения для поиска, определения местоположения и обмена им; программное обеспечение для беспроводной доставки контента, данных и информации; программное обеспечение для обеспечения доступа, отображения, редактирования, связывания, обмена и иного предоставления электронных носителей и информации через Интернет и сети связи; программное обеспечение, а

именно приложение, обеспечивающее функциональность социальных сетей; программное обеспечение для создания, управления и доступа к группам в виртуальных сообществах; программное обеспечение для поиска и оповещений на основе определения местоположения; программное обеспечение для поиска и определения возможностей трудоустройства; программное обеспечение для идентификации и предоставления пользователям возможности связаться с представителями правительства; программное обеспечение, обеспечивающее виртуальный рынок; программное обеспечение, предоставляющее информацию о погоде на основе местоположения; программное обеспечение, предоставляющее, связывающее или передающее новости или информацию о текущих событиях; программное обеспечение для родительского контроля; программное обеспечение для облегчения взаимодействия и общения между людьми и платформами искусственного интеллекта; программное обеспечение в виде мобильного приложения для создания, обмена, распространения и размещения рекламы; программное обеспечение для рекламы на основе геолокации и продвижения товаров и услуг; программное обеспечение интерфейса прикладного программирования (API), позволяющее осуществлять поиск, загрузку, доступ и управление данными; программное обеспечение для просмотра и взаимодействия с изображениями, аудиовизуальным и видео контентом, а также с соответствующим текстом и данными; загружаемое компьютерное программное обеспечение для поиска контента и издателей контента, а также для подписки на контент; программное обеспечение для организации изображений, видео и аудиовизуального контента с использованием метаданных; программное обеспечение для создания и управления профилями в социальных сетях и учетными записями пользователей; программное обеспечение для выгрузки, загрузки, потоковой передачи, архивирования, передачи и обмена изображениями, аудиовизуальным и видео контентом и связанным текстом и данными; интерактивное фото и видео оборудование, а именно киоски для захвата, загрузки, редактирования, печати и обмена цифровыми изображениями и видео; программное обеспечение, которое позволяет отдельным лицам, группам компаний и брендам создавать и поддерживать присутствие в Интернете в маркетинговых целях; программное обеспечение для рекламодателей для общения и взаимодействия с интернет-сообществами; программное обеспечение для потоковой передачи мультимедийного развлекательного контента; интерфейс прикладного программирования (API) для использования при разработке платформ искусственного интеллекта, а именно ботов, виртуальных агентов и виртуальных помощников; программное обеспечение для организации мероприятий; компьютерное программное обеспечение, загружаемое компьютерное программное обеспечение и мобильное программное обеспечение для использования при съемке и редактировании фотографий, записи и редактирования видео; компьютерное оборудование виртуальной реальности; игровое компьютерное оборудование виртуальной реальности; программное обеспечение виртуальной реальности для использования в компьютерах, игровых приставках, портативных игровых приставках, планшетных компьютерах, мобильных устройствах и мобильных телефонах для обеспечения виртуальной реальности; программное обеспечение для компьютерных игр для домашних игровых приставок; носимые периферийные устройства для компьютеров, планшетных компьютеров, мобильных устройств и мобильных телефонов, а именно настраиваемые дисплеи для наушников; гарнитуры для использования с игровыми приставками; программное обеспечение; компьютерная техника дополненной реальности; гарнитуры виртуальной реальности; наушники дополненной реальности; очки виртуальной реаль-

ности; очки дополненной реальности; программное обеспечение виртуальной реальности для навигации в среде виртуальной реальности; программное обеспечение дополненной реальности для навигации по среде дополненной реальности; программное обеспечение дополненной реальности для использования в компьютерах, игровых приставках, портативных игровых консолях, планшетных компьютерах, мобильных устройствах и мобильных телефонах для обеспечения возможностей дополненной реальности; гарнитуры для игр виртуальной реальности; гарнитуры для игр дополненной реальности; портативные контроллеры виртуальной реальности; ручные контроллеры дополненной реальности; видео и компьютерные игровые программы; интерактивное развлекательное программное обеспечение; программное обеспечение для распознавания жестов; датчики отслеживания движения для технологии виртуальной реальности; датчики отслеживания движения для технологии дополненной реальности; компьютерное программное обеспечение для управления работой аудио и видео устройств; устройства потокового цифрового мультимедиа; наушники; наушники; программное обеспечение для отображения видео; аппаратные средства отображения видео, а именно видео драйверы для видео очков; программное обеспечение для навигации в среде виртуальной реальности; программное обеспечение для использования в компьютерах, игровых приставках, портативных игровых приставках, планшетных компьютерах, мобильных устройствах и мобильных телефонах для обеспечения виртуальной реальности и дополненной реальности; программное обеспечение виртуальной реальности для отслеживания объектов, управления движением и визуализации контента; программное обеспечение дополненной реальности для отслеживания объектов, управления движением и визуализации контента; программное обеспечение виртуальной реальности для пользователей, чтобы испытать визуализацию виртуальной реальности, манипулирование и погружение; программное обеспечение дополненной реальности для пользователей, чтобы испытать визуализацию дополненной реальности, манипулирование и погружение; программное обеспечение виртуальной реальности для управления гарнитурами виртуальной реальности; программное обеспечение дополненной реальности для работы с наушниками дополненной реальности; программное обеспечение виртуальной реальности для интерактивных развлечений; программное обеспечение дополненной реальности для интерактивных развлечений; гарнитуры; программное обеспечение для записи, хранения, передачи, приема, отображения и анализа данных с носимого компьютерного оборудования; носимые вычислительные устройства состояли в основном из программного обеспечения и экранов для подключения к компьютерам, планшетным компьютерам, мобильным устройствам и мобильным телефонам для обеспечения возможности виртуальной реальности и дополненной реальности; очки для обеспечения виртуальной реальности, опыта дополненной реальности; программное обеспечение для использования в создании и проектировании программного обеспечения виртуальной реальности и дополненной реальности; интерфейс прикладного программирования (API) для компьютерного программного обеспечения для разработки виртуальной реальности и опыта дополненной реальности; программное обеспечение и прошивка для программ операционной системы; компьютерные операционные системы; программное обеспечение для отслеживания движения, визуализации, манипулирования, просмотра и отображения опыта дополненной и виртуальной реальности; программное обеспечение, встроенное программное обеспечение и аппаратные средства для использования при визуальном, голосовом, звуковом отслеживании, распознавании движений, движений глаз

и жестов; компьютерное оборудование и программное обеспечение для работы сенсорных устройств; электронные сенсорные устройства, камеры, проекторы и микрофоны для обнаружения, захвата и распознавания жестов, лица и голоса; компьютерное оборудование и программное обеспечение для обнаружения объектов, пользовательских жестов и команд; программное обеспечение и прошивка для управления, настройки и управления контроллерами; программное обеспечение и встроенное программное обеспечение, позволяющее электронным устройствам обмениваться данными и общаться друг с другом; программное обеспечение операционной системы компьютера; программные драйверы программ для электронных устройств, позволяющие компьютерным аппаратным средствам и электронным устройствам связываться друг с другом; камеры; батареи; зарядные устройства; чехлы для батарей; аккумуляторы; устройства зарядки и управления питанием для мобильных электронных устройств; зарядка доков; зарядные стенды для мобильных электронных устройств; базовые зарядные устройства для мобильных электронных устройств; пауэр банки; внешние зарядные устройства; чехлы для беспроводной зарядки; устройства аккумуляторные электрические батареи, а именно аккумуляторы и портативные источники питания; внешние аккумуляторные батареи для использования с мобильными электронными устройствами; зарядные устройства для аккумуляторов; адаптеры питания; электрические адаптеры; электрические и электронные разъемы; адаптеры питания; сумки и чехлы, специально предназначенные для мобильных электронных устройств; портфели, рюкзаки и сумки для мобильных электронных устройств; чехлы для мобильных электронных устройств; лицевые; защитные чехлы и чехлы для мобильных электронных устройств; защитные рукава для мобильных электронных устройств; держатели, нарукавные повязки, зажимы и футляры, специально предназначенные для мобильных электронных устройств; настенные крепления для крепления мобильных электронных устройств; подставки для мобильных электронных устройств; держатели для мобильных электронных устройств; пульты дистанционного управления для мобильных электронных устройств; электрические аудио и акустические кабели и разъемы; аудио колонка; док-станции для мобильных электронных устройств; музыкальные колонки; электронные кабельные детали и арматура; электрические кабели; соединительные кабели; кабели для передачи оптического сигнала; силовые кабели и кабельные разъемы; микрофоны; аудиоприемники; аудио передатчики; беспроводная компьютерная периферия; головной видеодисплей; приемники электронных сигналов; видеоприемники; беспроводные передатчики и приемники для воспроизведения звука и сигналов; электрические датчики; датчики для контроля физических движений; программное обеспечение для отправки и получения электронных сообщений, графики, изображений, аудио- и аудиовизуального контента через Интернет и сети связи; программное обеспечение в виде мобильного приложения; сим-карты; программное обеспечение для обработки изображений, графики, аудио, видео и текста; программное обеспечение, а именно, программное обеспечение для обмена мгновенными сообщениями, программное обеспечение для обмена файлами, программное обеспечение для связи для электронного обмена данными, аудио, видеоизображениями и графикой через компьютерные, мобильные, беспроводные и коммуникационные сети; программное обеспечение для управления личной информацией и программное обеспечение для синхронизации данных; программное обеспечение для управления контентом в социальных сетях, взаимодействия с виртуальным сообществом и передачи изображений, аудио, аудиовизуального и видео контента, фотографий, видео, данных, текста, сообще-

ний, комментариев, рекламы, медиа-рекламы, коммуникаций и информации; программное обеспечение для отображения и обмена местоположением пользователя, а также поиска, определения местоположения и взаимодействия с другими пользователями и местами; программное обеспечение для использования в управлении взаимоотношениями с клиентами (CRM); программное обеспечение для предоставления информации для потребителей; программное обеспечение для обмена сообщениями; программное обеспечение для облегчения и организации финансирования и распределения средств и пожертвований; программное обеспечение для онлайн-овых благотворительных услуг по сбору средств и финансовых пожертвований; программное обеспечение, предназначенное для облегчения голосовых вызовов по интернет-протоколу (VOIP), телефонных звонков, видеозвонков, текстовых сообщений, мгновенных сообщений и онлайн-сервисов социальных сетей; телекоммуникационное оборудование для обеспечения доступа третьих лиц и обеспечения возможности передачи видео, данных и голоса по глобальным сетям связи, а именно к мобильным терминалам и терминалам доступа к компьютеру и мобильной телефонной связи, базовым приемопередающим станциям и их частям беспроводного радио, приемопередатчикам данных, повторителям данных маршрутизаторы и коммутаторы, схемы передачи, интегральные схемы, компьютерное оборудование, мобильные облачные клиенты и серверы, мультиплексоры, процессоры цифровых сигналов, процессоры радиочастотных сигналов, схемы коммутации мобильных устройств, электрические контроллеры воздушного движения, электрические контроллеры подвижности, электрические контроллеры доступа, удаленный порт электрические контроллеры, радиопорты, антенны, электронные радиокомпоненты, программное обеспечение для телекоммуникационных приложений и мобильные базовые сети, включающие приемопередатчики данных, беспроводные сети и шлюзы для сбора, передачи и управления данными, голосом и видео; коммуникационное программное обеспечение и коммуникационное компьютерное оборудование для обеспечения доступа в Интернет.

35 – услуги маркетинга, рекламы и продвижения; предоставление маркетинговых исследований и информационных услуг; продвижение товаров и услуг других через компьютерные и коммуникационные сети; бизнес и рекламные услуги, а именно: медиапланирование и медиапокупка для других; бизнес и рекламные услуги, а именно рекламные услуги для отслеживания эффективности рекламы, для управления, распространения и обслуживания рекламы, для анализа рекламных данных, для представления рекламных данных и для оптимизации эффективности рекламы; консалтинговые услуги в области рекламы и маркетинга; содействие обмену и продаже услуг и продуктов третьих лиц через компьютерные и коммуникационные сети; услуги онлайн-магазина розничной торговли, включающие в себя широкий спектр товаров широкого потребления, подарочные карты и доставку цифровых носителей, гарнитур виртуальной реальности, а также контента и данных виртуальной реальности; предоставление онлайн торговых площадок для продавцов товаров и / или услуг; предоставление онлайн-средств для связи продавцов с покупателями; деловое общение; услуги по трудоустройству и подбору персонала; услуги по рекламе и распространению информации, в частности, предоставление секретных рекламных площадок через глобальную компьютерную сеть; предоставление онлайн-овых компьютерных баз данных и онлайн-овых баз данных с возможностью поиска в области объявлений; предоплаченные услуги подарочных карт, в частности, выдача сертификатов подарочных карт, которые могут быть использованы для приобретения товаров или услуг; благотворительные услуги, в частности, содействие формированию



общественности о благотворительной, благотворительной, волонтерской, общественной и общественной деятельности и гуманитарной деятельности; обеспечение конкурсных и поощрительных программ, направленных на признание, поощрение и поощрение отдельных лиц и групп, которые занимаются самосовершенствованием, самореализацией, благотворительностью, благотворительностью, волонтерством, общественными и общественными работами и гуманитарной деятельностью, а также распространением продукта творческой работы; организация выставок и мероприятий в области разработки программного и аппаратного обеспечения для коммерческих или рекламных целей; ассоциация сервисов, которая продвигает интересы профессионалов и бизнеса в области разработки приложений для мобильных приложений; интернет реклама и продвижение товаров и услуг других через интернет; консультации по маркетингу и рекламе; услуги по исследованию рынка; реклама, маркетинг и продвижение товаров и услуг других лиц путем предоставления фото и видео техники на специальных мероприятиях; предоставление онлайн-услуг для прямой трансляции видео с рекламных мероприятий; организация и проведение специальных мероприятий в коммерческих, рекламных или рекламных целях; реклама на электронных носителях; организация, продвижение и проведение выставок, выставок и мероприятий в деловых целях; организация и проведение мероприятий, выставок, экспозиций и конференций в коммерческих целях в индустрии интерактивных развлечений, виртуальной реальности, бытовой электроники и видеоигр; услуги интернет-магазина розничной торговли с использованием гарнитур виртуальной реальности и дополненной реальности, игр, контента и цифровых медиа; предоставление информации телефонного справочника через глобальные сети связи; электронный каталог услуг; управление взаимоотношениями с клиентами; бизнес помощь и консалтинговые услуги; предоставление онлайн-услуг с комментариями пользователей, касающихся бизнес-организаций, поставщиков услуг и других ресурсов; рекламные услуги; распространение рекламы для других через глобальную компьютерную сеть; рекламные услуги, а именно: управление рекламной кампанией, таргетинг, внедрение и оптимизация услуг; маркетинговое исследование, а именно исследование и анализ рекламной кампании и потребительских предпочтений; продвижение товаров и услуг других лиц посредством распространения видеорекламы в интернете; рекламные услуги, а именно планирование, отслеживание и отчетность по рекламе для других; подготовка и реализация медиа и рекламных планов и концепций; показ рекламы, а именно размещение рекламы на сайтах для других; рекламные услуги, а именно таргетирование и оптимизация интернет-рекламы; управление деловой информацией, а именно отчетность деловой информации и бизнес-аналитика в области рекламы и маркетинга; управление бизнесом; управление бизнесом, офисные функции; бизнес-консультации по вопросам маркетинговой деятельности; медиапланирование и медиапокупка; бренд-консалтинг; дизайн рекламных материалов для других; предоставление онлайн-бизнес-каталогов с описанием ресторанов, баров, кинотеатров, танцевальных клубов, музеев, художественных галерей и других культурных и социальных пространств; продвижение общественного интереса и осведомленности о проблемах, связанных с доступом к Интернету для всего населения мира; бизнес консультации в сфере телекоммуникаций; консультационные услуги по управлению бизнесом, позволяющие субъектам предпринимательской деятельности, неправительственным и некоммерческим организациям разрабатывать, организовывать и администрировать программы для обеспечения более широкого доступа к глобальным коммуникационным сетям.



36 – услуги по обработке финансовых транзакций, а именно, предоставление безопасных коммерческих транзакций и вариантов оплаты; электронная обработка и передача данных об оплате счетов для пользователей интернета и сетей связи; услуги электронных денежных переводов; услуги по обработке транзакций по кредитным, дебетовым и подарочным картам; торговые услуги, а именно, услуги по обработке платежных операций; предоставление услуг электронных мобильных платежей для других; финансовые услуги; услуги по обработке платежей; услуги по финансовым операциям; содействие и организация финансирования и распределения средств и пожертвований; онлайн благотворительные услуги по сбору средств и финансовых пожертвований.

38 – услуги обмена фотографиями и видео, а именно электронная передача цифровых фотофайлов, видео и аудиовизуального контента между пользователями Интернета; телекоммуникации; обеспечение доступа к компьютерным, электронным и онлайн базам данных; телекоммуникационные услуги, а именно, электронная передача электронных носителей, данных, сообщений, графики, изображений, аудио, видео и информации; предоставление онлайн-форумов для общения по темам, представляющим общий интерес; обеспечение интернет-коммуникаций, которые переносят пользователей мобильных устройств и интернет в другие локальные и глобальные онлайн-местоположения; облегчение доступа к сторонним веб-сайтам или к другому электронному стороннему контенту через универсальный логин; предоставление онлайн-чатов, служб мгновенных сообщений и электронных досок объявлений; аудио, текстовое и видео вещание через Интернет или другие сети связи; услуги передачи голоса по интернет-протоколу (VOIP); услуги телефонии связи; обеспечение доступа к компьютерным базам данных в области социальных сетей и социальных знакомств и знакомств; услуги одноранговой фотосъемки и обмена данными, а именно электронная передача цифровых фотофайлов, графики и аудиоконтента среди пользователей Интернета; телекоммуникационные и одноранговые сетевые компьютерные услуги, а именно: электронная передача изображений, аудиовизуального и видео контента, фотографий, видео, данных, текста, сообщений, рекламы, средств массовой информации, рекламных сообщений и информации; услуги чата для социальных сетей; потоковая и прямая трансляция видео, аудиовизуального и интерактивного аудиовизуального контента через Интернет; телекоммуникационные услуги, а именно, электронная передача контента и данных виртуальной реальности; предоставление электронных досок объявлений для передачи сообщений между пользователями в области общего интереса; услуги видеоконференцсвязи; предоставление услуг технической поддержки по использованию оборудования связи; предоставление средств и оборудования для проведения видеоконференций; телеконференций; предоставление пользователям форума для обмена и потоковой передачи информации, аудио, видео, новостей в реальном времени, развлекательного контента или информации, формирования виртуальных сообществ и участия в социальных сетях; телекоммуникационные услуги, а именно услуги передачи и приема данных по телекоммуникационным сетям; услуги мобильной связи; обмен веб-сообщениями; видео телеконференции; службы мгновенных сообщений; электронный обмен голосом, данными, аудио, видео, текстом и графикой, доступный через компьютерные и телекоммуникационные сети; зашифрованная электронная передача и доставка восстановленных данных; обеспечение доступа к телекоммуникационным сетям и интернету; подключение к интернету; информация о телекоммуникациях; консалтинг в сфере телекоммуникационных услуг, а именно, передача голоса, данных и документов по телекоммуникационным сетям.

41 – развлекательные услуги; обеспечение доступа к интерактивным электронным и онлайн-базам данных пользовательского контента, стороннего контента, фотографий, видео, аудио, визуальных и аудиовизуальных материалов в области общего интереса; услуги обмена фото и видео; электронные издательские услуги для других; развлекательные услуги, а именно: предоставление интерактивных и многопользовательских и однопользовательских игровых услуг для игр, в которые играют через Интернет или сети связи; предоставление информации об онлайн-компьютерных играх и видеоиграх через компьютерные или коммуникационные сети; организация и проведение соревнований и проведение мероприятий для геймеров и игроков в компьютерные игры; предоставление онлайн-ресурсов для разработчиков программного обеспечения; конкурсные и поощрительные программы, предназначенные для признания, поощрения и поощрения отдельных лиц и групп, которые занимаются самосовершенствованием, самореализацией, благотворительностью, волонтерством, общественными и общественными работами, а также гуманитарной деятельностью и распространением продукта творческой работы; организация и спонсирование программ конкурса и поощрительных премий для разработчиков программного обеспечения; публикация учебных материалов, а именно издание книг, журналов, информационных бюллетеней и электронных публикаций; образовательные услуги, в частности, организация и проведение конференций, курсов, семинаров и онлайн-тренингов в области рекламы, маркетинга, социальных сетей, интернета и социальных сетей, а также распространение материалов курса в связи с этим; Интернет-журналы, а именно веб-блоги (блоги), показывающие пользовательский контент; развлекательные услуги, а именно: предоставление игр виртуальной реальности, интерактивных развлечений и контента виртуальной реальности; развлекательные услуги, а именно: предоставление игр дополненной реальности, интерактивных развлечений и контента дополненной реальности; развлекательные услуги, а именно: предоставление игр смешанной реальности, интерактивных развлечений и контента смешанной реальности; предоставление компьютерной игры для использования всей сети пользователями сети; предоставление онлайн-игр виртуальной реальности; предоставление онлайн игр дополненной реальности; предоставление онлайн-игр со смешанной реальностью; развлекательные услуги, а именно предоставление онлайн видеоигр; организация выставок в области интерактивных развлечений, виртуальной реальности, бытовой электроники и индустрии развлечений с видеоиграми для культурных или образовательных целей; организация и проведение образовательных конференций; организация выставок и мероприятий в области разработки программного обеспечения в образовательных целях; образовательные услуги, а именно организация и проведение конференций и семинаров в области искусственного интеллекта и интернета вещей; обучение в области дизайна, рекламы и коммуникационных технологий; обучение в области стратегического медиапланирования, связанного с рекламой, маркетингом и бизнесом; интернет-журналы, а именно блоги с рекламой, маркетингом и бизнесом; предоставление компьютерных, электронных и онлайн баз данных в сфере развлечений; издательские услуги, а именно издание электронных публикаций для других; прокат киосков для фотографии и / или видеосъемки для захвата, загрузки, редактирования и обмена фотографиями и видео; развлекательные услуги, а именно: предоставление онлайн-сервисов для потоковой передачи развлекательного контента и потокового видео развлекательных мероприятий в режиме реального времени; организация живых выставок и конференций в области культуры, развлечений и социальных сетей для некоммерческих и некоммерческих це-

лей; предоставление онлайн-игр; развлекательные услуги, а именно: предоставление игр виртуальной реальности, интерактивных развлечений и контента и впечатлений от виртуальной реальности; развлекательные услуги, а именно: предоставление игр дополненной реальности, интерактивных развлечений и контента и впечатлений от дополненной реальности; развлекательные услуги, а именно: предоставление игр со смешанной реальностью, интерактивных развлечений и контента и событий смешанной реальности; развлекательные услуги, а именно: организация и проведение конкурсов для поощрения использования и развития интерактивных развлечений, виртуальной реальности, дополненной реальности, бытовой электроники и программного обеспечения и оборудования для развлечений в области видеоигр; организация выставок и мероприятий культурного, образовательного или развлекательного назначения; производство программного обеспечения для видео и компьютерных игр; виртуальная реальность аркадных сервисов; аркадные сервисы дополненной реальности; игровые сервисы виртуальной реальности, предоставляемые онлайн из компьютерной сети; игровые сервисы дополненной реальности, предоставляемые онлайн из компьютерной сети; предоставление онлайн компьютерных игр и интерактивных игр; производство видео дополненной реальности; производство видео в виртуальной реальности; производство программного обеспечения для видео и компьютерных игр; предоставление программного обеспечения для онлайн-игр; развлекательные услуги, а именно предоставление интерактивных игр; услуги по производству мультимедийного развлекательного программного обеспечения; услуги по производству мультимедиа; развлекательные услуги в области разработки, создания, производства и постпроизводства услуг мультимедийного развлекательного контента; развлекательные услуги, а именно: предоставление игр дополненной реальности и интерактивного развлекательного контента; развлекательные услуги, а именно, предоставление виртуальной среды онлайн-реальности; развлекательные услуги, а именно, предоставление онлайн-среды дополненной реальности; предоставление развлекательной информации из поисковых индексов и информационных баз данных, включая текст, электронные документы, базы данных, графику, фотографические изображения и аудиовизуальную информацию, через Интернет и сети связи; организация, продвижение и проведение выставок, выставок и мероприятий в деловых целях; предоставление информации об онлайн-компьютерных играх и видеоиграх через компьютерные или коммуникационные сети; организация и проведение соревнований и проведение мероприятий для геймеров и игроков в компьютерные игры; организация выставок в области интерактивных развлечений, виртуальной реальности, бытовой электроники и индустрии развлечений с видеоиграми для культурных или образовательных целей; организация и проведение образовательных конференций; организация выставок и мероприятий в области разработки программного обеспечения для образовательных целей; предоставление веб-сайта с публикациями о технологиях виртуальной реальности, которые нельзя загрузить; предоставление веб-сайта, на котором публикуются незагружаемые публикации о технологиях дополненной реальности; образование; обеспечение обучения; спортивные и культурные мероприятия; развлекательные и образовательные услуги, а именно: предоставление не загружаемых фильмов, телевизионных шоу, веб-трансляций, аудиовизуальных и мультимедийных произведений через Интернет, а также информация, обзоры и рекомендации относительно фильмов, телевизионных шоу, веб-трансляций, аудиовизуальных и мультимедийных произведений; предоставление компьютерных, электронных и онлайн-баз данных для образовательных, развле-

кательных и развлекательных целей в сфере развлечений, а также в сферах вторичных, университетских, социальных и общественных групп.

42 – дизайн и разработка компьютерного оборудования и программного обеспечения; компьютерные услуги, а именно: создание виртуальных сообществ для зарегистрированных пользователей для организации групп, собраний и мероприятий, участия в дискуссиях и взаимодействия в социальных, деловых и общественных сетях; компьютерные услуги, в частности, размещение электронных средств для других для организации и проведения встреч, мероприятий и интерактивных дискуссий через Интернет и сети связи; компьютерные услуги в виде настраиваемых электронных личных и групповых профилей или веб-страниц, содержащих определенную пользователем или указанную информацию, включая аудио, видео, изображения, текст, контент и данные; компьютерные услуги, а именно предоставление поисковых систем для получения данных через интернет и сети связи; дизайн и разработка программного обеспечения для компьютерных игр и видеоигр для использования с компьютерами, системами программ для видеоигр и компьютерными сетями; разработка оборудования для использования с электронными и интерактивными мультимедийными играми; услуги по разработке электронных и интерактивных мультимедийных игр; предоставление интерактивных средств, которые дают пользователям возможность загружать, изменять и делиться контентом, информацией, опытом и данными виртуальной реальности; предоставление онлайн-средств, которые дают пользователям возможность загружать, изменять и делиться контентом дополненной реальности, информацией, опытом и данными; предоставление онлайн-сервисов, которые дают пользователям возможность загружать, изменять и делиться контентом, информацией, опытом и данными смешанной реальности; услуги по проектированию, проектированию, исследованиям, разработке и тестированию в области разработки программного обеспечения для мобильных приложений, связанные с использованием и функциональностью гиперссылок; техническая консультация в области разработки программного обеспечения для мобильных приложений, связанная с использованием и функционалом гиперссылок; предоставление программного обеспечения, позволяющего разрабатывать, оценивать, тестировать и обслуживать мобильные программные приложения для портативных вычислительных устройств; образовательные услуги, а именно организация и проведение конференций и семинаров в области искусственного интеллекта и интернета вещей; предоставление услуг аутентификации пользователей с использованием единого входа и программных технологий для транзакций электронной торговли; предоставление услуг по аутентификации пользователей для электронных денежных переводов, операций с кредитными и дебетовыми картами и электронных чеков с использованием технологии единого входа и программного обеспечения; предоставление интерфейса прикладного программирования (API), позволяющего пользователям выполнять электронные бизнес-транзакции через Интернет; предоставление программного обеспечения для обработки электронных платежей; услуги платформ (PAAS) с компьютерным программным обеспечением, позволяющие пользователям совершать транзакции в сфере бизнеса и электронной коммерции; предоставление программного обеспечения интерфейса прикладного программирования (API) для использования в электронных сообщениях и передачи аудио, видео, изображений, текста, контента и данных; платформа как услуга (PAAS) с компьютерными программными платформами для электронных сообщений и передачи аудио, видео, фотографических изображений, текста, графики и данных; предоставление программного обеспечения для электронных сообщений; картографиче-

ские услуги; предоставление программного обеспечения для картографических услуг; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением для картографических услуг; предоставление программного обеспечения для обмена и отображения местоположения пользователя, планирования деятельности с другими пользователями и вынесения рекомендаций; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением для обеспечения или облегчения совместного использования и отображения местоположения пользователя, планирования действий с другими пользователями и вынесения рекомендаций; предоставление программного обеспечения для социальной и целевой картографии; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением для включения или упрощения сопоставления социальных сетей и мест назначения; предоставление программного обеспечения для бронирования и бронирования; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением для обеспечения или облегчения бронирования и бронирования; предоставление программного обеспечения для заказа и / или покупки товаров и услуг; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением, позволяющим или облегчающим заказ и / или покупку товаров и услуг; предоставление программного обеспечения с учетом местоположения для поиска, определения и обмена информацией о местонахождении товаров, услуг и событий, представляющих интерес; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением, учитывающим местоположение, для поиска, определения и обмена информацией о местонахождении товаров, услуг и событий, представляющих интерес; предоставление программного обеспечения для создания, управления и доступа к созданным пользователями и администрируемым частным группам в виртуальных сообществах; предоставление программного обеспечения для поиска и определения местных и местных точек интереса, событий, ориентиров, возможностей трудоустройства, развлечений, культурных мероприятий, покупок и предложений; предоставление программного обеспечения для поиска и определения возможностей трудоустройства; предоставление программного обеспечения для идентификации и предоставления пользователям возможности связаться с представителями правительства; предоставление программного обеспечения для предоставления виртуальной торговой площадки; предоставление программного обеспечения для предоставления информации о погоде на основе местоположения; предоставление программного обеспечения для предоставления, ссылки или потоковой передачи новостей или информации о текущих событиях; предоставление программного обеспечения для облегчения взаимодействия и общения между людьми и платформами ИИ (искусственного интеллекта); поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением, позволяющим или облегчающим взаимодействие и общение между людьми и платформами искусственного интеллекта; разработка эффектов дополненной реальности и виртуальной реальности для использования при модификации фотографий, изображений, видео и аудиовизуального контента; поставщик платформы для покупки онлайн-рекламы, а именно, предоставление не загружаемых программ, позволяющих покупателям и продавцам онлайн-рекламы покупать и продавать инвентарь видео-рекламы; платформа как услуга (PAAS) с компьютерными программными платформами для использования при покупке и распространении рекламы; Поставщик прикладных услуг (ASP), предлагающий программное обеспечение для использования при покупке, продаже, отслеживании, оценке, оптимизации, таргетинге, анализе, доставке и составлении отчетов об онлайн-рекламе и маркетинге; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением для использования при разработке и управлении онлайн-видео рекламными



ми и маркетинговыми кампаниями; предоставление онлайн-средств, которые дают пользователям возможность участвовать в социальных сетях и управлять их контентом в социальных сетях; предоставление программного обеспечения для создания и управления профилями в социальных сетях и учетными записями пользователей; предоставление программного обеспечения для модификации фотографий, изображений и аудио, видео и аудио-видео контента с помощью фотографических фильтров и эффектов дополненной реальности (AR), а именно графики, анимации, текст, рисунки, геотеги, метаданные, гиперссылки; программное обеспечение для просмотра и взаимодействия с потоком электронных носителей, а именно изображений, аудиовизуального и видеоконтента, потокового видео в реальном времени, комментариев, рекламных объявлений, новостей и ссылок в Интернете; предоставление программного обеспечения для поиска контента и издателей контента, а также для подписки на контент; предоставление программного обеспечения для организации изображений, видео и аудиовизуального контента с использованием метаданных; компьютерные услуги, а именно: создание виртуального сообщества для зарегистрированных пользователей для обмена, просмотра, подписки и взаимодействия с изображениями, аудиовизуальным и видео контентом и соответствующими данными и информацией; поставщик прикладных услуг (ASP), предлагающий программное обеспечение для социальных сетей, управление контентом в социальных сетях, создание виртуального сообщества и передачу изображений, аудиовизуального и видео контента, фотографий, видео, данных, текста, сообщений, рекламы, средств массовой информации, рекламных сообщений и информация; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением интерфейса прикладного программирования (API), который облегчает онлайн-сервисы для социальных сетей, разрабатывая программные приложения; платформа как услуга (PaaS) с программными платформами для социальных сетей, управления контентом социальных сетей, создания виртуального сообщества и передачи изображений, аудиовизуального и видео контента, фотографий, видео, данных, текста, сообщений, рекламы, медийной рекламы связь и информация; аренда программного обеспечения, которое дает пользователям возможность загружать, редактировать и обмениваться изображениями, видео и аудиовизуальным контентом; компьютерные услуги, а именно: создание пользовательского онлайн-контента и рекламы, а также создание социальных сетей; предоставление программного обеспечения для фотографирования и записи аудио, аудиовизуального и видео контента; предоставление программного обеспечения для загрузки, скачивания, архивирования, передачи и обмена изображениями, аудиовизуальным и видео контентом и связанным текстом и данными; предоставление программного обеспечения для потоковой передачи мультимедийного развлекательного контента; предоставление программного обеспечения для создания и поддержания присутствия в сети для отдельных лиц, групп, компаний и брендов; предоставление рекламодателям программного обеспечения для общения и взаимодействия с интернет-сообществами; персональный помощник программного обеспечения; социальный ассистент программного обеспечения; предоставление интерактивных средств, предусматривающих временное использование не загружаемого программного обеспечения для отправки и получения электронных сообщений, мгновенных сообщений, электронных уведомлений о сообщениях и напоминаний, фотографий, изображений, графики, данных, аудио, видео и аудиовизуального контента через Интернет и сети связи; программное обеспечение электронной коммерции, позволяющее пользователям совершать электронные бизнес-транзакции через Интернет; обеспечение временного исполь-



зования незагружаемого компьютерного программного обеспечения для доступа, сбора, отображения, редактирования, связывания, изменения, организации, маркировки, потоковой передачи, совместного использования, хранения, передачи и иного предоставления электронных носителей, фотографии, изображения, графика, аудио, видео, аудиовизуальный контент, данные и информация через Интернет и сети связи; обеспечение временного использования незагружаемого компьютерного программного обеспечения для использования при телефонии, телефонных звонках, видеозвонках, текстовых сообщениях, электронных сообщениях, мгновенных сообщениях и онлайн-сервисах социальных сетей; услуги провайдера прикладных услуг (ASP), включающие программное обеспечение для включения или упрощения вызовов голосовой связи через интернет-протокол (VOIP), телефонных звонков, видеозвонков, текстовых сообщений, электронных сообщений, мгновенных сообщений и онлайн-социальных сетей; компьютерные услуги, а именно предоставление информации в области технологий и разработки программного обеспечения через Интернет и сети связи; предоставление программного обеспечения для использования при съемке и редактировании фотографий, записи и редактирования видео; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением, позволяющим или облегчающим съемку и редактирование фотографий, а также запись и редактирование видео; проектирование и разработка аппаратного и программного обеспечения компьютерных игр; проектирование и разработка аппаратного и программного обеспечения виртуальной реальности; проектирование и разработка аппаратного и программного обеспечения смешанной реальности; проектирование и разработка аппаратного и программного обеспечения для видеоигр; обеспечение временного использования не загружаемых программных приложений для социальных сетей, создания виртуального сообщества и передачи контента и данных виртуальной реальности; компьютерные услуги в виде предоставления настраиваемых онлайн-страниц, содержащих определенную пользователем или указанную информацию, личные профили, виртуальную реальность и контент и данные дополненной реальности; услуги компьютерного программирования для создания видео и игр виртуальной реальности; проектирование и разработка аппаратного и программного обеспечения дополненной реальности; разработка программного обеспечения; разработка интерактивного мультимедийного программного обеспечения; обслуживание и ремонт компьютерного программного обеспечения; обеспечение временного использования незагружаемого компьютерного программного обеспечения для передачи, совместного использования, получения, загрузки, отображения, взаимодействия и передачи контента, текста, визуальных произведений, аудиозаписей, аудиовизуальных произведений, литературных произведений, данных, файлов, документов и электронных произведений; компьютерные услуги, а именно предоставление информации в области технологий и разработки программного обеспечения через глобальную компьютерную сеть; услуги технической поддержки, а именно: устранение неполадок в природе диагностики компьютерного оборудования и программных проблем; компьютерные услуги, а именно услуги облачного хостинга; обеспечение временного использования онлайн не загружаемого программного обеспечения для облачных вычислений для использования в электронном хранилище данных; обеспечение временного использования онлайн-незагружаемого программного обеспечения для облачных вычислений для виртуальных приложений и сред дополненной реальности; службы обмена файлами, а именно, предоставление онлайн-средств для других, использующих технологии, позволяющие пользователям загружать и скачивать электронные файлы; компьютерные услуги, а именно раз-

мещение электронных средств для других для интерактивных дискуссий через сети связи; предоставление онлайн не загружаемого программного обеспечения; поставщик услуг приложений, а именно предоставление, размещение, управление, разработка и обслуживание приложений, программного обеспечения, веб-сайтов и баз данных в областях беспроводной связи, мобильного доступа к информации и удаленного управления данными для беспроводной доставки контента на карманные компьютеры, ноутбуки и мобильные электронные устройства; поставщик прикладных услуг (ASP); предоставление онлайн-средств, которые дают пользователям возможность загружать, изменять и обмениваться аудио, видео, фотографическими изображениями, текстом, графикой и данными; обеспечение временного использования онлайн-незагружаемого программного обеспечения и приложений для обмена мгновенными сообщениями, передачи голоса по интернет-протоколу (VOIP), видеоконференций и аудиоконференций; компьютерные сервисы, а именно: создание интернет-сообщества для зарегистрированных пользователей для участия в социальных сетях; услуги шифрования данных; зашифрованная электронная передача и доставка восстановленных данных; предоставление программного обеспечения и приложений для управления взаимоотношениями с клиентами (CRM); поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением для управления взаимоотношениями с клиентами (CRM); предоставление услуг онлайн-платформы программного обеспечения, которые дают пользователям возможность публиковать рейтинги, обзоры, рекомендации и рекомендации, касающиеся предприятий, ресторанов, поставщиков услуг, мероприятий, общественных услуг и государственных учреждений; компьютерные услуги, в частности, поставщик прикладных услуг, использующий программное обеспечение интерфейса прикладного программирования (API) для управления взаимоотношениями с клиентами (CRM); хостинг цифрового [виртуальной реальности и дополненной реальности] контента в интернете; научно-технические услуги и связанные с ними исследования и разработки; промышленный анализ и исследовательские услуги; компьютерные услуги, а именно обеспечение удаленного управления устройствами через компьютерные сети, беспроводные сети или Интернет; предоставление программного обеспечения для облегчения и организации финансирования и распределения средств и пожертвований; предоставление программного обеспечения для онлайн-благотворительных услуг по сбору средств и услуг по финансовому пожертвованию.

45 – социальное знакомство, сети и службы знакомств; обеспечение доступа к компьютерным базам данных и онлайн-базам данных с возможностью поиска в областях социальных сетей, социальных знакомств и знакомств; предоставление информации в области личностного развития, самосовершенствования, самореализации, благотворительности, благотворительности, волонтерства, общественных и общественных услуг и гуманитарной деятельности; предоставление услуг консьержа для других, а именно: бронирование резервирование, содействие покупкам, организация поставок, составление запрошенных личных договоренностей, предоставление рекомендаций по продуктам и услугам, предоставление специфической информации для клиентов для удовлетворения индивидуальных потребностей и предоставление электронных напоминаний и уведомлений; онлайн социальные сети; предоставление информации в виде баз данных, показывающих информацию в области социальных сетей и социального внедрения; услуги проверки пользователей; услуги проверки личности; услуги по проверке идентификации бизнеса; юридические услуги.

**(730) Фэйсбук Инк. (Facebook, Inc.),**

601 Вилоу Роуд Менло Парк, Калифорния 94025,  
Соединенные Штаты Америки (Делавер корпорация)  
1601 Willow Road Menlo Park, California 94025,  
United States of America (a Delaware corporation)

**(111) 1853**

(210) 18201832

(220) 10.12.2018

(151) 18.04.2019

(180) 10.12.2028

**(540)**The image shows the word "facebook" in its characteristic lowercase, rounded, sans-serif font. The letters are white with a thin black outline, set against a plain background.**(511)**

09 – компьютерная техника; программное обеспечение для социальных сетей и взаимодействия с интернет-сообществами; средства разработки компьютерного программного обеспечения; программное обеспечение для использования в качестве интерфейса прикладного программирования (API); интерфейс прикладного программирования (API) для использования в создании программных приложений; интерфейс прикладного программирования (API) для программного обеспечения, которое облегчает онлайн-сервисы для социальных сетей и для извлечения, загрузки, доступа и управления данными; программное обеспечение для создания, управления и взаимодействия с онлайн-сообществом; программное обеспечение для организации событий, поиска событий, календаря и управления событиями; программное обеспечение для создания, редактирования, загрузки, доступа, просмотра, публикации, отображения, маркировки, ведения блогов, потоковой передачи, создания ссылок, аннотирования, указания настроения, комментирования, встраивания, передачи и совместного использования или иного предоставления электронных носителей или информации через компьютер Интернет и сети связи; программное обеспечение для модификации и обеспечения возможности передачи изображений, аудио, аудиовизуального и видео контента и данных; программное обеспечение для модификации фотографий, изображений и аудио-, видео- и аудиовизуального контента с помощью фотографических фильтров и эффектов дополненной реальности (AR), а именно графики, анимации, текста, рисунков, геотегов, тегов метаданных, гиперссылок; программное обеспечение для сбора, управления, редактирования, организации, изменения, передачи, обмена и хранения данных и информации; загружаемое компьютерное программное обеспечение электронной коммерции, позволяющее пользователям совершать электронные бизнес-транзакции через глобальные компьютерные и коммуникационные сети; программное обеспечение для отправки и получения электронных сообщений, оповещений, уведомлений и напоминаний; ПО для поисковых систем; магнитные закодированные подарочные карты; программное обеспечение для использования в создании, управлении, измерении и распространении рекламы других лиц; рекламный сервер, а именно компьютерный сервер для хранения рекламы и доставки рекламы на веб-сайты; игровое программное обеспечение виртуальной реальности; игровая программа дополненной реальности; игровое программное обеспечение смешанной реальности; игровое компьютерное оборудование виртуальной реальности; игровая компьютерная техника дополненной реальности; компьютерная аппаратура для игр со смешанной реальностью; компьютерные периферийные устройства; программное обе-

спечение виртуальной реальности для использования в компьютерах, игровых приставках, портативных игровых приставках, планшетных компьютерах, мобильных устройствах и мобильных телефонах для обеспечения виртуальной реальности; электронное игровое программное обеспечение для беспроводных устройств; программное обеспечение для электронных игр для карманных электронных устройств; программное обеспечение для электронных игр; носимая периферия для компьютеров, планшетных компьютеров, мобильных устройств и мобильных телефонов; программное обеспечение виртуальной реальности; программное обеспечение дополненной реальности; программное обеспечение смешанной реальности; программное обеспечение для видеоигр; интерактивные мультимедийные компьютерные игровые программы; загружаемые электронные игровые программы; программное обеспечение для компьютерных игр; гарнитуры для использования с компьютерами; лазерное оборудование немедицинского назначения; периферийные устройства; программное обеспечение для интеграции электронных данных с реальными средами для развлечений, образования, игр, общения и социальных сетей; программное обеспечение для доступа и просмотра текста, изображений и электронных данных, относящихся к конференциям в области разработки программного обеспечения; программное обеспечение, позволяющее разрабатывать, оценивать, тестировать и обслуживать мобильные программные приложения для портативных электронных устройств связи, а именно мобильных телефонов, смартфонов, карманных компьютеров и планшетных компьютеров; программное обеспечение для преобразования естественного языка в машинно-исполняемые команды; программное обеспечение, а именно интерпретирующий интерфейс для облегчения взаимодействия между людьми и машинами; программное обеспечение искусственного интеллекта; персональный помощник программного обеспечения; социальный ассистент программного обеспечения; инструменты разработки программного обеспечения, позволяющие мобильным программным приложениям получать доступ к внутренним службам, а именно к хранилищу данных, push-уведомлениям и управлению пользователями; программное обеспечение для картографических услуг; программное обеспечение для планирования действий с другими пользователями и выработки рекомендаций; программное обеспечение для социальной и целевой картографии; программное обеспечение для резервирования и бронирования; программное обеспечение для заказа и / или покупки товаров и услуг; программное обеспечение для определения местоположения для поиска, определения местоположения и обмена им; программное обеспечение для беспроводной доставки контента, данных и информации; программное обеспечение для обеспечения доступа, отображения, редактирования, связывания, обмена и иного предоставления электронных носителей и информации через Интернет и сети связи; программное обеспечение, а именно приложение, обеспечивающее функциональность социальных сетей; программное обеспечение для создания, управления и доступа к группам в виртуальных сообществах; программное обеспечение для поиска и оповещений на основе определения местоположения; программное обеспечение для поиска и определения возможностей трудоустройства; программное обеспечение для идентификации и предоставления пользователям возможности связаться с представителями правительства; программное обеспечение, обеспечивающее виртуальный рынок; программное обеспечение, предоставляющее информацию о погоде на основе местоположения; программное обеспечение, предоставляющее, связывающее или передающее новости или информацию о текущих событиях; программное обеспечение для родительского контроля; программное обеспе-

чение для облегчения взаимодействия и общения между людьми и платформами искусственного интеллекта; программное обеспечение в виде мобильного приложения для создания, обмена, распространения и размещения рекламы; программное обеспечение для рекламы на основе геолокации и продвижения товаров и услуг; программное обеспечение интерфейса прикладного программирования (API), позволяющее осуществлять поиск, загрузку, доступ и управление данными; программное обеспечение для просмотра и взаимодействия с изображениями, аудиовизуальным и видео контентом, а также с соответствующим текстом и данными; загружаемое компьютерное программное обеспечение для поиска контента и издателей контента, а также для подписки на контент; программное обеспечение для организации изображений, видео и аудиовизуального контента с использованием метаданных; программное обеспечение для создания и управления профилями в социальных сетях и учетными записями пользователей; программное обеспечение для выгрузки, загрузки, потоковой передачи, архивирования, передачи и обмена изображениями, аудиовизуальным и видео контентом и связанным текстом и данными; интерактивное фото и видео оборудование, а именно киоски для захвата, загрузки, редактирования, печати и обмена цифровыми изображениями и видео; программное обеспечение, которое позволяет отдельным лицам, группам компаний и брендам создавать и поддерживать присутствие в Интернете в маркетинговых целях; программное обеспечение для рекламодателей для общения и взаимодействия с интернет-сообществами; программное обеспечение для потоковой передачи мультимедийного развлекательного контента; интерфейс прикладного программирования (API) для использования при разработке платформ искусственного интеллекта, а именно ботов, виртуальных агентов и виртуальных помощников; программное обеспечение для организации мероприятий; компьютерное программное обеспечение, загружаемое компьютерное программное обеспечение и мобильное программное обеспечение для использования при съемке и редактировании фотографий, записи и редактирования видео; компьютерное оборудование виртуальной реальности; игровое компьютерное оборудование виртуальной реальности; программное обеспечение виртуальной реальности для использования в компьютерах, игровых приставках, портативных игровых приставках, планшетных компьютерах, мобильных устройствах и мобильных телефонах для обеспечения виртуальной реальности; программное обеспечение для компьютерных игр для домашних игровых приставок; носимые периферийные устройства для компьютеров, планшетных компьютеров, мобильных устройств и мобильных телефонов, а именно настраиваемые дисплеи для наушников; гарнитуры для использования с игровыми приставками; программное обеспечение; компьютерная техника дополненной реальности; гарнитуры виртуальной реальности; наушники дополненной реальности; очки виртуальной реальности; очки дополненной реальности; программное обеспечение виртуальной реальности для навигации в среде виртуальной реальности; программное обеспечение дополненной реальности для навигации по среде дополненной реальности; программное обеспечение дополненной реальности для использования в компьютерах, игровых приставках, портативных игровых консолях, планшетных компьютерах, мобильных устройствах и мобильных телефонах для обеспечения возможностей дополненной реальности; гарнитуры для игр виртуальной реальности; гарнитуры для игр дополненной реальности; портативные контроллеры виртуальной реальности; ручные контроллеры дополненной реальности; видео и компьютерные игровые программы; интерактивное развлекательное программное обеспечение; программное обеспечение для распознавания



жестов; датчики отслеживания движения для технологии виртуальной реальности; датчики отслеживания движения для технологии дополненной реальности; компьютерное программное обеспечение для управления работой аудио и видео устройств; устройства потокового цифрового мультимедиа; наушники; программное обеспечение для отображения видео; аппаратные средства отображения видео, а именно видео драйверы для видео очков; программное обеспечение для навигации в среде виртуальной реальности; программное обеспечение для использования в компьютерах, игровых приставках, портативных игровых приставках, планшетных компьютерах, мобильных устройствах и мобильных телефонах для обеспечения виртуальной реальности и дополненной реальности; программное обеспечение виртуальной реальности для отслеживания объектов, управления движением и визуализации контента; программное обеспечение дополненной реальности для отслеживания объектов, управления движением и визуализации контента; программное обеспечение виртуальной реальности для пользователей, чтобы испытать визуализацию виртуальной реальности, манипулирование и погружение; программное обеспечение дополненной реальности для пользователей, чтобы испытать визуализацию дополненной реальности, манипулирование и погружение; программное обеспечение виртуальной реальности для управления гарнитурами виртуальной реальности; программное обеспечение дополненной реальности для работы с наушниками дополненной реальности; программное обеспечение виртуальной реальности для интерактивных развлечений; программное обеспечение дополненной реальности для интерактивных развлечений; гарнитуры; программное обеспечение для записи, хранения, передачи, приема, отображения и анализа данных с носимого компьютерного оборудования; носимые вычислительные устройства состояли в основном из программного обеспечения и экранов для подключения к компьютерам, планшетным компьютерам, мобильным устройствам и мобильным телефонам для обеспечения возможности виртуальной реальности и дополненной реальности; очки для обеспечения виртуальной реальности, опыта дополненной реальности; программное обеспечение для использования в создании и проектировании программного обеспечения виртуальной реальности и дополненной реальности; интерфейс прикладного программирования (API) для компьютерного программного обеспечения для разработки виртуальной реальности и опыта дополненной реальности; программное обеспечение и прошивка для программ операционной системы; компьютерные операционные системы; программное обеспечение для отслеживания движения, визуализации, манипулирования, просмотра и отображения опыта дополненной и виртуальной реальности; программное обеспечение, встроенное программное обеспечение и аппаратные средства для использования при визуальном, голосовом, звуковом отслеживании, распознавании движений, движений глаз и жестов; компьютерное оборудование и программное обеспечение для работы сенсорных устройств; электронные сенсорные устройства, камеры, проекторы и микрофоны для обнаружения, захвата и распознавания жестов, лица и голоса; компьютерное оборудование и программное обеспечение для обнаружения объектов, пользовательских жестов и команд; программное обеспечение и прошивка для управления, настройки и управления контроллерами; программное обеспечение и встроенное программное обеспечение, позволяющее электронным устройствам обмениваться данными и общаться друг с другом; программное обеспечение операционной системы компьютера; программные драйверы программ для электронных устройств, позволяющие компьютерным аппаратным средствам и электронным устройствам связываться друг с другом; ка-



меры; батареи; зарядные устройства; чехлы для батарей; аккумуляторы; устройства зарядки и управления питанием для мобильных электронных устройств; зарядка доков; зарядные стенды для мобильных электронных устройств; базовые зарядные устройства для мобильных электронных устройств; пауэр банки; внешние зарядные устройства; чехлы для беспроводной зарядки; устройства аккумуляторные электрические батареи, а именно аккумуляторы и портативные источники питания; внешние аккумуляторные батареи для использования с мобильными электронными устройствами; зарядные устройства для аккумуляторов; адаптеры питания; электрические адаптеры; электрические и электронные разъемы; адаптеры питания; сумки и чехлы, специально предназначенные для мобильных электронных устройств; портфели, рюкзаки и сумки для мобильных электронных устройств; чехлы для мобильных электронных устройств; лицевые; защитные чехлы и чехлы для мобильных электронных устройств; защитные рукава для мобильных электронных устройств; держатели, нарукавные повязки, зажимы и футляры, специально предназначенные для мобильных электронных устройств; настенные крепления для крепления мобильных электронных устройств; подставки для мобильных электронных устройств; держатели для мобильных электронных устройств; пульты дистанционного управления для мобильных электронных устройств; электрические аудио и акустические кабели и разъемы; аудио колонка; док-станции для мобильных электронных устройств; музыкальные колонки; электронные кабельные детали и арматура; электрические кабели; соединительные кабели; кабели для передачи оптического сигнала; силовые кабели и кабельные разъемы; микрофоны; аудиоприемники; аудио передатчики; беспроводная компьютерная периферия; головной видеодисплей; приемники электронных сигналов; видеоприемники; беспроводные передатчики и приемники для воспроизведения звука и сигналов; электрические датчики; датчики для контроля физических движений; программное обеспечение для отправки и получения электронных сообщений, графики, изображений, аудио- и аудиовизуального контента через Интернет и сети связи; программное обеспечение в виде мобильного приложения; сим-карты; программное обеспечение для обработки изображений, графики, аудио, видео и текста; программное обеспечение, а именно, программное обеспечение для обмена мгновенными сообщениями, программное обеспечение для обмена файлами, программное обеспечение для связи для электронного обмена данными, аудио, видеоизображениями и графикой через компьютерные, мобильные, беспроводные и коммуникационные сети; программное обеспечение для управления личной информацией и программное обеспечение для синхронизации данных; программное обеспечение для управления контентом в социальных сетях, взаимодействия с виртуальным сообществом и передачи изображений, аудио, аудиовизуального и видео контента, фотографий, видео, данных, текста, сообщений, комментариев, рекламы, медиа-рекламы, коммуникаций и информации; программное обеспечение для отображения и обмена местоположением пользователя, а также поиска, определения местоположения и взаимодействия с другими пользователями и местами; программное обеспечение для использования в управлении взаимоотношениями с клиентами (CRM); программное обеспечение для предоставления информации для потребителей; программное обеспечение для обмена сообщениями; программное обеспечение для облегчения и организации финансирования и распределения средств и пожертвований; программное обеспечение для онлайн-овых благотворительных услуг по сбору средств и финансовых пожертвований; программное обеспечение, предназначенное для облегчения голосовых вызовов по интернет-протоколу (VOIP), телефонных

звонков, видеозвонков, текстовых сообщений, мгновенных сообщений и онлайн-сервисов социальных сетей; телекоммуникационное оборудование для обеспечения доступа третьих лиц и обеспечения возможности передачи видео, данных и голоса по глобальным сетям связи, а именно к мобильным терминалам и терминалам доступа к компьютеру и мобильной телефонной связи, базовым приемопередающим станциям и их частям беспроводного радио, приемопередатчикам данных, повторителям данных маршрутизаторы и коммутаторы, схемы передачи, интегральные схемы, компьютерное оборудование, мобильные облачные клиенты и серверы, мультиплексоры, процессоры цифровых сигналов, процессоры радиочастотных сигналов, схемы коммутации мобильных устройств, электрические контроллеры воздушного движения, электрические контроллеры подвижности, электрические контроллеры доступа, удаленный порт электрические контроллеры, радиопорты, антенны, электронные радиокомпоненты, программное обеспечение для телекоммуникационных приложений и мобильные базовые сети, включающие приемопередатчики данных, беспроводные сети и шлюзы для сбора, передачи и управления данными, голосом и видео; коммуникационное программное обеспечение и коммуникационное компьютерное оборудование для обеспечения доступа в Интернет.

35 – услуги маркетинга, рекламы и продвижения; предоставление маркетинговых исследований и информационных услуг; продвижение товаров и услуг других через компьютерные и коммуникационные сети; бизнес и рекламные услуги, а именно: медиапланирование и медиапокупка для других; бизнес и рекламные услуги, а именно рекламные услуги для отслеживания эффективности рекламы, для управления, распространения и обслуживания рекламы, для анализа рекламных данных, для представления рекламных данных и для оптимизации эффективности рекламы; консалтинговые услуги в области рекламы и маркетинга; содействие обмену и продаже услуг и продуктов третьих лиц через компьютерные и коммуникационные сети; услуги онлайн-магазина розничной торговли, включающие в себя широкий спектр товаров широкого потребления, подарочные карты и доставку цифровых носителей, гарнитур виртуальной реальности, а также контента и данных виртуальной реальности; предоставление онлайн торговых площадок для продавцов товаров и / или услуг; предоставление онлайн-средств для связи продавцов с покупателями; деловое общение; услуги по трудоустройству и подбору персонала; услуги по рекламе и распространению информации, в частности, предоставление секретных рекламных площадок через глобальную компьютерную сеть; предоставление онлайн-баз данных и онлайн-баз данных с возможностью поиска в области объявлений; предоплаченные услуги подарочных карт, в частности, выдача сертификатов подарочных карт, которые могут быть использованы для приобретения товаров или услуг; благотворительные услуги, в частности, содействие информированию общественности о благотворительной, благотворительной, волонтерской, общественной и общественной деятельности и гуманитарной деятельности; обеспечение конкурсных и поощрительных программ, направленных на признание, поощрение и поощрение отдельных лиц и групп, которые занимаются самосовершенствованием, самореализацией, благотворительностью, благотворительностью, волонтерством, общественными и общественными работами и гуманитарной деятельностью, а также распространением продукта творческой работы; организация выставок и мероприятий в области разработки программного и аппаратного обеспечения для коммерческих или рекламных целей; ассоциация сервисов, которая продвигает интересы профессионалов и бизнеса в области разработки приложений для мобильных приложений; интернет реклама и продвижение товаров и услуг других через интернет; консуль-

тации по маркетингу и рекламе; услуги по исследованию рынка; реклама, маркетинг и продвижение товаров и услуг других лиц путем предоставления фото и видео техники на специальных мероприятиях; предоставление онлайн-услуг для прямой трансляции видео с рекламных мероприятий; организация и проведение специальных мероприятий в коммерческих, рекламных или рекламных целях; реклама на электронных носителях; организация, продвижение и проведение выставок, выставок и мероприятий в деловых целях; организация и проведение мероприятий, выставок, экспозиций и конференций в коммерческих целях в индустрии интерактивных развлечений, виртуальной реальности, бытовой электроники и видеоигр; услуги интернет-магазина розничной торговли с использованием гарнитур виртуальной реальности и дополненной реальности, игр, контента и цифровых медиа; предоставление информации телефонного справочника через глобальные сети связи; электронный каталог услуг; управление взаимоотношениями с клиентами; бизнес помощь и консалтинговые услуги; предоставление онлайн-услуг с комментариями пользователей, касающихся бизнес-организаций, поставщиков услуг и других ресурсов; рекламные услуги; распространение рекламы для других через глобальную компьютерную сеть; рекламные услуги, а именно: управление рекламной кампанией, таргетинг, внедрение и оптимизация услуг; маркетинговое исследование, а именно исследование и анализ рекламной кампании и потребительских предпочтений; продвижение товаров и услуг других лиц посредством распространения видеорекламы в интернете; рекламные услуги, а именно планирование, отслеживание и отчетность по рекламе для других; подготовка и реализация медиа и рекламных планов и концепций; показ рекламы, а именно размещение рекламы на сайтах для других; рекламные услуги, а именно таргетирование и оптимизация интернет-рекламы; управление деловой информацией, а именно отчетность деловой информации и бизнес-аналитика в области рекламы и маркетинга; управление бизнесом; управление бизнесом, офисные функции; бизнес-консультации по вопросам маркетинговой деятельности; медиапланирование и медиапокупка; бренд-консалтинг; дизайн рекламных материалов для других; предоставление онлайн-бизнес-каталогов с описанием ресторанов, баров, кинотеатров, танцевальных клубов, музеев, художественных галерей и других культурных и социальных пространств; продвижение общественного интереса и осведомленности о проблемах, связанных с доступом к Интернету для всего населения мира; бизнес консультации в сфере телекоммуникаций; консультационные услуги по управлению бизнесом, позволяющие субъектам предпринимательской деятельности, неправительственным и некоммерческим организациям разрабатывать, организовывать и администрировать программы для обеспечения более широкого доступа к глобальным коммуникационным сетям.

36 – услуги по обработке финансовых транзакций, а именно, предоставление безопасных коммерческих транзакций и вариантов оплаты; электронная обработка и передача данных об оплате счетов для пользователей интернета и сетей связи; услуги электронных денежных переводов; услуги по обработке транзакций по кредитным, дебетовым и подарочным картам; торговые услуги, а именно, услуги по обработке платежных операций; предоставление услуг электронных мобильных платежей для других; финансовые услуги; услуги по обработке платежей; услуги по финансовым операциям; содействие и организация финансирования и распределения средств и пожертвований; онлайн благотворительные услуги по сбору средств и финансовых пожертвований.

38 – услуги обмена фотографиями и видео, а именно электронная передача цифровых фотофайлов, видео и аудиовизуального контента между пользователями Интернета;

телекоммуникации; обеспечение доступа к компьютерным, электронным и онлайн базам данных; телекоммуникационные услуги, а именно, электронная передача электронных носителей, данных, сообщений, графики, изображений, аудио, видео и информации; предоставление онлайн-форумов для общения по темам, представляющим общий интерес; обеспечение интернет-коммуникаций, которые переносят пользователей мобильных устройств и интернет в другие локальные и глобальные онлайн-местоположения; облегчение доступа к сторонним веб-сайтам или к другому электронному стороннему контенту через универсальный логин; предоставление онлайн-чатов, служб мгновенных сообщений и электронных досок объявлений; аудио, текстовое и видео вещание через Интернет или другие сети связи; услуги передачи голоса по интернет-протоколу (VOIP); услуги телефонии связи; обеспечение доступа к компьютерным базам данных в области социальных сетей и социальных знакомств и знакомств; услуги одноранговой фотосъемки и обмена данными, а именно электронная передача цифровых фотофайлов, графики и аудиоконтента среди пользователей Интернета; телекоммуникационные и одноранговые сетевые компьютерные услуги, а именно: электронная передача изображений, аудиовизуального и видео контента, фотографий, видео, данных, текста, сообщений, рекламы, средств массовой информации, рекламных сообщений и информации; услуги чата для социальных сетей; потоковая и прямая трансляция видео, аудиовизуального и интерактивного аудиовизуального контента через Интернет; телекоммуникационные услуги, а именно, электронная передача контента и данных виртуальной реальности; предоставление электронных досок объявлений для передачи сообщений между пользователями в области общего интереса; услуги видеоконференцсвязи; предоставление услуг технической поддержки по использованию оборудования связи; предоставление средств и оборудования для проведения видеоконференций; телеконференций; предоставление пользователям форума для обмена и потоковой передачи информации, аудио, видео, новостей в реальном времени, развлекательного контента или информации, формирования виртуальных сообществ и участия в социальных сетях; телекоммуникационные услуги, а именно услуги передачи и приема данных по телекоммуникационным сетям; услуги мобильной связи; обмен веб-сообщениями; видео телеконференции; службы мгновенных сообщений; электронный обмен голосом, данными, аудио, видео, текстом и графикой, доступный через компьютерные и телекоммуникационные сети; зашифрованная электронная передача и доставка восстановленных данных; обеспечение доступа к телекоммуникационным сетям и интернету; подключение к интернету; информация о телекоммуникациях; консалтинг в сфере телекоммуникационных услуг, а именно, передача голоса, данных и документов по телекоммуникационным сетям.

41 – развлекательные услуги; обеспечение доступа к интерактивным электронным и онлайн-базам данных пользовательского контента, стороннего контента, фотографий, видео, аудио, визуальных и аудиовизуальных материалов в области общего интереса; услуги обмена фото и видео; электронные издательские услуги для других; развлекательные услуги, а именно: предоставление интерактивных и многопользовательских и однопользовательских игровых услуг для игр, в которые играют через Интернет или сети связи; предоставление информации об онлайн-компьютерных играх и видеоиграх через компьютерные или коммуникационные сети; организация и проведение соревнований и проведение мероприятий для геймеров и игроков в компьютерные игры; предоставление онлайн-ресурсов для разработчиков программного обеспечения; конкурсные и поощрительные программы, предназначенные для признания, поощрения и поощрения от-

дельных лиц и групп, которые занимаются самосовершенствованием, самореализацией, благотворительностью, волонтерством, общественными и общественными работами, а также гуманитарной деятельностью и распространением продукта творческой работы; организация и спонсирование программ конкурса и поощрительных премий для разработчиков программного обеспечения; публикация учебных материалов, а именно издание книг, журналов, информационных бюллетеней и электронных публикаций; образовательные услуги, в частности, организация и проведение конференций, курсов, семинаров и онлайн-тренингов в области рекламы, маркетинга, социальных сетей, интернета и социальных сетей, а также распространение материалов курса в связи с этим; Интернет-журналы, а именно веб-блоги (блоги), показывающие пользовательский контент; развлекательные услуги, а именно: предоставление игр виртуальной реальности, интерактивных развлечений и контента виртуальной реальности; развлекательные услуги, а именно: предоставление игр дополненной реальности, интерактивных развлечений и контента дополненной реальности; развлекательные услуги, а именно: предоставление игр смешанной реальности, интерактивных развлечений и контента смешанной реальности; предоставление компьютерной игры для использования всей сети пользователями сети; предоставление онлайн-игр виртуальной реальности; предоставление онлайн игр дополненной реальности; предоставление онлайн-игр со смешанной реальностью; развлекательные услуги, а именно предоставление онлайн видеоигр; организация выставок в области интерактивных развлечений, виртуальной реальности, бытовой электроники и индустрии развлечений с видеоиграми для культурных или образовательных целей; организация и проведение образовательных конференций; организация выставок и мероприятий в области разработки программного обеспечения в образовательных целях; образовательные услуги, а именно организация и проведение конференций и семинаров в области искусственного интеллекта и интернета вещей; обучение в области дизайна, рекламы и коммуникационных технологий; обучение в области стратегического медиапланирования, связанного с рекламой, маркетингом и бизнесом; интернет-журналы, а именно блоги с рекламой, маркетингом и бизнесом; предоставление компьютерных, электронных и онлайн баз данных в сфере развлечений; издательские услуги, а именно издание электронных публикаций для других; прокат киосков для фотографии и / или видеосъемки для захвата, загрузки, редактирования и обмена фотографиями и видео; развлекательные услуги, а именно: предоставление онлайн-сервисов для потоковой передачи развлекательного контента и потокового видео развлекательных мероприятий в режиме реального времени; организация живых выставок и конференций в области культуры, развлечений и социальных сетей для некоммерческих и некоммерческих целей; предоставление онлайн-игр; развлекательные услуги, а именно: предоставление игр виртуальной реальности, интерактивных развлечений и контента и впечатлений от виртуальной реальности; развлекательные услуги, а именно: предоставление игр дополненной реальности, интерактивных развлечений и контента и впечатлений от дополненной реальности; развлекательные услуги, а именно: предоставление игр со смешанной реальностью, интерактивных развлечений и контента и событий смешанной реальности; развлекательные услуги, а именно: организация и проведение конкурсов для поощрения использования и развития интерактивных развлечений, виртуальной реальности, дополненной реальности, бытовой электроники и программного обеспечения и оборудования для развлечений в области видеоигр; организация выставок и мероприятий культурного, образовательного или развлекательного назначения; производство программного обеспе-



чения для видео и компьютерных игр; виртуальная реальность аркадных сервисов; аркадные сервисы дополненной реальности; игровые сервисы виртуальной реальности, предоставляемые онлайн из компьютерной сети; игровые сервисы дополненной реальности, предоставляемые онлайн из компьютерной сети; предоставление онлайн компьютерных игр и интерактивных игр; производство видео дополненной реальности; производство видео в виртуальной реальности; производство программного обеспечения для видео и компьютерных игр; предоставление программного обеспечения для онлайн-игр; развлекательные услуги, а именно предоставление интерактивных игр; услуги по производству мультимедийного развлекательного программного обеспечения; услуги по производству мультимедиа; развлекательные услуги в области разработки, создания, производства и постпроизводства услуг мультимедийного развлекательного контента; развлекательные услуги, а именно: предоставление игр дополненной реальности и интерактивного развлекательного контента; развлекательные услуги, а именно, предоставление виртуальной среды онлайн-реальности; развлекательные услуги, а именно, предоставление онлайн-среды дополненной реальности; предоставление развлекательной информации из поисковых индексов и информационных баз данных, включая текст, электронные документы, базы данных, графику, фотографические изображения и аудиовизуальную информацию, через Интернет и сети связи; организация, продвижение и проведение выставок, выставок и мероприятий в деловых целях; предоставление информации об онлайн-компьютерных играх и видеоиграх через компьютерные или коммуникационные сети; организация и проведение соревнований и проведение мероприятий для геймеров и игроков в компьютерные игры; организация выставок в области интерактивных развлечений, виртуальной реальности, бытовой электроники и индустрии развлечений с видеоиграми для культурных или образовательных целей; организация и проведение образовательных конференций; организация выставок и мероприятий в области разработки программного обеспечения для образовательных целей; предоставление веб-сайта с публикациями о технологиях виртуальной реальности, которые нельзя загрузить; предоставление веб-сайта, на котором публикуются незагружаемые публикации о технологиях дополненной реальности; образование; обеспечение обучения; спортивные и культурные мероприятия; развлекательные и образовательные услуги, а именно: предоставление не загружаемых фильмов, телевизионных шоу, веб-трансляций, аудиовизуальных и мультимедийных произведений через Интернет, а также информация, обзоры и рекомендации относительно фильмов, телевизионных шоу, веб-трансляций, аудиовизуальных и мультимедийных произведений; предоставление компьютерных, электронных и онлайн-баз данных для образовательных, развлекательных и развлекательных целей в сфере развлечений, а также в сферах вторичных, университетских, социальных и общественных групп.

42 – дизайн и разработка компьютерного оборудования и программного обеспечения; компьютерные услуги, а именно: создание виртуальных сообществ для зарегистрированных пользователей для организации групп, собраний и мероприятий, участия в дискуссиях и взаимодействия в социальных, деловых и общественных сетях; компьютерные услуги, в частности, размещение электронных средств для других для организации и проведения встреч, мероприятий и интерактивных дискуссий через Интернет и сети связи; компьютерные услуги в виде настраиваемых электронных личных и групповых профилей или веб-страниц, содержащих определенную пользователем или указанную информацию, включая аудио, видео, изображения, текст, контент и данные; компьютерные услуги, а именно предоставление поисковых систем для получения данных через интер-



нет и сети связи; дизайн и разработка программного обеспечения для компьютерных игр и видеоигр для использования с компьютерами, системами программ для видеоигр и компьютерными сетями; разработка оборудования для использования с электронными и интерактивными мультимедийными играми; услуги по разработке электронных и интерактивных мультимедийных игр; предоставление интерактивных средств, которые дают пользователям возможность загружать, изменять и делиться контентом, информацией, опытом и данными виртуальной реальности; предоставление онлайн-средств, которые дают пользователям возможность загружать, изменять и делиться контентом дополненной реальности, информацией, опытом и данными; предоставление онлайн-сервисов, которые дают пользователям возможность загружать, изменять и делиться контентом, информацией, опытом и данными смешанной реальности; услуги по проектированию, проектированию, исследованиям, разработке и тестированию в области разработки программного обеспечения для мобильных приложений, связанные с использованием и функциональностью гиперссылок; техническая консультация в области разработки программного обеспечения для мобильных приложений, связанная с использованием и функциональностью гиперссылок; предоставление программного обеспечения, позволяющего разрабатывать, оценивать, тестировать и обслуживать мобильные программные приложения для портативных вычислительных устройств; образовательные услуги, а именно организация и проведение конференций и семинаров в области искусственного интеллекта и интернета вещей; предоставление услуг аутентификации пользователей с использованием единого входа и программных технологий для транзакций электронной торговли; предоставление услуг по аутентификации пользователей для электронных денежных переводов, операций с кредитными и дебетовыми картами и электронных чеков с использованием технологии единого входа и программного обеспечения; предоставление интерфейса прикладного программирования (API), позволяющего пользователям выполнять электронные бизнес-транзакции через Интернет; предоставление программного обеспечения для обработки электронных платежей; услуги платформ (PaaS) с компьютерным программным обеспечением, позволяющие пользователям совершать транзакции в сфере бизнеса и электронной коммерции; предоставление программного обеспечения интерфейса прикладного программирования (API) для использования в электронных сообщениях и передачи аудио, видео, изображений, текста, контента и данных; платформа как услуга (PaaS) с компьютерными программными платформами для электронных сообщений и передачи аудио, видео, фотографических изображений, текста, графики и данных; предоставление программного обеспечения для электронных сообщений; картографические услуги; предоставление программного обеспечения для картографических услуг; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением для картографических услуг; предоставление программного обеспечения для обмена и отображения местоположения пользователя, планирования деятельности с другими пользователями и вынесения рекомендаций; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением для обеспечения или облегчения совместного использования и отображения местоположения пользователя, планирования действий с другими пользователями и вынесения рекомендаций; предоставление программного обеспечения для социальной и целевой картографии; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением для включения или упрощения сопоставления социальных сетей и мест назначения; предоставление программного обеспечения для бронирования и бронирования; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением для обеспечения или облегчения бронирования и бронирования; предоставление

программного обеспечения для заказа и / или покупки товаров и услуг; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением, позволяющим или облегчающим заказ и / или покупку товаров и услуг; предоставление программного обеспечения с учетом местоположения для поиска, определения и обмена информацией о местонахождении товаров, услуг и событий, представляющих интерес; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением, учитывающим местоположение, для поиска, определения и обмена информацией о местонахождении товаров, услуг и событий, представляющих интерес; предоставление программного обеспечения для создания, управления и доступа к созданным пользователями и администрируемым частным группам в виртуальных сообществах; предоставление программного обеспечения для поиска и определения местных и местных точек интереса, событий, ориентиров, возможностей трудоустройства, развлечений, культурных мероприятий, покупок и предложений; предоставление программного обеспечения для поиска и определения возможностей трудоустройства; предоставление программного обеспечения для идентификации и предоставления пользователям возможности связаться с представителями правительства; предоставление программного обеспечения для предоставления виртуальной торговой площадки; предоставление программного обеспечения для предоставления информации о погоде на основе местоположения; предоставление программного обеспечения для предоставления, ссылки или потоковой передачи новостей или информации о текущих событиях; предоставление программного обеспечения для облегчения взаимодействия и общения между людьми и платформами ИИ (искусственного интеллекта); поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением, позволяющим или облегчающим взаимодействие и общение между людьми и платформами искусственного интеллекта; разработка эффектов дополненной реальности и виртуальной реальности для использования при модификации фотографий, изображений, видео и аудиовизуального контента; поставщик платформы для покупки онлайн-рекламы, а именно, предоставление не загружаемых программ, позволяющих покупателям и продавцам онлайн-рекламы покупать и продавать инвентарь видео-рекламы; платформа как услуга (PAAS) с компьютерными программными платформами для использования при покупке и распространении рекламы; Поставщик прикладных услуг (ASP), предлагающий программное обеспечение для использования при покупке, продаже, отслеживании, оценке, оптимизации, таргетинге, анализе, доставке и составлении отчетов об онлайн-рекламе и маркетинге; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением для использования при разработке и управлении онлайн-видео рекламными и маркетинговыми кампаниями; предоставление онлайн-средств, которые дают пользователям возможность участвовать в социальных сетях и управлять их контентом в социальных сетях; предоставление программного обеспечения для создания и управления профилями в социальных сетях и учетными записями пользователей; предоставление программного обеспечения для модификации фотографий, изображений и аудио, видео и аудио-видео контента с помощью фотографических фильтров и эффектов дополненной реальности (AR), а именно графики, анимации, текст, рисунки, геотеги, метаданные, гиперссылки; программное обеспечение для просмотра и взаимодействия с потоком электронных носителей, а именно изображений, аудиовизуального и видеоконтента, потокового видео в реальном времени, комментариев, рекламных объявлений, новостей и ссылок в Интернете; предоставление программного обеспечения для поиска контента и издателей контента, а также для подписки на контент; предоставление программного обеспечения для организации изображений, видео и аудиовизуального контента с использованием ме-

таданных; компьютерные услуги, а именно: создание виртуального сообщества для зарегистрированных пользователей для обмена, просмотра, подписки и взаимодействия с изображениями, аудиовизуальным и видео контентом и соответствующими данными и информацией; поставщик прикладных услуг (ASP), предлагающий программное обеспечение для социальных сетей, управление контентом в социальных сетях, создание виртуального сообщества и передачу изображений, аудиовизуального и видео контента, фотографий, видео, данных, текста, сообщений, рекламы, средств массовой информации, рекламных сообщений и информация; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением интерфейса прикладного программирования (API), который облегчает онлайн-сервисы для социальных сетей, разрабатывая программные приложения; платформа как услуга (PaaS) с программными платформами для социальных сетей, управления контентом социальных сетей, создания виртуального сообщества и передачи изображений, аудиовизуального и видео контента, фотографий, видео, данных, текста, сообщений, рекламы, медийной рекламы связь и информация; аренда программного обеспечения, которое дает пользователям возможность загружать, редактировать и обмениваться изображениями, видео и аудиовизуальным контентом; компьютерные услуги, а именно: создание пользовательского онлайн-контента и рекламы, а также создание социальных сетей; предоставление программного обеспечения для фотографирования и записи аудио, аудиовизуального и видео контента; предоставление программного обеспечения для загрузки, скачивания, архивирования, передачи и обмена изображениями, аудиовизуальным и видео контентом и связанным текстом и данными; предоставление программного обеспечения для потоковой передачи мультимедийного развлекательного контента; предоставление программного обеспечения для создания и поддержания присутствия в сети для отдельных лиц, групп, компаний и брендов; предоставление рекламодателям программного обеспечения для общения и взаимодействия с интернет-сообществами; персональный помощник программного обеспечения; социальный ассистент программного обеспечения; предоставление интерактивных средств, предусматривающих временное использование не загружаемого программного обеспечения для отправки и получения электронных сообщений, мгновенных сообщений, электронных уведомлений о сообщениях и напоминаний, фотографий, изображений, графики, данных, аудио, видео и аудиовизуального контента через Интернет и сети связи; программное обеспечение электронной коммерции, позволяющее пользователям совершать электронные бизнес-транзакции через Интернет; обеспечение временного использования незагружаемого компьютерного программного обеспечения для доступа, сбора, отображения, редактирования, связывания, изменения, организации, маркировки, потоковой передачи, совместного использования, хранения, передачи и иного предоставления электронных носителей, фотографии, изображения, графики, аудио, видео, аудиовизуальный контент, данные и информация через Интернет и сети связи; обеспечение временного использования незагружаемого компьютерного программного обеспечения для использования при телефонии, телефонных звонках, видеозвонках, текстовых сообщениях, электронных сообщениях, мгновенных сообщениях и онлайн-сервисах социальных сетей; услуги провайдера прикладных услуг (ASP), включающие программное обеспечение для включения или упрощения вызовов голосовой связи через интернет-протокол (VOIP), телефонных звонков, видеозвонков, текстовых сообщений, электронных сообщений, мгновенных сообщений и онлайн-социальных сетей; компьютерные услуги, а именно предоставление информации в области технологий и разработки программного обеспечения через Интернет и сети связи; предоставление

программного обеспечения для использования при съемке и редактировании фотографий, записи и редактирования видео; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением, позволяющим или облегчающим съемку и редактирование фотографий, а также запись и редактирование видео; проектирование и разработка аппаратного и программного обеспечения компьютерных игр; проектирование и разработка аппаратного и программного обеспечения виртуальной реальности; проектирование и разработка аппаратного и программного обеспечения смешанной реальности; проектирование и разработка аппаратного и программного обеспечения для видеоигр; обеспечение временного использования не загружаемых программных приложений для социальных сетей, создания виртуального сообщества и передачи контента и данных виртуальной реальности; компьютерные услуги в виде предоставления настраиваемых онлайн-страниц, содержащих определенную пользователем или указанную информацию, личные профили, виртуальную реальность и контент и данные дополненной реальности; услуги компьютерного программирования для создания видео и игр виртуальной реальности; проектирование и разработка аппаратного и программного обеспечения дополненной реальности; разработка программного обеспечения; разработка интерактивного мультимедийного программного обеспечения; обслуживание и ремонт компьютерного программного обеспечения; обеспечение временного использования незагружаемого компьютерного программного обеспечения для передачи, совместного использования, получения, загрузки, отображения, взаимодействия и передачи контента, текста, визуальных произведений, аудиозаписей, аудиовизуальных произведений, литературных произведений, данных, файлов, документов и электронных произведений; компьютерные услуги, а именно предоставление информации в области технологий и разработки программного обеспечения через глобальную компьютерную сеть; услуги технической поддержки, а именно: устранение неполадок в природе диагностики компьютерного оборудования и программных проблем; компьютерные услуги, а именно услуги облачного хостинга; обеспечение временного использования онлайн не загружаемого программного обеспечения для облачных вычислений для использования в электронном хранилище данных; обеспечение временного использования онлайн не загружаемого программного обеспечения для облачных вычислений для виртуальных приложений и сред дополненной реальности; службы обмена файлами, а именно, предоставление онлайн-средств для других, использующих технологии, позволяющие пользователям загружать и скачивать электронные файлы; компьютерные услуги, а именно размещение электронных средств для других для интерактивных дискуссий через сети связи; предоставление онлайн не загружаемого программного обеспечения; поставщик услуг приложений, а именно предоставление, размещение, управление, разработка и обслуживание приложений, программного обеспечения, веб-сайтов и баз данных в областях беспроводной связи, мобильного доступа к информации и удаленного управления данными для беспроводной доставки контента на карманные компьютеры, ноутбуки и мобильные электронные устройства; поставщик прикладных услуг (ASP); предоставление онлайн-средств, которые дают пользователям возможность загружать, изменять и обмениваться аудио, видео, фотографическими изображениями, текстом, графикой и данными; обеспечение временного использования онлайн не загружаемого программного обеспечения и приложений для обмена мгновенными сообщениями, передачи голоса по интернет-протоколу (VOIP), видеоконференций и аудиоконференций; компьютерные сервисы, а именно: создание интернет-сообщества для зарегистрированных пользователей для участия в социальных сетях; услуги шифрования данных; зашифрованная электронная

передача и доставка восстановленных данных; предоставление программного обеспечения и приложений для управления взаимоотношениями с клиентами (CRM); поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением для управления взаимоотношениями с клиентами (CRM); предоставление услуг онлайн-платформы программного обеспечения, которые дают пользователям возможность публиковать рейтинги, обзоры, рекомендации и рекомендации, касающиеся предприятий, ресторанов, поставщиков услуг, мероприятий, общественных услуг и государственных учреждений; компьютерные услуги, в частности, поставщик прикладных услуг, использующий программное обеспечение интерфейса прикладного программирования (API) для управления взаимоотношениями с клиентами (CRM); хостинг цифрового [виртуальной реальности и дополненной реальности] контента в интернете; научно-технические услуги и связанные с ними исследования и разработки; промышленный анализ и исследовательские услуги; компьютерные услуги, а именно обеспечение удаленного управления устройствами через компьютерные сети, беспроводные сети или Интернет; предоставление программного обеспечения для облегчения и организации финансирования и распределения средств и пожертвований; предоставление программного обеспечения для онлайн-овых благотворительных услуг по сбору средств и услуг по финансовому пожертвованию.

45 – социальное знакомство, сети и службы знакомств; обеспечение доступа к компьютерным базам данных и онлайн-базам данных с возможностью поиска в областях социальных сетей, социальных знакомств и знакомств; предоставление информации в области личностного развития, самосовершенствования, самореализации, благотворительности, благотворительности, волонтерства, общественных и общественных услуг и гуманитарной деятельности; предоставление услуг консьержа для других, а именно: бронирование резервирование, содействие покупкам, организация поставок, составление запрошенных личных договоренностей, предоставление рекомендаций по продуктам и услугам, предоставление специфической информации для клиентов для удовлетворения индивидуальных потребностей и предоставление электронных напоминаний и уведомлений; онлайн социальные сети; предоставление информации в виде баз данных, показывающих информацию в области социальных сетей и социального внедрения; услуги проверки пользователей; услуги проверки личности; услуги по проверке идентификации бизнеса; юридические услуги.

**(730) Фэйсбук Инк. (Facebook, Inc.),**

601 Вилоу Роуд Менло Парк, Калифорния 94025,  
Соединенные Штаты Америки (Делавер корпорация)  
1601 Willow Road Menlo Park, California 94025,  
United States of America (a Delaware corporation)

**(111) 1854**

(210) 19201847

(151) 18.04.2019

**(540)**

(220) 11.03.2019

(180) 11.03.2029





(511)

09 – компьютерная техника; программное обеспечение для социальных сетей и взаимодействия с интернет-сообществами; средства разработки компьютерного программного обеспечения; программное обеспечение для использования в качестве интерфейса прикладного программирования (API); интерфейс прикладного программирования (API) для использования в создании программных приложений; интерфейс прикладного программирования (API) для программного обеспечения, которое облегчает онлайн-сервисы для социальных сетей и для извлечения, загрузки, доступа и управления данными; программное обеспечение для создания, управления и взаимодействия с онлайн-сообществом; программное обеспечение для организации событий, поиска событий, календаря и управления событиями; программное обеспечение для создания, редактирования, загрузки, доступа, просмотра, публикации, отображения, маркировки, ведения блогов, потоковой передачи, создания ссылок, аннотирования, указания настройки, комментирования, встраивания, передачи и совместного использования или иного предоставления электронных носителей или информации через компьютер Интернет и сети связи; программное обеспечение для модификации и обеспечения возможности передачи изображений, аудио, аудиовизуального и видео контента и данных; программное обеспечение для модификации фотографий, изображений и аудио-, видео- и аудиовизуального контента с помощью фотографических фильтров и эффектов дополненной реальности (AR), а именно графики, анимации, текста, рисунков, геотегов, тегов метаданных, гиперссылок; программное обеспечение для сбора, управления, редактирования, организации, изменения, передачи, обмена и хранения данных и информации; загружаемое компьютерное программное обеспечение электронной коммерции, позволяющее пользователям совершать электронные бизнес-транзакции через глобальные компьютерные и коммуникационные сети; программное обеспечение для отправки и получения электронных сообщений, оповещений, уведомлений и напоминаний; ПО для поисковых систем; магнитные закодированные подарочные карты; программное обеспечение для использования в создании, управлении, измерении и распространении рекламы других лиц; рекламный сервер, а именно компьютерный сервер для хранения рекламы и доставки рекламы на веб-сайты; игровое программное обеспечение виртуальной реальности; игровая программа дополненной реальности; игровое программное обеспечение смешанной реальности; игровое компьютерное оборудование виртуальной реальности; игровая компьютерная техника дополненной реальности; компьютерная аппаратура для игр со смешанной реальностью; компьютерные периферийные устройства; программное обеспечение виртуальной реальности для использования в компьютерах, игровых приставках, портативных игровых приставках, планшетных компьютерах, мобильных устройствах и мобильных телефонах для обеспечения виртуальной реальности; электронное игровое программное обеспечение для беспроводных устройств; программное обеспечение для электронных игр для карманных электронных устройств; программное обеспечение для электронных игр; носимая периферия для компьютеров, планшетных компьютеров, мобильных устройств и мобильных телефонов; программное обеспечение виртуальной реальности; программное обеспечение дополненной реальности; программное обеспечение смешанной реальности; программное обеспечение для видеоигр; интерактивные мультимедийные компьютерные игровые программы; загружаемые электронные игровые программы; программное обеспечение для компьютерных игр; гарнитур для использования с компьютерами; лазерное оборудование немедицинского на-



значения; периферийные устройства; программное обеспечение для интеграции электронных данных с реальными средами для развлечений, образования, игр, общения и социальных сетей; программное обеспечение для доступа и просмотра текста, изображений и электронных данных, относящихся к конференциям в области разработки программного обеспечения; программное обеспечение, позволяющее разрабатывать, оценивать, тестировать и обслуживать мобильные программные приложения для портативных электронных устройств связи, а именно мобильных телефонов, смартфонов, карманных компьютеров и планшетных компьютеров; программное обеспечение для преобразования естественного языка в машинно-исполняемые команды; программное обеспечение, а именно интерпретирующий интерфейс для облегчения взаимодействия между людьми и машинами; программное обеспечение искусственного интеллекта; персональный помощник программного обеспечения; социальный ассистент программного обеспечения; инструменты разработки программного обеспечения, позволяющие мобильным программным приложениям получать доступ к внутренним службам, а именно к хранилищу данных, push-уведомлениям и управлению пользователями; программное обеспечение для картографических услуг; программное обеспечение для планирования действий с другими пользователями и выработки рекомендаций; программное обеспечение для социальной и целевой картографии; программное обеспечение для резервирования и бронирования; программное обеспечение для заказа и / или покупки товаров и услуг; программное обеспечение для определения местоположения для поиска, определения местоположения и обмена им; программное обеспечение для беспроводной доставки контента, данных и информации; программное обеспечение для обеспечения доступа, отображения, редактирования, связывания, обмена и иного предоставления электронных носителей и информации через Интернет и сети связи; программное обеспечение, а именно приложение, обеспечивающее функциональность социальных сетей; программное обеспечение для создания, управления и доступа к группам в виртуальных сообществах; программное обеспечение для поиска и оповещений на основе определения местоположения; программное обеспечение для поиска и определения возможностей трудоустройства; программное обеспечение для идентификации и предоставления пользователям возможности связаться с представителями правительства; программное обеспечение, обеспечивающее виртуальный рынок; программное обеспечение, предоставляющее информацию о погоде на основе местоположения; программное обеспечение, предоставляющее, связывающее или передающее новости или информацию о текущих событиях; программное обеспечение для родительского контроля; программное обеспечение для облегчения взаимодействия и общения между людьми и платформами искусственного интеллекта; программное обеспечение в виде мобильного приложения для создания, обмена, распространения и размещения рекламы; программное обеспечение для рекламы на основе геолокации и продвижения товаров и услуг; программное обеспечение интерфейса прикладного программирования (API), позволяющее осуществлять поиск, загрузку, доступ и управление данными; программное обеспечение для просмотра и взаимодействия с изображениями, аудиовизуальным и видео контентом, а также с соответствующим текстом и данными; загружаемое компьютерное программное обеспечение для поиска контента и издателей контента, а также для подписки на контент; программное обеспечение для организации изображений, видео и аудиовизуального контента с использованием метаданных; программное обеспечение для создания и управления профилями в социальных сетях и учетными записями пользователей; про-

граммное обеспечение для загрузки, загрузки, потоковой передачи, архивирования, передачи и обмена изображениями, аудиовизуальным и видео контентом и связанным текстом и данными; интерактивное фото и видео оборудование, а именно киоски для захвата, загрузки, редактирования, печати и обмена цифровыми изображениями и видео; программное обеспечение, которое позволяет отдельным лицам, группам компаний и брендам создавать и поддерживать присутствие в Интернете в маркетинговых целях; программное обеспечение для рекламодателей для общения и взаимодействия с интернет-сообществами; программное обеспечение для потоковой передачи мультимедийного развлекательного контента; интерфейс прикладного программирования (API) для использования при разработке платформ искусственного интеллекта, а именно ботов, виртуальных агентов и виртуальных помощников; программное обеспечение для организации мероприятий; компьютерное программное обеспечение, загружаемое компьютерное программное обеспечение и мобильное программное обеспечение для использования при съемке и редактировании фотографий, записи и редактирования видео; компьютерное оборудование виртуальной реальности; игровое компьютерное оборудование виртуальной реальности; программное обеспечение виртуальной реальности для использования в компьютерах, игровых приставках, портативных игровых приставках, планшетных компьютерах, мобильных устройствах и мобильных телефонах для обеспечения виртуальной реальности; программное обеспечение для компьютерных игр для домашних игровых приставок; носимые периферийные устройства для компьютеров, планшетных компьютеров, мобильных устройств и мобильных телефонов, а именно настраиваемые дисплеи для наушников; гарнитуры для использования с игровыми приставками; программное обеспечение; компьютерная техника дополненной реальности; гарнитуры виртуальной реальности; наушники дополненной реальности; очки виртуальной реальности; очки дополненной реальности; программное обеспечение виртуальной реальности для навигации в среде виртуальной реальности; программное обеспечение дополненной реальности для навигации по среде дополненной реальности; программное обеспечение дополненной реальности для использования в компьютерах, игровых приставках, портативных игровых консолях, планшетных компьютерах, мобильных устройствах и мобильных телефонах для обеспечения возможностей дополненной реальности; гарнитуры для игр виртуальной реальности; гарнитуры для игр дополненной реальности; портативные контроллеры виртуальной реальности; ручные контроллеры дополненной реальности; видео и компьютерные игровые программы; интерактивное развлекательное программное обеспечение; программное обеспечение для распознавания жестов; датчики отслеживания движения для технологии виртуальной реальности; датчики отслеживания движения для технологии дополненной реальности; компьютерное программное обеспечение для управления работой аудио и видео устройств; устройства потокового цифрового мультимедиа; наушники; программное обеспечение для отображения видео; аппаратные средства отображения видео, а именно видео драйверы для видео очков; программное обеспечение для навигации в среде виртуальной реальности; программное обеспечение для использования в компьютерах, игровых приставках, портативных игровых приставках, планшетных компьютерах, мобильных устройствах и мобильных телефонах для обеспечения виртуальной реальности и дополненной реальности; программное обеспечение виртуальной реальности для отслеживания объектов, управления движением и визуализации контента; программное обеспечение дополненной реальности для отслеживания объектов, управления движением и

визуализации контента; программное обеспечение виртуальной реальности для пользователей, чтобы испытать визуализацию виртуальной реальности, манипулирование и погружение; программное обеспечение дополненной реальности для пользователей, чтобы испытать визуализацию дополненной реальности, манипулирование и погружение; программное обеспечение виртуальной реальности для управления гарнитурами виртуальной реальности; программное обеспечение дополненной реальности для работы с наушниками дополненной реальности; программное обеспечение виртуальной реальности для интерактивных развлечений; программное обеспечение дополненной реальности для интерактивных развлечений; гарнитуры; программное обеспечение для записи, хранения, передачи, приема, отображения и анализа данных с носимого компьютерного оборудования; носимые вычислительные устройства состояли в основном из программного обеспечения и экранов для подключения к компьютерам, планшетным компьютерам, мобильным устройствам и мобильным телефонам для обеспечения возможности виртуальной реальности и дополненной реальности; очки для обеспечения виртуальной реальности, опыта дополненной реальности; программное обеспечение для использования в создании и проектировании программного обеспечения виртуальной реальности и дополненной реальности; интерфейс прикладного программирования (API) для компьютерного программного обеспечения для разработки виртуальной реальности и опыта дополненной реальности; программное обеспечение и прошивка для программ операционной системы; компьютерные операционные системы; программное обеспечение для отслеживания движения, визуализации, манипулирования, просмотра и отображения опыта дополненной и виртуальной реальности; программное обеспечение, встроенное программное обеспечение и аппаратные средства для использования при визуальном, голосовом, звуковом отслеживании, распознавании движений, движений глаз и жестов; компьютерное оборудование и программное обеспечение для работы сенсорных устройств; электронные сенсорные устройства, камеры, проекторы и микрофоны для обнаружения, захвата и распознавания жестов, лица и голоса; компьютерное оборудование и программное обеспечение для обнаружения объектов, пользовательских жестов и команд; программное обеспечение и прошивка для управления, настройки и управления контроллерами; программное обеспечение и встроенное программное обеспечение, позволяющее электронным устройствам обмениваться данными и общаться друг с другом; программное обеспечение операционной системы компьютера; программные драйверы программ для электронных устройств, позволяющие компьютерным аппаратным средствам и электронным устройствам связываться друг с другом; камеры; батареи; зарядные устройства; чехлы для батарей; аккумуляторы; устройства зарядки и управления питанием для мобильных электронных устройств; зарядка доков; зарядные стенды для мобильных электронных устройств; базовые зарядные устройства для мобильных электронных устройств; пауэр банки; внешние зарядные устройства; чехлы для беспроводной зарядки; устройства аккумуляторные электрические батареи, а именно аккумуляторы и портативные источники питания; внешние аккумуляторные батареи для использования с мобильными электронными устройствами; зарядные устройства для аккумуляторов; адаптеры питания; электрические адаптеры; электрические и электронные разъемы; адаптеры питания; сумки и чехлы, специально предназначенные для мобильных электронных устройств; портфели, рюкзаки и сумки для мобильных электронных устройств; чехлы для мобильных электронных устройств; лицевые; защитные чехлы и чехлы для мобильных электронных устройств; защитные рукава для мо-

бильных электронных устройств; держатели, нарукавные повязки, зажимы и футляры, специально предназначенные для мобильных электронных устройств; настенные крепления для крепления мобильных электронных устройств; подставки для мобильных электронных устройств; держатели для мобильных электронных устройств; пульта дистанционного управления для мобильных электронных устройств; электрические аудио и акустические кабели и разъемы; аудио колонка; док-станции для мобильных электронных устройств; музыкальные колонки; электронные кабельные детали и арматура; электрические кабели; соединительные кабели; кабели для передачи оптического сигнала; силовые кабели и кабельные разъемы; микрофоны; аудиоприемники; аудио передатчики; беспроводная компьютерная периферия; головной видеодисплей; приемники электронных сигналов; видеоприемники; беспроводные передатчики и приемники для воспроизведения звука и сигналов; электрические датчики; датчики для контроля физических движений; программное обеспечение для отправки и получения электронных сообщений, графики, изображений, аудио- и аудиовизуального контента через Интернет и сети связи; программное обеспечение в виде мобильного приложения; сим-карты; программное обеспечение для обработки изображений, графики, аудио, видео и текста; программное обеспечение, а именно, программное обеспечение для обмена мгновенными сообщениями, программное обеспечение для обмена файлами, программное обеспечение для связи для электронного обмена данными, аудио, видеоизображениями и графикой через компьютерные, мобильные, беспроводные и коммуникационные сети; программное обеспечение для управления личной информацией и программное обеспечение для синхронизации данных; программное обеспечение для управления контентом в социальных сетях, взаимодействия с виртуальным сообществом и передачи изображений, аудио, аудиовизуального и видео контента, фотографий, видео, данных, текста, сообщений, комментариев, рекламы, медиа-рекламы, коммуникаций и информации; программное обеспечение для отображения и обмена местоположением пользователя, а также поиска, определения местоположения и взаимодействия с другими пользователями и местами; программное обеспечение для использования в управлении взаимоотношениями с клиентами (CRM); программное обеспечение для предоставления информации для потребителей; программное обеспечение для обмена сообщениями; программное обеспечение для облегчения и организации финансирования и распределения средств и пожертвований; программное обеспечение для онлайн-овых благотворительных услуг по сбору средств и финансовых пожертвований; программное обеспечение, предназначенное для облегчения голосовых вызовов по интернет-протоколу (VOIP), телефонных звонков, видеозвонков, текстовых сообщений, мгновенных сообщений и онлайн-сервисов социальных сетей; телекоммуникационное оборудование для обеспечения доступа третьих лиц и обеспечения возможности передачи видео, данных и голоса по глобальным сетям связи, а именно к мобильным терминалам и терминалам доступа к компьютеру и мобильной телефонной связи, базовым приемопередающим станциям и их частям беспроводного радио, приемопередатчикам данных, повторителям данных маршрутизаторы и коммутаторы, схемы передачи, интегральные схемы, компьютерное оборудование, мобильные облачные клиенты и серверы, мультиплексоры, процессоры цифровых сигналов, процессоры радиочастотных сигналов, схемы коммутации мобильных устройств, электрические контроллеры воздушного движения, электрические контроллеры подвижности, электрические контроллеры доступа, удаленный порт электрические контроллеры, радиопорты, антенны, электронные радио-

компоненты, программное обеспечение для телекоммуникационных приложений и мобильные базовые сети, включающие приемопередатчики данных, беспроводные сети и шлюзы для сбора, передачи и управления данными, голосом и видео; коммуникационное программное обеспечение и коммуникационное компьютерное оборудование для обеспечения доступа в Интернет.

35 – услуги маркетинга, рекламы и продвижения; предоставление маркетинговых исследований и информационных услуг; продвижение товаров и услуг других через компьютерные и коммуникационные сети; бизнес и рекламные услуги, а именно: медиапланирование и медиапокупка для других; бизнес и рекламные услуги, а именно рекламные услуги для отслеживания эффективности рекламы, для управления, распространения и обслуживания рекламы, для анализа рекламных данных, для представления рекламных данных и для оптимизации эффективности рекламы; консалтинговые услуги в области рекламы и маркетинга; содействие обмену и продаже услуг и продуктов третьих лиц через компьютерные и коммуникационные сети; услуги онлайн-магазина розничной торговли, включающие в себя широкий спектр товаров широкого потребления, подарочные карты и доставку цифровых носителей, гарнитур виртуальной реальности, а также контента и данных виртуальной реальности; предоставление онлайн торговых площадок для продавцов товаров и / или услуг; предоставление онлайн-средств для связи продавцов с покупателями; деловое общение; услуги по трудоустройству и подбору персонала; услуги по рекламе и распространению информации, в частности, предоставление секретных рекламных площадок через глобальную компьютерную сеть; предоставление онлайн-баз данных и онлайн-баз данных с возможностью поиска в области объявлений; предоплаченные услуги подарочных карт, в частности, выдача сертификатов подарочных карт, которые могут быть использованы для приобретения товаров или услуг; благотворительные услуги, в частности, содействие информированию общественности о благотворительной, благотворительной, волонтерской, общественной и общественной деятельности и гуманитарной деятельности; обеспечение конкурсных и поощрительных программ, направленных на признание, поощрение и поощрение отдельных лиц и групп, которые занимаются самосовершенствованием, самореализацией, благотворительностью, благотворительностью, волонтерством, общественными и общественными работами и гуманитарной деятельностью, а также распространением продукта творческой работы; организация выставок и мероприятий в области разработки программного и аппаратного обеспечения для коммерческих или рекламных целей; ассоциация сервисов, которая продвигает интересы профессионалов и бизнеса в области разработки приложений для мобильных приложений; интернет реклама и продвижение товаров и услуг других через интернет; консультации по маркетингу и рекламе; услуги по исследованию рынка; реклама, маркетинг и продвижение товаров и услуг других лиц путем предоставления фото и видео техники на специальных мероприятиях; предоставление онлайн-услуг для прямой трансляции видео с рекламных мероприятий; организация и проведение специальных мероприятий в коммерческих, рекламных или рекламных целях; реклама на электронных носителях; организация, продвижение и проведение выставок, выставок и мероприятий в деловых целях; организация и проведение мероприятий, выставок, экспозиций и конференций в коммерческих целях в индустрии интерактивных развлечений, виртуальной реальности, бытовой электроники и видеоигр; услуги интернет-магазина розничной торговли с использованием гарнитур виртуальной реальности и дополненной реальности, игр, контента и цифровых медиа; предоставле-



ние информации телефонного справочника через глобальные сети связи; электронный каталог услуг; управление взаимоотношениями с клиентами; бизнес помощь и консалтинговые услуги; предоставление онлайн-услуг с комментариями пользователей, касающихся бизнес-организаций, поставщиков услуг и других ресурсов; рекламные услуги; распространение рекламы для других через глобальную компьютерную сеть; рекламные услуги, а именно: управление рекламной кампанией, таргетинг, внедрение и оптимизация услуг; маркетинговое исследование, а именно исследование и анализ рекламной кампании и потребительских предпочтений; продвижение товаров и услуг других лиц посредством распространения видеорекламы в интернете; рекламные услуги, а именно планирование, отслеживание и отчетность по рекламе для других; подготовка и реализация медиа и рекламных планов и концепций; показ рекламы, а именно размещение рекламы на сайтах для других; рекламные услуги, а именно таргетирование и оптимизация интернет-рекламы; управление деловой информацией, а именно отчетность деловой информации и бизнес-аналитика в области рекламы и маркетинга; управление бизнесом; управление бизнесом, офисные функции; бизнес-консультации по вопросам маркетинговой деятельности; медиапланирование и медиапокупка; бренд-консалтинг; дизайн рекламных материалов для других; предоставление онлайн-бизнес-каталогов с описанием ресторанов, баров, кинотеатров, танцевальных клубов, музеев, художественных галерей и других культурных и социальных пространств; продвижение общественного интереса и осведомленности о проблемах, связанных с доступом к Интернету для всего населения мира; бизнес консультации в сфере телекоммуникаций; консультационные услуги по управлению бизнесом, позволяющие субъектам предпринимательской деятельности, неправительственным и некоммерческим организациям разрабатывать, организовывать и администрировать программы для обеспечения более широкого доступа к глобальным коммуникационным сетям.

36 – услуги по обработке финансовых транзакций, а именно, предоставление безопасных коммерческих транзакций и вариантов оплаты; электронная обработка и передача данных об оплате счетов для пользователей интернета и сетей связи; услуги электронных денежных переводов; услуги по обработке транзакций по кредитным, дебетовым и подарочным картам; торговые услуги, а именно, услуги по обработке платежных операций; предоставление услуг электронных мобильных платежей для других; финансовые услуги; услуги по обработке платежей; услуги по финансовым операциям; содействие и организация финансирования и распределения средств и пожертвований; онлайн благотворительные услуги по сбору средств и финансовых пожертвований.

38 – услуги обмена фотографиями и видео, а именно электронная передача цифровых фотофайлов, видео и аудиовизуального контента между пользователями Интернета; телекоммуникации; обеспечение доступа к компьютерным, электронным и онлайн базам данных; телекоммуникационные услуги, а именно, электронная передача электронных носителей, данных, сообщений, графики, изображений, аудио, видео и информации; предоставление онлайн-форумов для общения по темам, представляющим общий интерес; обеспечение интернет-коммуникаций, которые переносят пользователей мобильных устройств и интернет в другие локальные и глобальные онлайн-местоположения; облегчение доступа к сторонним веб-сайтам или к другому электронному стороннему контенту через универсальный логин; предоставление онлайн-чатов, служб мгновенных сообщений и электронных досок объявлений; аудио, текстовое и видео вещание через Интернет или другие сети связи; услуги передачи голоса по интернет-протоколу (VOIP);



услуги телефонии связи; обеспечение доступа к компьютерным базам данных в области социальных сетей и социальных знакомств и знакомств; услуги одноранговой фотосъемки и обмена данными, а именно электронная передача цифровых фотофайлов, графики и аудиоконтента среди пользователей Интернета; телекоммуникационные и одноранговые сетевые компьютерные услуги, а именно: электронная передача изображений, аудиовизуального и видео контента, фотографий, видео, данных, текста, сообщений, рекламы, средств массовой информации, рекламных сообщений и информации; услуги чата для социальных сетей; потоковая и прямая трансляция видео, аудиовизуального и интерактивного аудиовизуального контента через Интернет; телекоммуникационные услуги, а именно, электронная передача контента и данных виртуальной реальности; предоставление электронных досок объявлений для передачи сообщений между пользователями в области общего интереса; услуги видеоконференцсвязи; предоставление услуг технической поддержки по использованию оборудования связи; предоставление средств и оборудования для проведения видеоконференций; телеконференций; предоставление пользователям форума для обмена и потоковой передачи информации, аудио, видео, новостей в реальном времени, развлекательного контента или информации, формирования виртуальных сообществ и участия в социальных сетях; телекоммуникационные услуги, а именно услуги передачи и приема данных по телекоммуникационным сетям; услуги мобильной связи; обмен веб-сообщениями; видео телеконференции; службы мгновенных сообщений; электронный обмен голосом, данными, аудио, видео, текстом и графикой, доступный через компьютерные и телекоммуникационные сети; зашифрованная электронная передача и доставка восстановленных данных; обеспечение доступа к телекоммуникационным сетям и интернету; подключение к интернету; информация о телекоммуникациях; консалтинг в сфере телекоммуникационных услуг, а именно, передача голоса, данных и документов по телекоммуникационным сетям.

41 – развлекательные услуги; обеспечение доступа к интерактивным электронным и онлайн-базам данных пользовательского контента, стороннего контента, фотографий, видео, аудио, визуальных и аудиовизуальных материалов в области общего интереса; услуги обмена фото и видео; электронные издательские услуги для других; развлекательные услуги, а именно: предоставление интерактивных и многопользовательских и однопользовательских игровых услуг для игр, в которые играют через Интернет или сети связи; предоставление информации об онлайн-компьютерных играх и видеоиграх через компьютерные или коммуникационные сети; организация и проведение соревнований и проведение мероприятий для геймеров и игроков в компьютерные игры; предоставление онлайн-ресурсов для разработчиков программного обеспечения; конкурсные и поощрительные программы, предназначенные для признания, поощрения и поощрения отдельных лиц и групп, которые занимаются самосовершенствованием, самореализацией, благотворительностью, волонтерством, общественными и общественными работами, а также гуманитарной деятельностью и распространением продукта творческой работы; организация и спонсирование программ конкурса и поощрительных премий для разработчиков программного обеспечения; публикация учебных материалов, а именно издание книг, журналов, информационных бюллетеней и электронных публикаций; образовательные услуги, в частности, организация и проведение конференций, курсов, семинаров и онлайн-тренингов в области рекламы, маркетинга, социальных сетей, интернета и социальных сетей, а также распространение материалов курса в связи с этим; Интернет-журналы, а именно веб-блоги (блоги), показывающие пользовательский кон-

тент; развлекательные услуги, а именно: предоставление игр виртуальной реальности, интерактивных развлечений и контента виртуальной реальности; развлекательные услуги, а именно: предоставление игр дополненной реальности, интерактивных развлечений и контента дополненной реальности; развлекательные услуги, а именно: предоставление игр смешанной реальности, интерактивных развлечений и контента смешанной реальности; предоставление компьютерной игры для использования всей сети пользователями сети; предоставление онлайн-игр виртуальной реальности; предоставление онлайн игр дополненной реальности; предоставление онлайн-игр со смешанной реальностью; развлекательные услуги, а именно предоставление онлайн видеоигр; организация выставок в области интерактивных развлечений, виртуальной реальности, бытовой электроники и индустрии развлечений с видеоиграми для культурных или образовательных целей; организация и проведение образовательных конференций; организация выставок и мероприятий в области разработки программного обеспечения в образовательных целях; образовательные услуги, а именно организация и проведение конференций и семинаров в области искусственного интеллекта и интернета вещей; обучение в области дизайна, рекламы и коммуникационных технологий; обучение в области стратегического медиапланирования, связанного с рекламой, маркетингом и бизнесом; интернет-журналы, а именно блоги с рекламой, маркетингом и бизнесом; предоставление компьютерных, электронных и онлайн баз данных в сфере развлечений; издательские услуги, а именно издание электронных публикаций для других; прокат киосков для фотографии и / или видеопрографии для захвата, загрузки, редактирования и обмена фотографиями и видео; развлекательные услуги, а именно: предоставление онлайн-сервисов для потоковой передачи развлекательного контента и потокового видео развлекательных мероприятий в режиме реального времени; организация живых выставок и конференций в области культуры, развлечений и социальных сетей для некоммерческих и некоммерческих целей; предоставление онлайн-игр; развлекательные услуги, а именно: предоставление игр виртуальной реальности, интерактивных развлечений и контента и впечатлений от виртуальной реальности; развлекательные услуги, а именно: предоставление игр дополненной реальности, интерактивных развлечений и контента и впечатлений от дополненной реальности; развлекательные услуги, а именно: предоставление игр со смешанной реальностью, интерактивных развлечений и контента и событий смешанной реальности; развлекательные услуги, а именно: организация и проведение конкурсов для поощрения использования и развития интерактивных развлечений, виртуальной реальности, дополненной реальности, бытовой электроники и программного обеспечения и оборудования для развлечений в области видеоигр; организация выставок и мероприятий культурного, образовательного или развлекательного назначения; производство программного обеспечения для видео и компьютерных игр; виртуальная реальность аркадных сервисов; аркадные сервисы дополненной реальности; игровые сервисы виртуальной реальности, предоставляемые онлайн из компьютерной сети; игровые сервисы дополненной реальности, предоставляемые онлайн из компьютерной сети; предоставление онлайн компьютерных игр и интерактивных игр; производство видео дополненной реальности; производство видео в виртуальной реальности; производство программного обеспечения для видео и компьютерных игр; предоставление программного обеспечения для онлайн-игр; развлекательные услуги, а именно предоставление интерактивных игр; услуги по производству мультимедийного развлекательного программного обеспечения; услуги по производству мультимедиа; развлекательные услуги в области

разработки, создания, производства и постпроизводства услуг мультимедийного развлекательного контента; развлекательные услуги, а именно: предоставление игр дополненной реальности и интерактивного развлекательного контента; развлекательные услуги, а именно, предоставление виртуальной среды онлайн-реальности; развлекательные услуги, а именно, предоставление онлайн-среды дополненной реальности; предоставление развлекательной информации из поисковых индексов и информационных баз данных, включая текст, электронные документы, базы данных, графику, фотографические изображения и аудиовизуальную информацию, через Интернет и сети связи; организация, продвижение и проведение выставок, выставок и мероприятий в деловых целях; предоставление информации об онлайн-компьютерных играх и видеоиграх через компьютерные или коммуникационные сети; организация и проведение соревнований и проведение мероприятий для геймеров и игроков в компьютерные игры; организация выставок в области интерактивных развлечений, виртуальной реальности, бытовой электроники и индустрии развлечений с видеоиграми для культурных или образовательных целей; организация и проведение образовательных конференций; организация выставок и мероприятий в области разработки программного обеспечения для образовательных целей; предоставление веб-сайта с публикациями о технологиях виртуальной реальности, которые нельзя загрузить; предоставление веб-сайта, на котором публикуются незагружаемые публикации о технологиях дополненной реальности; образование; обеспечение обучения; спортивные и культурные мероприятия; развлекательные и образовательные услуги, а именно: предоставление не загружаемых фильмов, телевизионных шоу, веб-трансляций, аудиовизуальных и мультимедийных произведений через Интернет, а также информация, обзоры и рекомендации относительно фильмов, телевизионных шоу, веб-трансляций, аудиовизуальных и мультимедийных произведений; предоставление компьютерных, электронных и онлайн-баз данных для образовательных, развлекательных и развлекательных целей в сфере развлечений, а также в сферах вторичных, университетских, социальных и общественных групп.

42 – дизайн и разработка компьютерного оборудования и программного обеспечения; компьютерные услуги, а именно: создание виртуальных сообществ для зарегистрированных пользователей для организации групп, собраний и мероприятий, участия в дискуссиях и взаимодействия в социальных, деловых и общественных сетях; компьютерные услуги, в частности, размещение электронных средств для других для организации и проведения встреч, мероприятий и интерактивных дискуссий через Интернет и сети связи; компьютерные услуги в виде настраиваемых электронных личных и групповых профилей или веб-страниц, содержащих определенную пользователем или указанную информацию, включая аудио, видео, изображения, текст, контент и данные; компьютерные услуги, а именно предоставление поисковых систем для получения данных через интернет и сети связи; дизайн и разработка программного обеспечения для компьютерных игр и видеоигр для использования с компьютерами, системами программ для видеоигр и компьютерными сетями; разработка оборудования для использования с электронными и интерактивными мультимедийными играми; услуги по разработке электронных и интерактивных мультимедийных игр; предоставление интерактивных средств, которые дают пользователям возможность загружать, изменять и делиться контентом, информацией, опытом и данными виртуальной реальности; предоставление онлайн-средств, которые дают пользователям возможность загружать, изменять и делиться контентом дополненной реальности, информацией, опытом и данными;

предоставление онлайн-сервисов, которые дают пользователям возможность загружать, изменять и делиться контентом, информацией, опытом и данными смешанной реальности; услуги по проектированию, проектированию, исследованиям, разработке и тестированию в области разработки программного обеспечения для мобильных приложений, связанные с использованием и функциональностью гиперссылок; техническая консультация в области разработки программного обеспечения для мобильных приложений, связанная с использованием и функционалом гиперссылок; предоставление программного обеспечения, позволяющего разрабатывать, оценивать, тестировать и обслуживать мобильные программные приложения для портативных вычислительных устройств; образовательные услуги, а именно организация и проведение конференций и семинаров в области искусственного интеллекта и интернета вещей; предоставление услуг аутентификации пользователей с использованием единого входа и программных технологий для транзакций электронной торговли; предоставление услуг по аутентификации пользователей для электронных денежных переводов, операций с кредитными и дебетовыми картами и электронных чеков с использованием технологии единого входа и программного обеспечения; предоставление интерфейса прикладного программирования (API), позволяющего пользователям выполнять электронные бизнес-транзакции через Интернет; предоставление программного обеспечения для обработки электронных платежей; услуги платформ (PAAS) с компьютерным программным обеспечением, позволяющие пользователям совершать транзакции в сфере бизнеса и электронной коммерции; предоставление программного обеспечения интерфейса прикладного программирования (API) для использования в электронных сообщениях и передачи аудио, видео, изображений, текста, контента и данных; платформа как услуга (PAAS) с компьютерными программными платформами для электронных сообщений и передачи аудио, видео, фотографических изображений, текста, графики и данных; предоставление программного обеспечения для электронных сообщений; картографические услуги; предоставление программного обеспечения для картографических услуг; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением для картографических услуг; предоставление программного обеспечения для обмена и отображения местоположения пользователя, планирования деятельности с другими пользователями и вынесения рекомендаций; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением для обеспечения или облегчения совместного использования и отображения местоположения пользователя, планирования действий с другими пользователями и вынесения рекомендаций; предоставление программного обеспечения для социальной и целевой картографии; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением для включения или упрощения сопоставления социальных сетей и мест назначения; предоставление программного обеспечения для бронирования и бронирования; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением для обеспечения или облегчения бронирования и бронирования; предоставление программного обеспечения для заказа и / или покупки товаров и услуг; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением, позволяющим или облегчающим заказ и / или покупку товаров и услуг; предоставление программного обеспечения с учетом местоположения для поиска, определения и обмена информацией о местонахождении товаров, услуг и событий, представляющих интерес; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением, учитывающим местоположение, для поиска, определения и обмена информацией о местонахождении товаров, услуг и событий, представляющих интерес; предоставление программного обе-

спечения для создания, управления и доступа к созданным пользователями и администрируемым частным группам в виртуальных сообществах; предоставление программного обеспечения для поиска и определения местных и местных точек интереса, событий, ориентиров, возможностей трудоустройства, развлечений, культурных мероприятий, покупок и предложений; предоставление программного обеспечения для поиска и определения возможностей трудоустройства; предоставление программного обеспечения для идентификации и предоставления пользователям возможности связаться с представителями правительства; предоставление программного обеспечения для предоставления виртуальной торговой площадки; предоставление программного обеспечения для предоставления информации о погоде на основе местоположения; предоставление программного обеспечения для предоставления, ссылки или потоковой передачи новостей или информации о текущих событиях; предоставление программного обеспечения для облегчения взаимодействия и общения между людьми и платформами ИИ (искусственного интеллекта); поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением, позволяющим или облегчающим взаимодействие и общение между людьми и платформами искусственного интеллекта; разработка эффектов дополненной реальности и виртуальной реальности для использования при модификации фотографий, изображений, видео и аудиовизуального контента; поставщик платформы для покупки онлайн-рекламы, а именно, предоставление не загружаемых программ, позволяющих покупателям и продавцам онлайн-рекламы покупать и продавать инвентарь видео-рекламы; платформа как услуга (PAAS) с компьютерными программными платформами для использования при покупке и распространении рекламы; Поставщик прикладных услуг (ASP), предлагающий программное обеспечение для использования при покупке, продаже, отслеживании, оценке, оптимизации, таргетинге, анализе, доставке и составлении отчетов об онлайн-рекламе и маркетинге; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением для использования при разработке и управлении онлайн-видео рекламными и маркетинговыми кампаниями; предоставление онлайн-средств, которые дают пользователям возможность участвовать в социальных сетях и управлять их контентом в социальных сетях; предоставление программного обеспечения для создания и управления профилями в социальных сетях и учетными записями пользователей; предоставление программного обеспечения для модификации фотографий, изображений и аудио, видео и аудио-видео контента с помощью фотографических фильтров и эффектов дополненной реальности (AR), а именно графики, анимации, текст, рисунки, геотеги, метаданные, гиперссылки; программное обеспечение для просмотра и взаимодействия с потоком электронных носителей, а именно изображений, аудиовизуального и видеоконтента, потокового видео в реальном времени, комментариев, рекламных объявлений, новостей и ссылок в Интернете; предоставление программного обеспечения для поиска контента и издателей контента, а также для подписки на контент; предоставление программного обеспечения для организации изображений, видео и аудиовизуального контента с использованием метаданных; компьютерные услуги, а именно: создание виртуального сообщества для зарегистрированных пользователей для обмена, просмотра, подписки и взаимодействия с изображениями, аудиовизуальным и видео контентом и соответствующими данными и информацией; поставщик прикладных услуг (ASP), предлагающий программное обеспечение для социальных сетей, управление контентом в социальных сетях, создание виртуального сообщества и передачу изображений, аудиовизуального и видео контента, фотографий, видео, данных, текста, сообщений, рекла-



мы, средств массовой информации, рекламных сообщений и информация; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением интерфейса прикладного программирования (API), который облегчает онлайн-сервисы для социальных сетей, разрабатывая программные приложения; платформа как услуга (PAAS) с программными платформами для социальных сетей, управления контентом социальных сетей, создания виртуального сообщества и передачи изображений, аудиовизуального и видео контента, фотографий, видео, данных, текста, сообщений, рекламы, медийной рекламы связь и информация; аренда программного обеспечения, которое дает пользователям возможность загружать, редактировать и обмениваться изображениями, видео и аудиовизуальным контентом; компьютерные услуги, а именно: создание пользовательского онлайн-контента и рекламы, а также создание социальных сетей; предоставление программного обеспечения для фотографирования и записи аудио, аудиовизуального и видео контента; предоставление программного обеспечения для загрузки, скачивания, архивирования, передачи и обмена изображениями, аудиовизуальным и видео контентом и связанным текстом и данными; предоставление программного обеспечения для потоковой передачи мультимедийного развлекательного контента; предоставление программного обеспечения для создания и поддержания присутствия в сети для отдельных лиц, групп, компаний и брендов; предоставление рекламодателям программного обеспечения для общения и взаимодействия с интернет-сообществами; персональный помощник программного обеспечения; социальный ассистент программного обеспечения; предоставление интерактивных средств, предусматривающих временное использование не загружаемого программного обеспечения для отправки и получения электронных сообщений, мгновенных сообщений, электронных уведомлений о сообщениях и напоминаний, фотографий, изображений, графики, данных, аудио, видео и аудиовизуального контента через Интернет и сети связи; программное обеспечение электронной коммерции, позволяющее пользователям совершать электронные бизнес-транзакции через Интернет; обеспечение временного использования незагружаемого компьютерного программного обеспечения для доступа, сбора, отображения, редактирования, связывания, изменения, организации, маркировки, потоковой передачи, совместного использования, хранения, передачи и иного предоставления электронных носителей, фотографии, изображения, графика, аудио, видео, аудиовизуальный контент, данные и информация через Интернет и сети связи; обеспечение временного использования незагружаемого компьютерного программного обеспечения для использования при телефонии, телефонных звонках, видеозвонках, текстовых сообщениях, электронных сообщениях, мгновенных сообщениях и онлайн-сервисах социальных сетей; услуги провайдера прикладных услуг (ASP), включающие программное обеспечение для включения или упрощения вызовов голосовой связи через интернет-протокол (VOIP), телефонных звонков, видеозвонков, текстовых сообщений, электронных сообщений, мгновенных сообщений и онлайн-овых социальных сетей; компьютерные услуги, а именно предоставление информации в области технологий и разработки программного обеспечения через Интернет и сети связи; предоставление программного обеспечения для использования при съемке и редактировании фотографий, записи и редактирования видео; поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением, позволяющим или облегчающим съемку и редактирование фотографий, а также запись и редактирование видео; проектирование и разработка аппаратного и программного обеспечения компьютерных игр; проектирование и разработка аппаратного и программного обеспечения виртуальной реальности; проектирование и



разработка аппаратного и программного обеспечения смешанной реальности; проектирование и разработка аппаратного и программного обеспечения для видеигр; обеспечение временного использования не загружаемых программных приложений для социальных сетей, создания виртуального сообщества и передачи контента и данных виртуальной реальности; компьютерные услуги в виде предоставления настраиваемых онлайн-страниц, содержащих определенную пользователем или указанную информацию, личные профили, виртуальную реальность и контент и данные дополненной реальности; услуги компьютерного программирования для создания видео и игр виртуальной реальности; проектирование и разработка аппаратного и программного обеспечения дополненной реальности; разработка программного обеспечения; разработка интерактивного мультимедийного программного обеспечения; обслуживание и ремонт компьютерного программного обеспечения; обеспечение временного использования незагружаемого компьютерного программного обеспечения для передачи, совместного использования, получения, загрузки, отображения, взаимодействия и передачи контента, текста, визуальных произведений, аудиозаписей, аудиовизуальных произведений, литературных произведений, данных, файлов, документов и электронных произведений; компьютерные услуги, а именно предоставление информации в области технологий и разработки программного обеспечения через глобальную компьютерную сеть; услуги технической поддержки, а именно: устранение неполадок в природе диагностики компьютерного оборудования и программных проблем; компьютерные услуги, а именно услуги облачного хостинга; обеспечение временного использования онлайн не загружаемого программного обеспечения для облачных вычислений для использования в электронном хранилище данных; обеспечение временного использования онлайн не загружаемого программного обеспечения для облачных вычислений для виртуальных приложений и сред дополненной реальности; службы обмена файлами, а именно, предоставление онлайн-средств для других, использующих технологии, позволяющие пользователям загружать и скачивать электронные файлы; компьютерные услуги, а именно размещение электронных средств для других для интерактивных дискуссий через сети связи; предоставление онлайн не загружаемого программного обеспечения; поставщик услуг приложений, а именно предоставление, размещение, управление, разработка и обслуживание приложений, программного обеспечения, веб-сайтов и баз данных в областях беспроводной связи, мобильного доступа к информации и удаленного управления данными для беспроводной доставки контента на карманные компьютеры, ноутбуки и мобильные электронные устройства; поставщик прикладных услуг (ASP); предоставление онлайн-средств, которые дают пользователям возможность загружать, изменять и обмениваться аудио, видео, фотографическими изображениями, текстом, графикой и данными; обеспечение временного использования онлайн не загружаемого программного обеспечения и приложений для обмена мгновенными сообщениями, передачи голоса по интернет-протоколу (VOIP), видеоконференций и аудиоконференций; компьютерные сервисы, а именно: создание интернет-сообщества для зарегистрированных пользователей для участия в социальных сетях; услуги шифрования данных; зашифрованная электронная передача и доставка восстановленных данных; предоставление программного обеспечения и приложений для управления взаимоотношениями с клиентами (CRM); поставщик прикладных услуг (ASP) с программным обеспечением для управления взаимоотношениями с клиентами (CRM); предоставление услуг онлайн-платформы программного обеспечения, которые дают пользователям возможность публиковать рейтинг

ги, обзоры, рекомендации и рекомендации, касающиеся предприятий, ресторанов, поставщиков услуг, мероприятий, общественных услуг и государственных учреждений; компьютерные услуги, в частности, поставщик прикладных услуг, использующий программное обеспечение интерфейса прикладного программирования (API) для управления взаимоотношениями с клиентами (CRM); хостинг цифрового [виртуальной реальности и дополненной реальности] контента в интернете; научно-технические услуги и связанные с ними исследования и разработки; промышленный анализ и исследовательские услуги; компьютерные услуги, а именно обеспечение удаленного управления устройствами через компьютерные сети, беспроводные сети или Интернет; предоставление программного обеспечения для облегчения и организации финансирования и распределения средств и пожертвований; предоставление программного обеспечения для онлайн-овых благотворительных услуг по сбору средств и услуг по финансовому пожертвованию.

45 – социальное знакомство, сети и службы знакомств; обеспечение доступа к компьютерным базам данных и онлайн-базам данных с возможностью поиска в областях социальных сетей, социальных знакомств и знакомств; предоставление информации в области личностного развития, самосовершенствования, самореализации, благотворительности, благотворительности, волонтерства, общественных и общественных услуг и гуманитарной деятельности; предоставление услуг консьержа для других, а именно: бронирование резервирование, содействие покупкам, организация поставок, составление запрошенных личных договоренностей, предоставление рекомендаций по продуктам и услугам, предоставление специфической информации для клиентов для удовлетворения индивидуальных потребностей и предоставление электронных напоминаний и уведомлений; онлайн социальные сети; предоставление информации в виде баз данных, показывающих информацию в области социальных сетей и социального внедрения; услуги проверки пользователей; услуги проверки личности; услуги по проверке идентификации бизнеса; юридические услуги.

### **Передача прав на использование объектов интеллектуальной собственности (договоры)**

**№ 124/1566** Договор об уступке товарного знака по свидетельству **№ 1566** (заявка № 14201542) с приоритетом от 09 сентября 2014 года в отношении всех товаров и услуг, указанных в свидетельстве. Дата регистрации договора – 20.08.2019. **Правообладатель – общество с ограниченной ответственностью «Фуршет»**, г. Тирасполь, ул. Луначарского, д. 24. **Приобретатель – общество с ограниченной ответственностью «КаБаРеТ»**, г. Тирасполь, ул. Луначарского, д. 24. Территория действия договора – Приднестровская Молдавская Республика.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Алещенко Светлана Анатольевна** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического анализа и приложений ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: alesch.svet@gmail.com

**Арзуманян Ирина Сергеевна** – магистрант экономического факультета АрГУ.

E-mail: mr.arzumanyan1962@mail.ru

**Арнаутв Владимир Иванович** – доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник НИЛ «Алгебра и ее приложения» ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: arnautov@math.md

**Атаян Анаит Юрьевна** – магистрант экономического факультета АрГУ.

E-mail: anna.anka.atayan@mail.ru

**Баева Татьяна Юрьевна** – старший преподаватель кафедры инженерных наук, промышленности и транспорта Бендерского политехнического филиала ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: baevatu@mail.ru

**Балашова Юлия Владимировна** – старший преподаватель кафедры интегрированных компьютерных технологий и систем ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: balashova\_ju@mail.ru

**Барыкина Влада Владиславовна** – магистрант экономического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: robotapgu@rambler.ru

**Белявская Анна Сергеевна** – старший преподаватель кафедры техносферной безопасности ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: Belevskaia@yandex.ru

**Берил Степан Иорданович** – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой общей и теоретической физики, ректор ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: rector@spsu.ru

**Беспаленко Павел Викторович** – сменный инженер-технолог ЗАО «Завод „Молдавизолит“».

E-mail: 88rio@mail.ru

**Богатый Артур Николаевич** – магистр техники и технологии.

E-mail: avki@mail.ru

**Бомешко Елена Васильевна** – кандидат химических наук, доцент, профессор кафедры химии и методики преподавания химии ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: ebomeshko@yandex.ru

**Брусенская Елена Ивановна** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей и теоретической физики ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: khamidullin\_ra@mail.ru

**Бурменко Феликс Юрьевич** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой машиноведения и технологического оборудования, директор Инженерно-технического института ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: burmenco@mail.ru

**Бурменко Юрий Феликсович** – старший научный сотрудник НИЛ «Технологическое оборудование» ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: yburmenco@mail.ru

**Васильев Виталий Васильевич** – старший преподаватель кафедры приклад-

ной математики и информатики ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: vasscorp@mail.ru

**Васильева Ольга Федоровна** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры квантовой радиофизики и систем связи ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: florina\_of@mail.ru

**Ватаман Инна Валерьевна** – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Финансы и кредиты» ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: vinnav@mail.ru

**Ворническу Галина Ивановна** – кандидат физико-математических наук, доцент, заведующая кафедрой математического анализа и приложений ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: vornicescu@gmail.com

**Восканян Марина Юрьевна** – магистрант экономического факультета АрГУ.

E-mail: m.y.voskanyan@gmail.com

**Вудвуд Екатерина Руслановна** – студентка Бендерского политехнического филиала ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: katia-vudvud@mail.ru

**Герасименко Петр Васильевич** – доктор технических наук, профессор кафедры математики и моделирования Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.

E-mail: pv39@mail.ru

**Гончарук Александр Александрович** – магистрант аграрно-технологического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: nauka\_iti@mail.ru

**Грубник Кристина Александровна** – магистрант экономического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: kristik39@mail.ru

**Гудаль Елена Сергеевна** – магистрант физико-математического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: elena.gud07@gmail.com

**Дидурик Наталия Николаевна** – старший преподаватель кафедры алгебры,

геометрии и методики преподавания математики ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: natnikkr83@mail.ru

**Димогло Анатолий Владимирович** – старший преподаватель, и.о. заведующего кафедрой технических систем и электрооборудования в агропромышленном комплексе, и.о. декана аграрно-технологического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: dimoglo@rambler.ru

**Дорофеева Любовь Васильевна** – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической теории и мировой экономики ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: ms.dorofeeva1964@inbox.ru

**Дудник Любовь Владиславовна** – магистрант физико-математического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: khamidullin\_ra@mail.ru

**Ермакова Галина Николаевна** – кандидат педагогических наук, доцент, заведующая кафедрой алгебры, геометрии и методики преподавания математики ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: galla0808@yandex.ru

**Ерхан Феодор Михайлович** – доктор технических наук, профессор кафедры технических систем и электрооборудования в агропромышленном комплексе ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: terhan@mail.ru

**Есир Алла Ивановна** – старший преподаватель кафедры «Финансы и кредит» ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: rabotapgu@rambler.ru

**Жарикова Ксения Анатольевна** – магистрант экономического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: zharicova97@mail.ru

**Жигарева Елена Леонидовна** – старший преподаватель кафедры бухгалтерского учета и аудита ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: mollitia-tir2010@mail.ru

**Жукова Елена Сергеевна** – кандидат экономических наук, доцент кафедры

«Финансы и кредит» ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: jes555md@mail.ru

**Журжи Инна Ивановна** – старший преподаватель кафедры алгебры, геометрии и методики преподавания математики ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: inessy@bk.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** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой автоматизированных технологий и промышленных комплексов ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: mr.zvonkiy@mail.ru

**Звягинцева Ирина Викторовна** – магистрант экономического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: blond0073@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 математического анализа и приложений ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: zingan.anna@mail.ru

**Зяблюк Константин Николаевич** – кандидат физико-математических наук, начальник научно-производственной лаборатории ООО «Производственно-технологический центр „УралАлмазИнвест“».

E-mail: senokosov37@mail.ru

**Исаханиян Яна Камоевна** – магистрант экономического факультета АрГУ.

E-mail: yanchikyanchik96@mail.ru

**Ишханиян Ирина Овиковна** – кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой экономической теории и управления АрГУ.

E-mail: irina300353@mail.ru

**Каприян Юлия Васильевна** – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Финансы и кредит» ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: robotapgu@rambler.ru

**Капуши Вадим Олегович** – студент физико-математического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: skydex1331@gmail.com

**Киорсак Михаил Васильевич** – доктор технических наук, профессор кафедры электроэнергетики и электротехники ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: kiorsak@mail.ru

**Кирсанова Алла Владимировна** – кандидат педагогических наук, доцент кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: avki@mail.ru

**Кискул Ольга Александровна** – старший преподаватель кафедры «Финансы и кредит» ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: Olgakiskul@mail.ru

**Клинк Григорий Валентинович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой эксплуатации и ремонта машинно-тракторного парка ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: klink.grigoriy2016@yandex.ru

**Корнейчук Николай Иванович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий НИЛ «Реновация машин и оборудования» ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: n.corneiciuc@uasm.md

**Косиева Римма Леонидовна** – старший преподаватель кафедры математического анализа и приложений ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: rkosieva@bk.ru

**Костина Елена Сергеевна** – магистрант экономического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: alenka.kostina2011@gmail.com

**Кот Екатерина Анатольевна** – магистрант экономического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: kot.e1995@mail.ru

**Котомчин Алексей Николаевич** – старший преподаватель кафедры автомобильного транспорта Бендерского политехнического филиала ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: aleshka81@list.ru

**Куча Мария Олеговна** – магистрант экономического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: masha123896@mail.ru

**Лабунский Владимир Владимирович** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экономической теории и мировой экономики ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: kafedra-etime@mail.ru

**Левицкий Денис Владиславович** – магистрант экономического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: rabotapgu@rambler.ru

**Леонова Наталья Григорьевна** – кандидат социологических наук, доцент кафедры прикладной математики и информатики ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: nataleo2212@vandex.ru

**Лунгу Наталья Васильевна** – магистрант экономического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: nata.lungu.96@mail.ru

**Ляхов Юрий Генрихович** – старший преподаватель кафедры автомобильного транспорта Бендерского политехнического филиала ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: kafedra-at@bpfpgu.ru

**Ляхомская Ксения Даниловна** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры квантовой радиофизики и систем связи, начальник Управления научной деятельностью ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: ksedanna@yandex.ru

**Малютина Надежда Николаевна** – старший преподаватель кафедры алгебры, геометрии и методики преподавания математики ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: 231003.bab.nadezhda@mail.ru

**Мангасарян Рузанна Яковлевна** – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической теории и управления, декан экономического факультета АргУ.

E-mail: ruzanna-m73@mail.ru

**Маручек Сергей Павлович** – инженер, специалист Су Джок, майор милиции в отставке.

E-mail: maruchek.sergei@yandex.ru

**Матрёницкий Герман Викторович** – магистрант экономического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: newbox1310@yandex.ru

**Мельниченко Дмитрий Никифорович** – старший преподаватель кафедры автоматизированных технологий и промышленных комплексов ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: ginger50@mail.ru

**Михайлов Владимир Сергеевич** – старший преподаватель кафедры технических систем и электрооборудования в агропромышленном комплексе ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: dimoglo@rambler.ru

**Нижегородова Маргарита Владимировна** – кандидат педагогических наук, доцент кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: rita\_tiras@mail.ru

**Обручков Олег Андреевич** – магистрант физико-математического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: fmf\_nokr@spsu.ru

**Овсянникова Анна Александровна** – студентка экономического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: Anna1994ovs@yandex.ru

**Пасичник Наталья Владимировна** – старший преподаватель кафедры бухгалтерского учета и аудита ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: natapasichnik@yandex.ru



**Петухов Андрей Евгеньевич** – студент экономического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: andreitiras94@mail.ru

**Полищук Анна Викторовна** – магистрант экономического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: anyutka-polishuk@mail.ru

**Помян Светлана Владимировна** – кандидат педагогических наук, доцент кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: svpomian@gmail.com

**Попукайло Владимир Сергеевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и автоматизированного управления производственными процессами ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: n0ble88@gmail.com

**Радченко Виктор Николаевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерных наук, промышленности и транспорта Бендерского политехнического филиала ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: radchenko\_vn@mail.ru

**Римский Валентин Ксенофонович** – доктор технических наук, главный научный сотрудник Института энергетики АНМ.

E-mail: euroliberali@rambler.ru

**Сафронов Юрий Михайлович** – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой «Финансы и кредит» ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: suim@rambler.ru

**Сафронова Людмила Михайловна** – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Финансы и кредит» ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: rabotapgu@rambler.ru

**Семенова Наталья Вячеславовна** – старший преподаватель кафедры высшей математики МИСиС.

E-mail: semenova-200662@yandex.ru

**Сенокосов Эдуард Александрович** – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой твердотельной электроники и микроэлектроники ПГУ им. Т.Г. Шевченко, член-корреспондент РАЕН.

E-mail: senokosov37@mail.ru

**Сенокосова Людмила Григорьевна** – доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой экономической теории и мировой экономики ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: kafedra-etime@mail.ru

**Сидоренко Екатерина Викторовна** – магистрант экономического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: katty270496@mail.ru

**Соколовская Юлия Юрьевна** – магистрант экономического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: yulya\_95@mail.ru

**Старчук Александр Сергеевич** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей и теоретической физики ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: star-alex@idknet.com

**Стасюк Татьяна Петровна** – кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой бухгалтерского учета и аудита ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: tatiana.stasyuk@gmail.com

**Татарой Анастасия Александровна** – магистрант экономического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: rabotapgu@rambler.ru

**Толмачева Ирина Вильевна** – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Финансы и кредит», проректор по научно-инновационной работе ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: rabotapgu@rambler.ru

**Тыршу Михаил Степанович** – кандидат технических наук, директор Института энергетики АНМ.

E-mail: tirsu.mihai@gmail.com

**Федорова Татьяна Анатольевна** – старший преподаватель кафедры инженер-

ных наук, промышленности и транспорта Бендерского политехнического филиала ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: katadim81@mail.ru

**Федорченко Григорий Сергеевич** – преподаватель кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: fedgreg@yandex.ru

**Федорченко Сергей Григорьевич** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: fed\_tir@mail.ru

**Фещенко Валерий Сергеевич** – доктор технических наук, профессор базовой кафедры 146 Российского технологического университета МИРЭА.

E-mail: feshchenko@mail.ru

**Флоря Иван Архипович** – доцент, ведущий научный сотрудник НИЛ «Алгебра и ее приложения» ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: natnikkr83@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 Елена Александровна** – старший преподаватель кафедры автоматизированных технологий и промышленных комплексов ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: len-caruk@yandex.ru

**Человская Екатерина Ивановна** – старший преподаватель кафедры «Финансы и кредит» ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: chelovskaya@list.ru

**Чернобрисов Сергей Феодосиевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры технических систем и электрообору-

дования в агропромышленном комплексе ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: dimoglo@rambler.ru

**Чирвина Светлана Леонардовна** – ведущий специалист кафедры машиноведения и технологического оборудования ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: svet-lana-1@mail.ru

**Чукита Виталий Исакович** – старший преподаватель кафедры твердотельной электроники и микроэлектроники ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: chykita@mail.ru

**Шведюк Ирина Николаевна** – преподаватель кафедры алгебры, геометрии и методики преподавания математики ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: ira230396@mail.ru

**Шонц Владислав Игоревич** – магистрант экономического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: vladshonc@mail.ru

**Щербаков Виктор Алексеевич** – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий НИЛ «Алгебра и ее приложения» ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: scerb@math.md

**Юров Леонард Леонидович** – старший научный сотрудник НИЛ «Электрохимические производства» ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: leotir@bk.ru

**Юрова Татьяна Федоровна** – доцент кафедры «Финансы и кредит» ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: yrova@rambler.ru

**Юрченко Евгений Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры машиноведения и технологического оборудования ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: nauka\_iti@mail.ru

**Ясенкова Антонина Владимировна** – магистрант экономического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: rabotapgu@rambler.ru

---

**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Aleshchenko Svetlana Anatolievna** – candidate of physic-mathematical sciences, associate professor of the department of mathematical analysis and applications, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: alesch.svet@gmail.com

**Arnautov Vladimir Ivanovich** – doctor of physic-mathematical sciences, professor, leading scientific researcher of the laboratory «Algebra and its applications», Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: arnautov@math.md

**Arzumanyan Irina Sergeevna** – graduate student of economic faculty of Aktobe regional state University of K. Zhubanov.

E-mail: mr.arzumanyan1962@mail.ru

**Atayan Anait Yurievna** – graduate student of economic faculty of Aktobe regional state University of K. Zhubanov.

E-mail: anna.anka.atayan@mail.ru

**Baeva Tatiana Yurievna** – senior lecturer of the department of engineering sciences, industry and transport of Bendery Polytechnic branch of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: baevatu@mail.ru

**Balashova Yuliya Vladimirovna** – senior lecturer of the department of integrated computer technologies and systems of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: balashova\_ju@mail.ru

**Barykina Vlada Vladislavovna** – graduate student of economic faculty of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: rabotapgu@rambler.ru

**Belyavskaya Anna Sergeevna** – senior lecturer of the department of technosphere safety of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: Beleavskaia@yandex.ru

**Beril Stepan Iordanovich** – doctor of physic-mathematical sciences, professor, head of department of general and theoretical physics, rector of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: rector@spsu.ru

**Bespalenko Pavel Viktorovich** – replacement engineer-technologist of JSC «Plant «Moldavizolit».

E-mail: 88rio@mail.ru

**Bogatii Arthur Nikolaevich** – graduate student of engineering and technology. E-mail: avki@mail.ru

**Bomeshko Elena Vasilievna** – candidate of chemical sciences, professor of the department of chemistry and methods of teaching chemistry, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: ebomeshko@yandex.ru

**Brusenskaya Elena Ivanovna** – candidate of physic-mathematical sciences, associate professor of the department of general and theoretical physics, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: khamidullin\_ra@mail.ru

**Burmenko Felix Yurevich** – candidate of technical sciences, associate professor, head of the department of mechanical engineering and technological equipment, director of the institute of engineering and technology of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: burmenco@mail.ru

**Burmenko Yurii Felixovich** – senior scientific researcher of the laboratory “Technology equipment” of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: yburmenco@mail.ru

**Chelovskaya Ekaterina Ivanovna** – senior lecturer of the department «Finance and credit» of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: chelovskaya@list.ru

**Chernobrisov Sergei Feodosievich** – candidate of technical sciences, associate professor of the department of technical systems and electrical equipment in agriculture, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: dimoglo@rambler.ru

**Chirvina Svetlana Leonardovna** – the leading specialist of the department of mechanical engineering and technological

equipment, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: svet-lana-1@mail.ru

**Chukita Vitaliy Isakovich** – senior lecturer of the department of solid state electronics and microelectronics, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: chykita@mail.ru

**Didurik Natalia Nikolaevna** – senior lecturer of the department of algebra, geometry and methods of teaching mathematics of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: natnikkr83@mail.ru

**Dimoglo Anatolii Vladimirovich** – senior lecturer, acting head of the department of technical systems and electrical equipment in agriculture, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: dimoglo@rambler.ru

**Dorofeeva Lyubov Vasilievna** – candidate of economic sciences, associate professor of the department of economic theory and world economy, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: ms.dorofeeva1964@inbox.ru

**Dudnik Lyubov Vladislavovna** – graduate student of faculty of physics and mathematics of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: khamidullin\_ra@mail.ru

**Erkhan Feodor Mikhailovich** – doctor of technical sciences, professor of the department of technical systems and electrical equipment in agriculture, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: terhan@mail.ru

**Ermakova Galina Nikolaevna** – candidate of pedagogical sciences, associate professor, head of the department of algebra, geometry and methods of teaching mathematics, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: galla0808@yandex.ru

**Esir Alla Ivanovna** – senior lecturer of the department «Finance and credit» of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: rabotapgu@rambler.ru

**Fedorchenko Grigorii Sergeevich** – lecturer of the department of software of computer facilities and automated systems, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: fedgreg@yandex.ru

**Fedorchenko Sergey Grigorievich** – candidate of technical sciences, associate professor, head of the department of computing software and automated systems, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: fed\_tir@mail.ru

**Fedorova Tatiana Anatolievna** – senior lecturer of the department of engineering, industry and transport of the Bender Polytechnic branch, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: katadim81@mail.ru

**Feshchenko Valeriy Sergeevna** – doctor of technical sciences, professor of the basic department 146 of «MIREA - Russian Technological University».

E-mail: feshchenko@mail.ru

**Florya Ivan Arkhipovich** – associate professor, leading researcher of the laboratory «Algebra and its applications» of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: natnikkr83@mail.ru

**Gerasimenko Peter Vasilievich** – doctor of technical science, professor of the department of mathematics and modeling of Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University.

E-mail: pv39@mail.ru

**Goncharuk Alexander Alexandrovich** – graduate student of faculty of agriculture and technology, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: nauka\_iti@mail.ru

**Grubnik Kristina Aleksandrovna** – graduate student of economic faculty of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: kristik39@mail.ru

**Gudal Elena Sergeevna** – graduate student of faculty of physics and mathematics of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: elena.gud07@gmail.com

**Isakhanyan Jan Kamaina** – graduate student of economic faculty of Aktobe regional state University of K. Zhubanov.

E-mail: yanchikyanchik96@mail.ru

**Ishkhanyan Irina Ovikovna** – candidate of economic sciences, associate professor, head of the department of economic theory and management, Aktobe regional state University of K. Zhubanov.

E-mail: irina300353@mail.ru

**Kapriyan Julia Vasilievna** – candidate of economic sciences, associate professor of the department «Finance and credit», Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: rabotapgu@rambler.ru

**Kapushchi Vadim Olegovich** – student of faculty of physics and mathematics of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: skydex1331@gmail.com

**Khamidulin Rustam Angamovich** – candidate of physic-mathematical sciences, associate professor of general and theoretical physics, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: khamidullin\_ra@mail.ru

**Kiorsak Mikhail Vasilievich** – doctor of technical sciences, professor of the department of electric power and electrical engineering of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: kiorsak@mail.ru

**Kirsanova Alla Vladimirovna** – candidate of pedagogical sciences, associate professor of the department of computer software and automated systems, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: avki@mail.ru

**Kiskul Olga Alexandrovna** – senior lecturer of the department «Finance and credit» of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: Olgakiskul@mail.ru

**Klink Grigoriy Valentinovich** – candidate of technical sciences, associate professor, head of the department of operation and repair of machine and tractor park of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: klink.grigoriy2016@yandex.ru

**Korneychuk Nikolay Ivanovich** – candidate of technical sciences, associate professor, head of the laboratory «Renovation of machinery and equipment» of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: n.corneiciuc@uasm.md

**Kosieva Rimma Leonidovna** – senior lecturer of the department of mathematical analysis and applications of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: rkosieva@bk.ru

**Kostina Elena Sergeevna** – graduate student of economic faculty of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: alenka.kostina2011@gmail.com

**Kot Ekaterina Anatolievna** – graduate student of economic faculty of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: kot.e1995@mail.ru

**Kotomchin Alexei Nicolaevich** – senior lecturer of the department of road transport of the Bender Polytechnic branch of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: aleshka81@list.ru

**Kycha Maria Olegovna** – graduate student of economic faculty of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: masha123896@mail.ru

**Labunskiy Vladimir Vladimirovich** – candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of economic theory and world economy, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: kafedra-etime@mail.ru

**Leonova Natalia Grigorievna** – candidate of social sciences, associate professor of the department of applied mathematics and computer science, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: nataleo2212@yandex.ru

**Levitskiy Denis Vladislavovich** – graduate student of economic faculty of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: rabotapgu@rambler.ru

**Liakhomskaia Ksenia Daniilovna** – candidate of physic-mathematical sciences, associate professor of the department of quantum radiophysics and communication



systems, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: ksedanna@yandex.ru

**Lungu Natalia Vasilievna** – graduate student of economic faculty of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: nata.lungu.96@mail.ru

**Lyakhov Yrii Genrikhovich** – senior lecturer of the department of road transport of the Bender polytechnic branch of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: kafedra-at@bpfpgu.ru

**Malyutina Nadezhda Nikolaevna** – senior lecturer of the department of algebra, geometry and methods of teaching mathematics of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: 231003.bab.nadezhda@mail.ru

**Mangasaryan Ruzanna Yakovlevna** – candidate of economic sciences, associate professor of the department of economic theory and management, dean of economic faculty of Aktobe regional state University of K. Zhubanov.

E-mail: ruzanna-m73@mail.ru

**Maruchek Sergei Pavlovich** – engineer, specialist Su Jok, retired police major.

E-mail: maruchek.sergei@yandex.ru

**Matrenitskiy German Victorovich** – graduate student of economic faculty of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: newbox1310@yandex.ru

**Melnichenko Dmitriy Nikiforovich** – senior lecturer of the department of automated technologies and industrial complexes of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: ginger50@mail.ru

**Mikhailov Vladimir Sergeevich** – senior lecturer of the department of technical systems and electrical equipment in agriculture, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: dimoglo@rambler.ru

**Nizhegorodova Margarita Vladimirovna** – candidate of pedagogical sciences, associate professor of the department of computing software and automated systems, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: rita\_tiras@mail.ru

**Obruchkov Oleg Andreevich** – graduate student of faculty of physics and mathematics of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: fmf\_nokr@spsu.ru

**Ovsyanikova Anna Alexandrovna** – student of economic faculty of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: Anna1994ovs@yandex.ru

**Pasichnik Natalia Vladimirovna** – senior lecturer of the department of accounting and audit of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: natapasichnik@yandex.ru

**Petukhov Andrei Evgenievich** – student of economic faculty of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: andreitiras94@mail.ru

**Polishchuk Anna Viktorovna** – graduate student of economic faculty of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: anyutka-polishuk@mail.ru

**Pomyan Svetlana Vladimirovna** – candidate of pedagogical sciences, associate professor of the department of computing software and automated systems, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: svpomian@gmail.com

**Popukailo Vladimir Sergeevich** – candidate of technical sciences, associate professor of the department of information technologies and automated control of production processes of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: n0ble88@gmail.com

**Radchenko Viktor Nikolaevich** – candidate of technical sciences, associate professor of the department of engineering, industry and transport of the Bender Polytechnic branch of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: radchenko\_vn@mail.ru

**Rimskii Valentin Ksenofontovich** – doctor of technical sciences, chief scientific researcher of the Institute of energy of the Academy of Sciences of Moldova.

E-mail: euroliberali@rambler.ru

**Safronov Yrii Mikhailovich** – candidate of economic sciences, associate profes-



sor, head of the department «Finance and credit», Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: suim@rambler.ru

**Safronova Lyudmila Mikhailovna** – candidate of economic sciences, associate professor of the department «Finance and credit», Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: rabotapgu@rambler.ru

**Semenova Natalia Vyacheslavovna** – senior lecturer of the department of higher mathematics, Moscow Institute of steel and alloys.

E-mail: semenova-200662@yandex.ru

**Senokosov Eduard Alexandrovich** – doctor of physic-mathematical sciences, professor, head of the department of solid-state electronics and microelectronics of Shevchenko State University of Pridnestrovie, corresponding member of the Russian Academy of Natural Sciences.

E-mail: senokosov37@mail.ru

**Senokosova Lyudmila Grigorievna** – doctor of economic sciences, professor, head of the department of economic theory and world economy of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: kafedra-etime@mail.ru

**Shcherbakov Viktor Alexandrovich** – doctor of physic-mathematical sciences, professor, head of the laboratory “Algebra and its applications” of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: scerb@math.md

**Shonts Vladislav Igorevich** – graduate student of economic faculty of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: vladshonc@mail.ru

**Shvedyuk Irina Nikolaevna** – lecturer of the department of algebra, geometry and methods of teaching mathematics of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: ira230396@mail.ru

**Sidorenko Ekaterina Viktorovna** – graduate student of economic faculty of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: katya270496@mail.ru

**Sokolovskaya Yuliya Yurievna** – graduate student of economic faculty of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: yulya\_95@mail.ru

**Starchuk Alexander Sergeevich** – candidate of physic-mathematical sciences, associate professor of the department of general and theoretical physics, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: star-alex@idknet.com

**Stasyuk Tatiana Petrovna** – candidate of economic sciences, associate professor, head of the department of accounting and auditing of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: tatiana.stasyuk@gmail.com

**Tataroi Anastasia Alexandrovna** – graduate student of economic faculty of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: rabotapgu@rambler.ru

**Tolmacheva Irina Vilievna** – candidate of economic sciences, associate professor of the department of «Finance and credit», prorektor of scientific and innovative work, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: rabotapgu@rambler.ru

**Tsaruk Elena Alexandrovna** – senior lecturer of the department of automated technologies and industrial complexes of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: len-caruk@yandex.ru

**Tyrshu Mikhail Stepanovich** – candidate of technical sciences, director of the institute of energy of the Academy of Sciences of Moldova.

E-mail: tirsu.mihai@gmail.com

**Vasiliev Vitaliy Vasilievich** – senior lecturer of the department of applied mathematics and computer science of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: vasscorp@mail.ru

**Vasilieva Olga Fedorovna** – candidate of physic-mathematical sciences, associate professor of the department of quantum radiophysics and communication systems, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: florina\_of@mail.ru

**Vataman Inna Valerievna** – candidate of economic sciences, associate professor of the department «Finance and credit» of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: vinnav@mail.ru

**Vornichescu Galina Ivanovna** – candidate of physic-mathematical sciences, associate professor, head of the department of mathematical analysis and applications, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: vornicescu@gmail.com

**Voskanyan Marina Yurievna** – graduate student of economic faculty of Aktobe regional state University of K. Zhubanov.

E-mail: m.y.voskanyan@gmail.com

**Vudvud Ekaterina Ruslanovna** – student of the Bender Polytechnic branch of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: katiavudvud@mail.ru

**Yasenkova Antonina Vladimirovna** – graduate student of economic faculty of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: rabotapgu@rambler.ru

**Yurchenko Evgeniy Vladimirovich** – candidate of technical Sciences, associate professor of the department of machine science and technological equipment of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: nauka\_iti@mail.ru

**Yurov Leonard Leonidovich** – senior researcher of the laboratory «Electrochemical production» of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: leotir@bk.ru

**Yurova Tatiana Fedorovna** – associate professor of the department «Finance and credit», Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: yrova@rambler.ru

**Zaitsev Dmitriy Alexandrovich** – candidate of technical science, associate professor of the department of electrical power engineering and electrical engineering of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: zaiats.acad@mail.ru

**Zelenin Nikolai Valerievich** – senior lecturer of the department of accounting and

auditing, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: nikzelenin@mail.ru

**Zharikova Ksenia Anatolievna** – graduate student of economic faculty of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: zharicova97@mail.ru

**Zhigareva Elena Leonidovna** – senior lecturer of the department of accounting and audit of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: mollitia-tir2010@mail.ru

**Zhukova Elena Sergeevna** – candidate of economic sciences, associate professor of the department of «Finance and credit», Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: jes555md@mail.ru

**Zhurzhi Inna Ivanovna** – senior lecturer of the department of algebra, geometry and methods of teaching mathematics of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: inessy@bk.ru

**Zingan Anna Petrovna** – candidate of physic-mathematical sciences, associate professor of the department of mathematical analysis and applications, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: zingan.anna@mail.ru

**Zvonkii Vitalii Georgievich** – candidate of technical sciences, associate professor, head of the department of automated technologies and industrial complexes, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: mr.zvonkiy@mail.ru

**Zvyagintseva Irina Viktorovna** – graduate student of economic faculty of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: blond0073@mail.ru

**Zyablyuk Konstantin Nikolaevich** – candidate of physic-mathematical sciences, head of scientific-production laboratory of LLC «Industrial-technological center «Ural-AlmazInvest».

E-mail: senokosov37@mail.ru

# СОДЕРЖАНИЕ

## ФИЗИКА. МАТЕМАТИКА

<i>С.И. Берил, А.С. Старчук.</i> БИПОЛЯРОННЫЕ СОСТОЯНИЯ В МОНОСЛОЕ (δ-СЛОЕ), РАЗДЕЛЯЮЩЕМ ПОЛУБЕСКОНЕЧНЫЕ ПОЛЯРНЫЕ КРИСТАЛЛЫ . . . .	3
<i>В.С. Фещенко, К.Н. Зяблук, Э.А. Сенокосов, В.И. Чукита.</i> ВЫСОКОЧАСТОТНОЕ ПЛАЗМЕННОЕ ОСАЖДЕНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК AlN НА РАЗЛИЧНЫХ ПОДЛОЖКАХ . . . . .	15
<i>В.И. Чукита, Э.А. Сенокосов, В.С. Фещенко.</i> ЦИФРОВОЙ ДВУХКООРДИНАТНЫЙ ПОЗИЦИОННО-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ФОТОПРИЕМНИК НА ОСНОВЕ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЕВ CdSe/СЛЮДА . . . .	19
<i>К.Д. Ляхомская, П.В. Беспаленко, В.О. Капуци.</i> НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-РАЗНОСТНЫХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ ОПИСАНИЯ МОДЕЛЬНЫХ ПОЛУБЕСКОНЕЧНЫХ СИСТЕМ СВЕТОВОДОВ . . . . .	25
<i>К.Д. Ляхомская, О.А. Обручков.</i> РАСПРОСТРАНЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ В НЕЛИНЕЙНОМ ДВУХКАНАЛЬНОМ PT-СИММЕТРИЧНОМ СВЕТОВОДЕ . . . . .	31
<i>О.Ф. Васильева, А.П. Зинган, В.В. Васильев.</i> ДИНАМИКА ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОСЦИЛЛЯЦИЙ ПОЛЯРИТОНОВ В МИКРОРЕЗОНАТОРЕ В УСЛОВИЯХ ТОЧНОГО РЕЗОНАНСА И РАВЕНСТВА НУЛЮ НАЧАЛЬНОЙ РАЗНОСТИ ФАЗ . . . .	37
<i>Р.А. Хамидуллин, Е.И. Брусенская, Л.В. Дудник.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ МАССИВОВ СЛАБОСВЯЗАННЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК . . . . .	45
<i>В.И. Арнаутов, Г.Н. Ермакова.</i> НЕДИСКРЕТНАЯ ТОПОЛОГИЗАЦИЯ НЕКОТОРЫХ СЧЕТНЫХ ГРУПП . . . . .	49
<i>П.В. Герасименко.</i> МОДИФИКАЦИИ <i>h</i> -ИНДЕКСА ХИРША . . . . .	52
<i>В.А. Щербаков, Н.Н. Малютина.</i> ОБОБЩЕНИЯ АЛГОРИТМА МАРКОВСКОГО . . . .	55

<i>И.А. Флоря, Н.Н. Дидурик.</i> ОБ ОДНОМ КЛАССЕ $i$ -КВАЗИГРУПП .....	64
<i>И.А. Флоря, Н.Н. Дидурик.</i> НЕКОТОРЫЕ ИЗОТОПЫ $F$ -КВАЗИГРУПП С ОДНОСТОРОННИМ СВОЙСТВОМ ОБРАТИМОСТИ .....	71
<i>Г.Н. Ермакова, Е.С. Гудаль.</i> ТОПОЛОГИИ НА КОЛЬЦЕ МАТРИЦ И ГРУППЕ ОБРАТИМЫХ МАТРИЦ НАД ПОЛЕМ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ЧИСЕЛ .....	75
<i>С.А. Алещенко, И.Н. Шведюк.</i> АНАЛИТИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ В КОЛЬЦАХ КОМПАКТНЫХ ОПЕРАТОРОВ .....	81
<i>С.А. Алещенко, Р.Л. Косиева.</i> ИТЕРАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИБЛИЖЕННОГО РЕШЕНИЯ ОПЕРАТОРНЫХ УРАВНЕНИЙ .....	88
<i>Г.И. Ворническу.</i> СИМВОЛ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ АЛГЕБР, ПОРОЖДЕННЫХ СИНГУЛЯРНЫМИ ИНТЕГРАЛЬНЫМИ ОПЕРАТОРАМИ .....	94

### ИНЖЕНЕРИЯ. ИНФОРМАТИКА

<i>Ф.М. Ерхан, В.К. Римский, М.С. Тыришу.</i> ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕДАЧИ МОЩНОСТИ ПО МНОГОПРОВОДНЫМ ЛИНИЯМ .....	101
<i>Д.А. Зайцев, М.В. Киорсак, В.Н. Радченко, Т.А. Федорова.</i> АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТЯХ ПРИДНЕСТРОВСКОЙ МОЛДАВСКОЙ РЕСПУБЛИКИ .....	115
<i>С.Г. Федорченко, Г.С. Федорченко, Ю.В. Балашова.</i> ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГИОНА ..	121
<i>Г.С. Федорченко.</i> ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА НА ПРИМЕРЕ ПРИДНЕСТРОВЬЯ .....	128
<i>С.В. Помян, В.С. Попукайло, М.В. Нижегородова.</i> КЛАССИФИКАЦИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ УНИВЕРСАЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ..	135
<i>А.В. Кирсанова, А.Н. Богатый.</i> РАЗРАБОТКА ЯДРА ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ .....	143
<i>В.Г. Звонкий, Е.А. Царюк, Д.Н. Мельниченко.</i> ОЦЕНКА ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ОТРАСЛЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕГИОНА .....	148
<i>Е.В. Бомешко, Н.И. Корнейчук.</i> ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ ДВОЙНЫХ И ТРОЙНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА И ХРОМА: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ .....	153

---

<i>Ф.Ю. Бурменко, Л.Л. Юров, Ю.Ф. Бурменко, С.Л. Чирвина.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВОГО СЫРЬЯ МОЛДАВСКОЙ ГРЭС .....	165
<i>Г.В. Клинк, Ф.Ю. Бурменко, А.В. Димогло, Е.В. Юрченко, А.А. Гончарук.</i> ПОИСКОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПЛУГА ПСКУ-5 С УПРОЧНЕННЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ .....	169
<i>В.С. Михайлов, А.В. Димогло, С.Ф. Чернобрисов.</i> АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА СЕЯЛКИ, ВЛИЯЮЩИХ НА КАЧЕСТВО ПОСЕВА СЕМЯН ЛУКА .....	172
<i>А.Н. Котомчин, Ю.Г. Ляхов.</i> АНАЛИЗ ОТКАЗОВ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ, ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО АВТОТРАНСПОРТА НА ПРИМЕРЕ МУП «КОММУНАЛДОРСЕРВИС» г. БЕНДЕРЫ .....	174
<i>С.П. Маручек, А.С. Белявская.</i> ПРИБОР ДЛЯ ЭЛЕКТРОПУНКТУРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА, ПРОВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ БИМЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ И ЗАЩИТЫ БИООБЪЕКТОВ СИСТЕМОЙ АКУПУНКТУРЫ .....	178
<i>Т.Ю. Баева, Е.Р. Вудвуд.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ЗНАНИЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ .....	184

## **ЭКОНОМИКА. УПРАВЛЕНИЕ**

<i>И.В. Ватаман, К.А. Грубник.</i> РАЗЛИЧНЫЕ ТРАКТОВАНИЯ ТЕРМИНА «ОБОРОТНЫЙ КАПИТАЛ» В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ НАУКЕ .....	189
<i>Л.В. Дорофеева.</i> ПРОБЛЕМЫ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА И ЭКОНОМИЧЕСКОГО НЕРАВЕНСТВА .....	193
<i>А.И. Есир, Е.В. Сидоренко.</i> АНТИКРИЗИСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ .....	200
<i>Е.Л. Жигарева, Н.В. Пасичник.</i> БУХГАЛТЕРСКИЙ УЧЕТ ЭКСПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ ПО ДОГОВОРУ КОМИССИИ С УЧАСТИЕМ ИНОСТРАННОГО ПОСРЕДНИКА .....	204
<i>Е.С. Жукова, М.О. Куча.</i> СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ КАК КЛЮЧЕВОЙ ЭЛЕМЕНТ В УПРАВЛЕНИИ ФИНАНСОВОЙ СИСТЕМОЙ ОРГАНИЗАЦИИ .....	210

---

<i>Н.В. Зеленин.</i> УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СУЖДЕНИЯ БУХГАЛТЕРА В ПРИДНЕСТРОВСКОЙ МОЛДАВСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ .....	215
<i>Ю.В. Каприян, В.В. Барыкина, Д.В. Левицкий.</i> ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ФИНАНСОВУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ .....	221
<i>О.А. Кискул.</i> СОЦИАЛЬНАЯ ПОЛИТИКА ПМР В УСЛОВИЯХ СТАГНАЦИИ ЭКОНОМИКИ. ....	225
<i>Е.С. Костина, О.А. Кискул.</i> САНАЦИЯ КОММЕРЧЕСКОГО БАНКА КАК СРЕДСТВО ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЕГО БАНКРОТСТВА. ....	230
<i>Н.Г. Леонова, Н.В. Семенова, И.И. Журжи.</i> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РЯДА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ДИНАМИКУ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ РАБОТНИКОВ НАРОДНОГО ОБРАЗОВАНИЯ .....	234
<i>Р.Я. Мангасарян, И.О. Ишханян, И.С. Арзуманян, А.Ю. Атаян.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ КАК ВАЖНЫЙ ФАКТОР, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС. ....	239
<i>Р.Я. Мангасарян, И.О. Ишханян, Я.К. Исаханян, М.Ю. Восканян.</i> АНАЛИЗ ОТРАСЛЕВОЙ СТРУКТУРЫ ИНВЕСТИЦИЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ УЛУЧШЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ АРЦАХ. ....	244
<i>Н.В. Пасичник, Е.Л. Жигарева.</i> ОСОБЕННОСТИ СПЕЦИАЛЬНЫХ НАЛОГОВЫХ РЕЖИМОВ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ ПРИДНЕСТРОВЬЯ И РОССИИ. ....	252
<i>Л.М. Сафронова, Г.В. Матрёницкий.</i> МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ КОНКУРЕНЦИИ НА РЫНКЕ БАНКОВСКИХ УСЛУГ .....	258
<i>Л.М. Сафронова, В.И. Шонц.</i> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВАМИ И ПАССИВАМИ КОММЕРЧЕСКОГО БАНКА .....	262
<i>Ю.М. Сафронов, А.А. Овсянникова.</i> НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ ЗАО «ПРИДНЕСТРОВСКИЙ СБЕРЕГАТЕЛЬНЫЙ БАНК». ....	269
<i>Ю.М. Сафронов, А.Е. Петухов.</i> ЦЕНТРАЛЬНЫЙ БАНК В СИСТЕМЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭКОНОМИКИ .....	273
<i>Е.С. Жукова, А.В. Полищук.</i> ОЦЕНКА ДЕНЕЖНО-КРЕДИТНОЙ ПОЛИТИКИ ПРИДНЕСТРОВСКОГО РЕСПУБЛИКАНСКОГО БАНКА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ .....	276



---

<i>Л.Г. Сенокосова, В.В. Лабунский.</i> НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СТАНОВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ В СООТВЕТСТВИИ СО СТРАТЕГИЕЙ РАЗВИТИЯ ПМР .....	281
<i>Т.П. Стасюк, К.А. Жарикова.</i> КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ В СИСТЕМЕ УЧЕТА ДЕБИТОРСКОЙ ЗАДОЛЖЕННОСТИ КОММЕРЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ И УПРАВЛЕНИЯ ЕЮ .....	287
<i>И.В. Толмачева, А.И. Есир, А.А. Татарой.</i> ЗАРУБЕЖНЫЕ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ БАНКРОТСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ .....	293
<i>И.В. Толмачева, А.В. Ясенкова.</i> СОДЕРЖАНИЕ И ВИДЫ ФИНАНСОВОЙ ПОЛИТИКИ СОВРЕМЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ .....	299
<i>Е.И. Человская, И.В. Звягинцева.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ БАНКОВСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В ПРИДНЕСТРОВСКОЙ МОЛДАВСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ.....	303
<i>Е.И. Человская, Ю.Ю. Соколовская.</i> РАЗВИТИЕ БАНКОВСКОГО СЕКТОРА ПРИДНЕСТРОВСКОЙ МОЛДАВСКОЙ РЕСПУБЛИКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ .....	309
<i>Т.Ф. Юрова, Е.А. Кот.</i> МОНЕТАРНАЯ ПОЛИТИКА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОНОМИКУ СТРАНЫ.....	315
<i>Т.Ф. Юрова, Н.В. Лунгу.</i> УПРАВЛЕНИЕ КАПИТАЛОМ КОММЕРЧЕСКОГО БАНКА И ЕГО ОПТИМИЗАЦИЯ .....	321

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ**

ОФИЦИАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОБЪЕКТАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ, зарегистрированных в Министерстве юстиции Приднестровской Молдавской Республики .....	326
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ .....	375

Научно-методический журнал

ВЕСТНИК ПРИДНЕСТРОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
Серия: **Физико-математические и технические науки**

Редактор *Ю.Н. Ткаченко*  
Компьютерная верстка *А.Н. Федоренко*

ИЛ № 06150. Сер. АЮ от 21.02.02.  
Подписано в печать 30.12.2019. Формат 70×100/16.  
Уч.-изд. л. 24,5. Усл. печ. л. 31,6. Заказ № 897.

Изд-во Приднестр. ун-та. 3300, г. Тирасполь, ул. Мира, 18.  
*Электронное издание*