

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(57), 2017
Выходит три раза в год

Тирасполь
*Издательство
Приднестровского
Университета*

2017

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ:

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

П.И. ХАДЖИ, д-р физ.-мат. наук, проф.
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.

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., зав. каф. бухгалтерского учета и аудита Российской академии предпринимательства
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
Ю.М. РЯБУХИН, д-р физ.-мат. наук, акад. Академии наук Республики Молдова, проф. каф. алгебры, геометрии и МПМ 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, 2017

Сер.: Физико-математические и технические науки: № 3(57), 2017. – 272 с.
ISSN 1857-1174

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

ТЕРМОЭЛЕКТРОННАЯ И ХОЛОДНАЯ ЭМИССИЯ В СИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ

*С.И. Берил, С.А. Баренгольц,
Ю.А. Баренгольц, А.С. Старчук*

Выведена обобщенная формула для тока электронной эмиссии как функции температуры, поля и работы выхода электрона в системе «металл–диэлектрик» с учетом квантового характера сил изображения. Для свободных электронов использовано распределение Ферми–Дирака и квантовый потенциал изображения, полученный методами электронной поляронной теории. В пределе классического потенциала сил изображения получены хорошо известные формулы Ричардсона–Шоттки – для термоэлектронной эмиссии и Фаулера–Нордгейма – для холодной эмиссии.

Показано, что при высоких температурах и электрических полях $E \geq 10$ МВ/см поляронный вклад растет с увеличением поля и снижается с повышением температуры. Уменьшение эмиссионного тока связано с увеличением эффективной работы выхода электрона, обусловленным поляронным эффектом.

Ключевые слова: термоэлектронная эмиссия, автоэлектронная эмиссия, электронный полярон, квантовый потенциал изображения.

THERMOIONIC AND COLD EMISSION IN STRONG ELECTRIC FIELDS

*S.I. Beril, S.A. Barengol'ts,
Yu.A. Barengol'ts, A.S. Starchuk*

In the article generic formula for electron emission current is derived as a function of temperature, the field and the work of an electron exit in the system "metal-dielectric" taking into account the quantum nature of the force image. For free electrons Fermi–Dirac distribution is used and quantum image potential, obtained by the methods of electronic Polaron theory. In the limit of the classical potential of image forces the well-known formula Richardson–Schottky – for thermoelectronic and Fowler–Nordheim – for cold issue are received.

It is shown, that at high temperatures and electric fields $E \geq 10$ MV/cm polaronic contribution increases with increase of field and decreases with increase of temperature. Reducing of the emission current is connected with the increase of effective work of an electron exit, due to the polaronic effect.

Keywords: thermoionic emission, field electron emission, electronic polaron, quantum potential of image.

1. Основные уравнения

Плотность эмиссионного тока через барьер на контакте металл–вакуум (рис. 1) можно выразить формулой

$$j(E, T) = e \int_{-\infty}^{\infty} N(W, T) D(W, E) dW. \quad (1)$$

Здесь $j(E, T)$ – плотность эмиссионного тока; E – напряженность приложенного электрического поля; T – абсолютная температура; e – заряд электрона; $N(W, T)$ – функция распределения свободных электронов по энергиям в металле; $D(W, E)$ – прозрачность потенциального барьера на контакте катода с внешней средой.

В модели Зоммерфельда число электронов, падающих на единицу площади за одну секунду, равно

$$N(W, T) = \frac{4\pi m k_0 T}{h^3} \ln \left\{ 1 + \exp \left(- \frac{W - W_F}{k_0 T} \right) \right\}, \quad (2)$$

где m – эффективная масса электрона; k_0 , h – постоянные Планка и Больцмана; W_F – энергия Ферми металла. Энергия отсчитывается от нуля для свободного электрона вне металла (рис. 2), поэтому работа выхода Φ электрона равна энергии Ферми W_F . W – часть энергии для движения электрона в направлении, перпендикулярном поверхности вне металла.

Коэффициент прозрачности можно найти с помощью модифицированного ме-

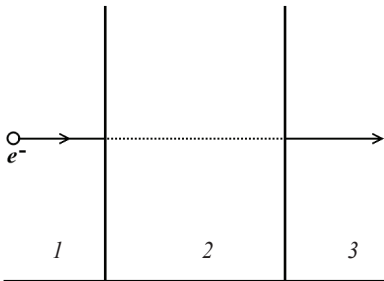


Рис. 1. Контакт катод (1) – неметаллическая пленка (2) толщиной d – вакуум (3)

тода ВКБ [1], где при интегрировании используется функция

$$W(x) = \frac{p^2(x)}{2m} + W_i(x). \quad (3a)$$

Здесь $p(x)$ – импульс электрона по нормали к поверхности; $W_i(x)$ – эффективная потенциальная энергия электрона (см. рис. 1, 2), имеющая вид

$$W_i(x) = \begin{cases} W_e(x) - eEx, & x \geq 0, \\ -W_a, & x < 0, \end{cases} \quad (3b)$$

где $W_e(x)$ – квантовая потенциальная энергия взаимодействия электрона с наведенной им быстрой поляризацией на контакте металл–диэлектрик (в пределе переходит в классический потенциал изображения при $x \gg R_p$, где $R_p = (\hbar / (2m \omega_p))^2$ – радиус электронного полярона).

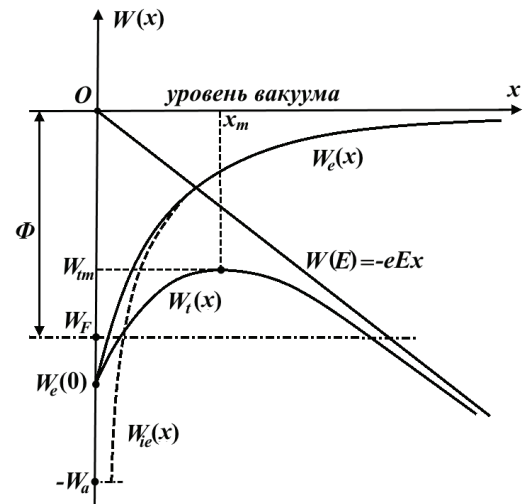


Рис. 2. Потенциальная энергия $W(x)$ электрона вблизи поверхности металла в области $x \geq 0$.

Здесь $W_{ie}(x)$ – классический электронный потенциал изображения; $W_e(x)$ – квантовый потенциал взаимодействия электрона с наведенной им быстрой поляризацией; $W(E) = -eEx$ – потенциальная энергия взаимодействия электрона с полем; W_a – эффективная потенциальная энергия электрона внутри металла (постоянная величина); $\Phi = W_F$ – работа выхода (равная энергии Ферми); W_m – максимальное значение $W_i(x)$;

$$W_e(0) = W_i(x=0)$$

В работе [1] и последующих теориях в качестве потенциала $W_e(x)$ использован классический потенциал сил изображения, который имеет сингулярность при $x=0$, т. е. является некорректным как на самой границе контакта, так и вблизи нее ($x \sim R_{pe}$).

В [2–6] на основе поляронной теории потенциала и сил изображения получено выражение для квантового потенциала изображения $W_e(x)$, описывающего взаимодействие электрона с наведенной им быстрой поляризацией (плазмоны валентных электронов) на контакте металл–диэлектрик и справедливого во всей области значений $x \geq 0$:

$$W_e(x) = -e^2 \int_0^\infty d\eta e^{-2\eta x} \left[1 - \frac{\eta^2}{2(\eta^2 + k_s^2 + k_F^2)} \right] \times \\ \times \sum_{j=1,2} \frac{\varphi_j(\varepsilon_j(\eta))}{\Omega_j^2(\eta) [1 + R_{S_j}^2 \eta^2]} - e^2 \int_0^\infty k_\perp dk_\perp \times \\ \times \int_0^\infty dk_x [1 + e^{-2k_x x} - 2e^{-k_x x} \cos(k_x x)] \times \\ \times \frac{(\varepsilon - 1) \left[1 - \frac{k^2}{2(k^2 + k_s^2 + k_F^2)} \right]}{\varepsilon_1 k^2 (1 + R_V^2 k^2)}, \quad (4)$$

где

$$\varphi_1(\varepsilon_1(\eta)) = \frac{1}{(\varepsilon_1(\eta) + 1)^2} \times \\ \times \left[\omega_{pV} \left(\frac{(\varepsilon_1(\eta) - 1)}{\varepsilon_2(\eta)} \right)^{1/2} - \omega_p F_{12}(\Omega_1(\eta)) \right]^2 \times \\ \times [1 + F_{12}^2(\Omega_1(\eta))]^{-1} \cdot [1 + R_{S_1}^2(\eta) \eta^2]^{-1}; \quad (5)$$

$$\varphi_2(\varepsilon_2(\eta)) = \frac{1}{(\varepsilon_2(\eta) + 1)^2} \times$$

$$\times \left[-\omega_{pV}(\eta) \left(\frac{(\varepsilon_2(\eta) - 1)}{\varepsilon_2(\eta)} \right)^{1/2} F_{21}(\Omega_2(\eta)) + \omega_p \right]^2 \times \\ \times [1 + F_{21}^2(\Omega_2(\eta))]^{-1} \cdot [1 + R_{S_2}^2(\eta) \eta^2]^{-1}. \quad (6)$$

Здесь $\varepsilon_j(\eta)$ – диэлектрическая функция квантового диэлектрика, для которой в [4] получено выражение

$$\varepsilon_j(\eta) = 1 + \frac{\varepsilon - 1}{\left[1 + \frac{\eta^2}{\lambda^2} (\varepsilon - 1) \right] \left[1 + \frac{3\eta^2}{4\eta_F^2} \right]}, \quad (7)$$

где

$$\lambda^{-1} = \frac{2(\varepsilon - 1)}{\pi \sqrt{\varepsilon - 1}} \times \\ \times R_{pS} \left\{ \sqrt{\varepsilon} + (\varepsilon - 1) \arctg \sqrt{\varepsilon} - \frac{\pi}{2} (\varepsilon - 1) \right\}; \quad (8)$$

$R_{pS_{1,2}} = \left(\hbar / (2m\Omega_{pS_{1,2}}) \right)^{1/2}$ – радиус поверхностного электронного полярона;

$$k_S = 2\pi^{-1} k_F; \quad k_F = \eta_F = (3\pi^2 N)^{1/3}.$$

Явные выражения для величин $F_{21}(\Omega_2(\eta)); F_{21}(\Omega_2(\eta))$, входящих в формулы (5) и (6), приведены в монографии [6, с.155, 156].

Формулы (4)–(8) для квантового потенциала $W_e(x)$ являются громоздкими и не очень удобными для расчетов. В работах [4], [7], [8] показано, что потенциальная энергия $W_e(x)$ может быть аппроксимирована с высокой точностью выражением

$$\tilde{W}_e(x) \approx -\frac{e^2}{(4x + x_0)\varepsilon}. \quad (9)$$

Здесь x_0 – параметр из теории поляронов, для которого получено выражение

$$x_0 = \frac{e^2}{\varepsilon W_e(0)}, \quad (10)$$

где

$$W_e(0) = -e^2 \int_0^\infty d\eta \left[1 - \frac{\eta^2}{2(\eta^2 + k_s^2 + k_F^2)} \right] \times \left\{ \frac{\varphi_1(\varepsilon_1(\eta))}{\Omega_1^2(\eta)[1 + R_{s_1}^2 \eta^2]} + \frac{\varphi_2(\varepsilon_2(\eta))}{\Omega_2^2(\eta)[1 + R_{s_2}^2 \eta^2]} \right\}. \quad (11)$$

Представляет интерес оценка величины x_0 в сравнении с характерными масштабами теории. Для случая контакта кристалл–вакуум без учета пространственной дисперсии интеграл (11) вычисляется точно, и для x_0 получаем:

$$x_0 = \frac{2e^2 \left(1 - \frac{R_S^2}{R_F^2} \right)}{\pi \alpha_{pS} \hbar \Omega_{pS} \left(1 + \frac{R_S}{R_F} + 2 \frac{R_S^2}{R_F^2} \right)}, \quad (12)$$

где R_S , α_{pS} – радиус поверхностного электронного полярона и константа электрон-плазмонного взаимодействия соответственно; $R_S = k_S^{-1}$; $R_F = k_F^{-1}$.

Учитывая, что

$$\alpha_{pS} = \frac{e^2}{\hbar} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon + 1} \right) \left(\frac{m}{2\hbar\Omega_{pS}} \right)^{1/2};$$

$$R_S = \left(\frac{m}{2\hbar\Omega_{pS}} \right)^{1/2}, \quad (13)$$

получаем

$$x_0 = \frac{4 \left(1 - \frac{R_S^2}{R_F^2} \right)}{\left(1 + \frac{R_S}{R_F} + 2 \frac{R_S^2}{R_F^2} \right)} R_S, \quad (14)$$

т. е. $x_0 \sim R_S$ и по порядку величины совпадает с радиусом электронного поляро-

на. Для типичных значений параметров $m = (0,1-1)m_0$:

$$R_p \sim (1-10) \cdot 10^{-8} \text{ см}, \quad (15)$$

т. е. составляет от одной до нескольких постоянных решетки.

Отметим, что некоторые авторы [7], [8], [9] вводили параметр x_0 как «обрезающий фактор» в классическом потенциале изображения для устранения в нем «нефизической расходимости» на поверхности кристалла ($x = 0$).

Для прозрачности барьера $D(E, W)$ на контакте можно записать:

$$D(E, W) = \left[1 + \exp \left(-\frac{4\pi i}{\hbar} \right) \int_{x_1}^{x_2} p(x) dx \right]^{-1}, \quad (16)$$

где

$$p(x) = \sqrt{2m(W - W_i(x))} \quad (17)$$

– зависящий от координаты импульс электрона; $W_i(x)$ – эффективная потенциальная энергия эмитированного электрона, которая с учетом выражений (3) и (9) может быть представлена в виде

$$W_i(x) = -\frac{e^2}{16\pi\varepsilon_0\varepsilon(x + x_0/4)} - eEx. \quad (18)$$

Тогда

$$p(x) = \sqrt{2m \left(W + \frac{e^2}{16\pi\varepsilon_0\varepsilon \left\{ x + \frac{x_0}{4} \right\}} \right) + eEx}. \quad (19)$$

(В выражениях (18)–(19) использована система единиц СИ.)

Пределы интегрирования в (16) находятся из условия $p(x) = 0$. Тогда в соответствии с (19)

$$W + \frac{e^2}{16\pi\varepsilon_0\varepsilon(x + x_0/4)} + eEx = 0. \quad (20)$$

Чтобы привести интеграл в (16), учитывая (20), к виду, рассмотренному в [1], выполним замену:

$$z = x + x_0/4. \quad (21)$$

Тогда из (20) следует:

$$W \left(1 - \frac{eEx_0}{4W} \right) + \frac{e^2}{16\pi\epsilon_0\epsilon z} + eEz = 0. \quad (22)$$

Согласно [7] введем обозначение:

$$\gamma = 1 - \frac{eEx_0}{4W}. \quad (23)$$

Для нахождения пределов интегрирования из (20) получаем квадратное уравнение

$$z_{1,2} = -\frac{\gamma W}{2eE} \pm \sqrt{\frac{\gamma^2 W^2}{4e^2 E^2} - \frac{e}{16\pi\epsilon_0\epsilon E}}. \quad (24)$$

Вводим новую переменную

$$y_a = \frac{e}{2|\gamma W|} \sqrt{\frac{eE}{\pi\epsilon_0\epsilon}}. \quad (25)$$

Считая, что энергия W принимает только отрицательные значения, можно записать:

$$z_{1,2} = -\frac{\gamma W}{2eE} \left(1 \pm \sqrt{1 - y_a^2} \right). \quad (26)$$

С учетом введенных обозначений интеграл в (16) приобретает вид

$$I = -\frac{2\sqrt{2m}}{\hbar} i \int_{z_2}^{z_1} \left(\gamma W + \frac{e^2}{16\pi\epsilon_0\epsilon z} + eEz \right)^{\frac{1}{2}} dz. \quad (27)$$

Полученный интеграл аналогичен рассмотренному в [8]. Интегрирование в (27) приводит к появлению табулируемой функции $v_a(y_a)$:

$$v_a(y_a) = \sqrt{\frac{1 + \sqrt{1 - y_a^2}}{2}} \times \quad (28)$$

$$\times \left(E \left[\sqrt{\frac{2\sqrt{1 - y_a^2}}{1 + \sqrt{1 - y_a^2}}} \right] - (1 - \sqrt{1 - y_a^2}) K \left[\sqrt{\frac{2\sqrt{1 - y_a^2}}{1 + \sqrt{1 - y_a^2}}} \right] \right),$$

где

$$K[k] = \int_0^{\pi/2} \frac{d\theta}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \theta}}; \quad (29)$$

$$E[k] = \int_0^{\pi/2} \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \theta} d\theta - \quad (30)$$

эллиптические интегралы Эйлера 1-го и 2-го рода соответственно.

Отметим, что функция (28) отличается от функции Нордгейма [1] наличием в аргументе y_a полярного вклада.

Следуя [9], для случая $y_a \leq 1$ (что соответствует режиму автоэлектронной эмиссии) из (28) можно получить:

$$v_a(y_a) = \sqrt{1 + y_a} \times \quad (31)$$

$$\times \left(E \left[\sqrt{\frac{1 - y_a}{1 + y_a}} \right] - y_a K \left[\sqrt{\frac{1 - y_a}{1 + y_a}} \right] \right).$$

Аргумент y_a может быть определен через аргумент y функции Нордгейма:

$$y_a = \frac{y}{\gamma\sqrt{\epsilon}}. \quad (32)$$

Тогда из (31) для $v_a(y)$ (при условии $\epsilon \approx 1$, которое выполняется для нанометрового диапазона толщины адсорбированной пленки) справедливо выражение

$$v_a(y) = \sqrt{\frac{\gamma + \sqrt{\gamma^2 - y^2}}{2\gamma}} \left(E \left[\sqrt{\frac{2\sqrt{\gamma^2 - y^2}}{\gamma + \sqrt{\gamma^2 - y^2}}} \right] - \right. \quad (33)$$

$$\left. - \left(\frac{\gamma - \sqrt{\gamma^2 - y^2}}{\gamma} \right) K \left[\sqrt{\frac{2\sqrt{\gamma^2 - y^2}}{\gamma + \sqrt{\gamma^2 - y^2}}} \right] \right).$$

На рис. 3 представлены табулированные функции $v_a(y_a)$ и $v(y)$ в зависимости от параметра y для различных значений множителя γ .

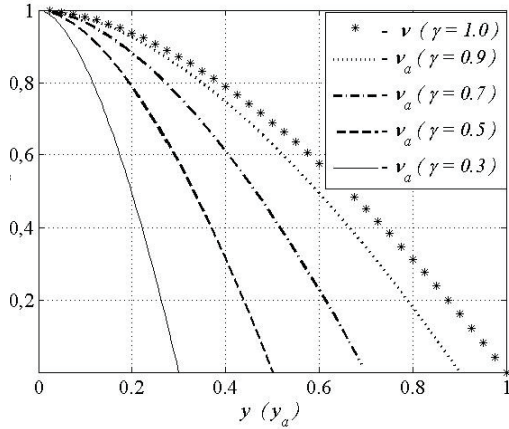


Рис. 3. Графики функций $v_\alpha(y_a)$ и $v(y)$ в зависимости от параметра y для различных значений множителя γ

Полный ток через контакт определяется выражением, аналогичным общей формуле (20) работы [1]:

$$j(E, T) = \frac{k_0 T}{2\pi^2} \times \int_{-W_a}^{W_m} \frac{\ln \left(1 + \exp \left[-\frac{W - W_F}{k_0 T} \right] \right)}{1 + \exp \left[\frac{4}{3} \sqrt{2} E^{-\frac{1}{2}} y^{-\frac{3}{2}} v(y) \right]} dW + \frac{k_0 T}{2\pi^2} \int_{W_m}^{\infty} \ln \left(1 + \exp \left[-\frac{W - W_F}{k_0 T} \right] \right) dW. \quad (34)$$

(Согласно [1] формула (34) записана в единицах Хартри, т. е. j выражено в единицах $m^3 e^9 \hbar^{-1} = 2,37 \cdot 10^9$ А/см²; E – в единицах $m^2 e^5 \hbar^{-4} = 5,15 \cdot 10^9$ В/см; $k_0 T$, W_m , W_a , W , W_F – в единицах $me^4 \hbar^2 = 27,2$ эВ.

2. Термоэлектронная эмиссия

При высоких температурах эмиссионный ток обусловлен электронами, пре-

одолевающими потенциальный барьер с энергией выше W_m . В этом случае первым интегралом в (34) можно пренебречь. Тогда из (34) следует:

$$j_{RS} = \frac{4\pi e m k T}{h^3} \times \int_{W_m}^{\infty} \ln \left[1 + \exp \left(-\frac{W - W_F}{k T} \right) \right] dW. \quad (35)$$

Очевидно, что энергия эмитированных электронов в рассматриваемых условиях много больше энергии Ферми. Следовательно, подынтегральную функцию можно представить в виде

$$\ln \left[1 + \exp \left(-\frac{W - W_F}{k T} \right) \right] \approx \exp \left(-\frac{W - W_F}{k T} \right). \quad (36)$$

При этом из (35) с учетом (36) следует:

$$j_{RS} = 4\pi e m (k_0 T)^2 \exp \left(-\frac{W - W_F}{k_0 T} \right). \quad (37)$$

Определим энергию W_m . Потенциальная энергия электрона вне металлического катода определяется выражением

$$W = W_F + \Phi - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon(4x + x_0)} - eEx. \quad (38)$$

Здесь Φ – работа выхода материала катода.

Энергия W достигает максимума в точке

$$x_m = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{e}{\pi\epsilon_0\epsilon E_a} - \frac{x_0}{4}}. \quad (39)$$

Подставляя выражение (39) в (38), для W_m получаем:

$$W_m = W_F + \Phi - \sqrt{\frac{e^3 E_a}{4\pi\epsilon_0\epsilon} + \frac{e E_a x_0}{4}}. \quad (40)$$

Из формул (37) и (40) следует окончательное выражение для плотности тока полярной термоэлектронной эмиссии,

представляющее собой обобщенную формулу Ричардсона–Шоттки (с учетом значения $E_a = E/\epsilon$):

$$j_{RS} = \frac{4\pi emk^2}{h^3} T^2 \times \exp \left[\frac{1}{kT} \left(-\Phi - \frac{eEx_0}{4\epsilon} + \frac{1}{2\epsilon} \sqrt{\frac{e^3 E}{\pi\epsilon_0}} \right) \right]. \quad (41)$$

Как показано в [1], формула Ричардсона–Шоттки (а значит, и формула (41)) справедлива вплоть до полей напряженностью порядка 50 МВ/см.

Оценим влияние учета поляронного эффекта (т. е. учета квантового характера сил изображения) на величину эмиссионного тока Ричардсона–Шоттки.

Без учета квантового характера сил изображения ($x_0 = 0$) плотность тока определяется вытекающим из (41) выражением

$$j_{RS0} = \frac{4\pi emk_0^2}{h^3} T^2 \times \exp \left[\frac{1}{kT} \left(-\Phi + \frac{1}{2\epsilon} \sqrt{\frac{e^3 E}{\pi\epsilon_0}} \right) \right]. \quad (42)$$

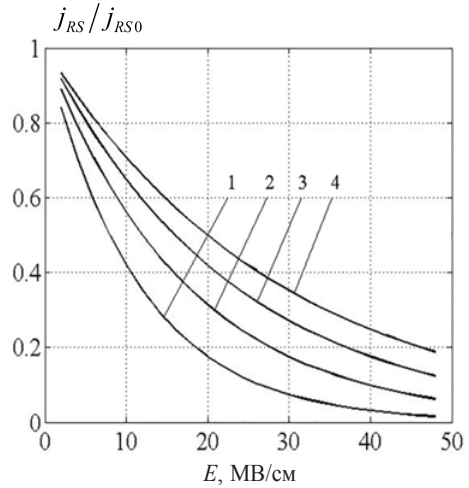
Тогда отношение j_{RS}/j_{RS0} отражает влияние учета поляронного характера туннелирования на величину эмиссионного тока:

$$\frac{j_{RS}}{j_{RS0}} = \exp \left(-\frac{eEx_0}{4\epsilon kT} \right). \quad (43)$$

Результаты расчетов для некоторых усредненных значений $\epsilon = 3$, $x_0 = 0,3$ нм, $\Phi = 4,5$ эВ приведены на рис. 4.

Графики свидетельствуют о большом влиянии поляронного эффекта на эмиссионные характеристики катодов в сильных электрических полях. Причем в области значений напряженности полей $E \geq 10$ МВ/см это влияние увеличивается с ростом поля (достигая примерно двух порядков при напряженности электриче-

а



б

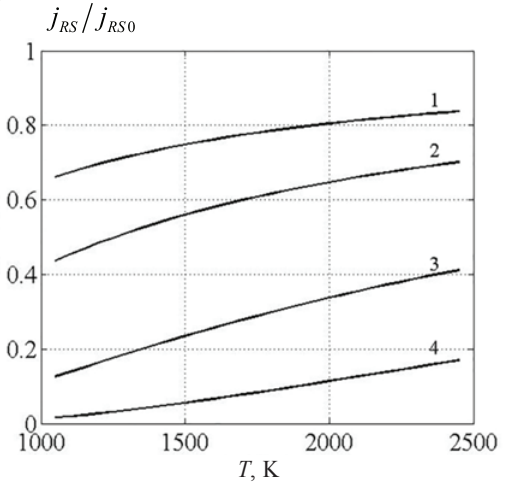


Рис. 4. Влияние квантовых сил изображения на величину плотности эмиссионного тока: а – полевая зависимость для различных значений температуры: 1 – 1000 К; 2 – 1500 К; 3 – 2000 К; 4 – 2500 К; б – температурная зависимость для различных значений напряженности электрического поля: 1 – 5 МВ/см; 2 – 10 МВ/см; 3 – 25 МВ/см; 4 – 50 МВ/см

ского поля 50 МВ/см) и снижается с повышением температуры.

Уменьшение эмиссионного тока с ростом напряженности электрического поля связано с увеличением эффективной работы выхода Φ . Как следует из (41) и (42),

в расчетах необходимо использовать значение

$$\bar{\Phi} = \Phi + \frac{eEx_0}{4\varepsilon}. \quad (44)$$

Аналогичный результат получен при исследовании поляронной автоэлектронной эмиссии [7] в высоких электрических полях.

Таким образом, показано, что учет электронного полярного эффекта приводит к увеличению работы выхода во всем интервале полей и температур. В области напряжения поля $E > 5$ МВ/см это приводит к снижению плотности эмиссионного тока более чем на порядок.

3. Автоэлектронная эмиссия

Интегрирование (34) с учетом (27) и (31) приводит к уравнению, аналогичному уравнению Мерфи–Гуда [1]:

$$j(E, T) = \frac{e^3 E^2}{8\pi h \varepsilon^2 \Phi t_a^2(y_a)} \cdot \frac{\pi c_a k T}{\sin(\pi c_a k T)} \times \exp\left[-\frac{8\pi \varepsilon \Phi^{3/2} \sqrt{2m}}{3ehE} v_a(y_a)\right]. \quad (45)$$

В (45) появляются новые табулируемые функции, содержащие поляронные вклады, которые можно выразить через аргумент y функции Нордгейма:

$$t_a(y) = \sqrt{\frac{\gamma\sqrt{\varepsilon}}{\gamma\sqrt{\varepsilon} + y}} \times \left\{ \frac{\gamma\sqrt{\varepsilon} + y}{\gamma\sqrt{\varepsilon}} E \left[\sqrt{\frac{\gamma\sqrt{\varepsilon} - y}{\gamma\sqrt{\varepsilon} + y}} \right] - \frac{y}{\gamma\sqrt{\varepsilon}} K \left[\sqrt{\frac{\gamma\sqrt{\varepsilon} - y}{\gamma\sqrt{\varepsilon} + y}} \right] \right\}; \quad (46)$$

$$c_a = \frac{4\pi \varepsilon \sqrt{2m\Phi}}{ehE} t_a(y). \quad (47)$$

В отличие от (13) коэффициент γ в (46) вычисляется по формуле

$$\gamma = 1 - \frac{eEx_0}{4\Phi}. \quad (48)$$

Функция $t_a(y)$ не оказывает существенного влияния на величину плотности тока, рассчитываемой по формуле (45). График функции $t_a(y)$ с учетом области ее определения для режима автоэлектронной эмиссии ($y \leq 1$) приведен на рис. 5.

Усиление поляризационных свойств материала диэлектрической среды контакта ведет к росту зависимости плотности тока от температуры.

Температурная зависимость тока автоэлектронной эмиссии определяется вторым предэкспоненциальным множителем уравнения (45):

$$\alpha(T, E) = \frac{\pi c_a k T}{\sin(\pi c_a k T)}. \quad (49)$$

Следует отметить, что формулы (45) и (48) имеют ограничения по значениям входящих в эти соотношения физических параметров – температуры, работы выхода и напряженности электрического поля.

Полевая зависимость температурного коэффициента $\alpha(T, E)$ приведена на рис. 6.

Обращает на себя внимание сильная зависимость $\alpha(T, E)$ от E в достаточно узком диапазоне значений напряженности электрического поля. С ростом E значение $\alpha(T, E)$ быстро стремится к единице, но сам характер изменения тока поляронной автоэлектронной эмиссии по сравнению с эмиссией из чистых металлических катодов [1] практически не меняется.

Таким образом, формулу (45) можно считать обобщенным выражением плотности тока автоэлектронной и термоавтоэлектронной эмиссии на контакте металл-диэлектрик, покрытом адсорбированной неметаллической нанопленкой, учитывающей вклад полярного эффекта и его возрастающую с увеличением напряженности электрического поля и температуры роль. Она отличается от классической формулы для плотности эмиссионного тока, приведенной в [1], наличием в аргументе табулируемой функции $v_a(y_a)$ «поляронного вклада».

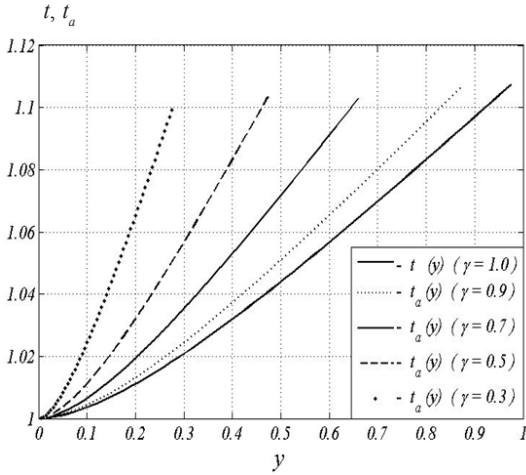


Рис. 5. Табулируемые функции $t(y)$ и $t_a(y)$ для различных значений коэффициента γ

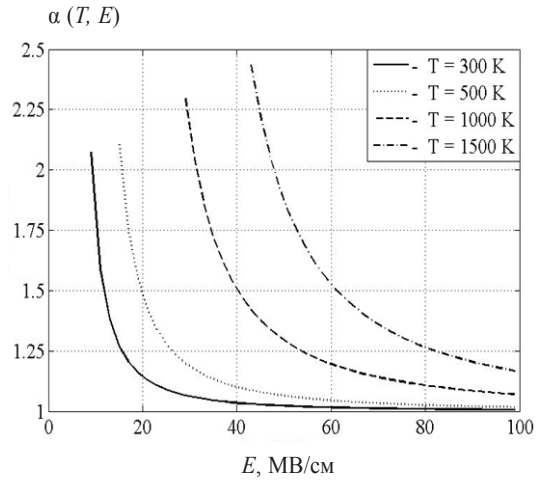


Рис. 6. Полевая зависимость температурного коэффициента $\alpha(T, E)$ плотности тока автоэлектронной эмиссии

Применение поляронной теории к рассмотрению физических процессов на контакте металл–диэлектрик, или в адсорбированной диэлектрической нанопленке, позволяет устранить сингулярность потенциальной энергии туннелирующего электрона на эмитирующей границе (при $x = 0$), что объясняется проникновением электрического поля в металл на глубину порядка радиуса электронного полярона.

Из выражения для плотности тока (45) следует, что для полей $E < 10^6$ В/см роль поляронных эффектов незначительна и формулы Фаулера–Нордгейма и Ричардсона–Шоттки дают хорошее согласие с экспериментом. При полях $E < 10^6$ В/см, когда ширина потенциального барьера соизмерима с радиусом электронного полярона, квантовый вклад в плотность эмиссионного тока становится существенным.

Данный вклад определяется параметром x_0 , который связан с радиусом туннелирующего полярона. При этом с ростом напряженности электрического поля влияние усиливается. Такое поведение функции $v_a(y_a)$ можно считать ано-

мальным, поскольку в формуле автоэлектронной эмиссии табулируемая функция $v_a(y_a)$ располагается в числителе отрицательного показателя экспоненты. Этот эффект частично ослабляется при учете реального значения диэлектрической проницаемости материала адсорбированной нанопленки.

Как показано в [7], параметр x_0 фигурирует и в формуле для плотности тока термоэлектронной эмиссии из катодов, покрытых адсорбированной неметаллической нанопленкой. Приведенные в [6] графики свидетельствуют о большом влиянии поляронного эффекта на эмиссионные характеристики термокатодов в условиях высоковольтного газового разряда. Причем в области полей $E \geq 10$ В/см это влияние усиливается с ростом напряженности электрического поля (достигая почти двух порядков при $E \sim 10^6$ В/см) и снижается с повышением температуры. Там же было отмечено, что уменьшение эмиссионного тока с ростом напряженности электрического поля связано с увеличением эффективной работы выхода $\bar{\Phi}$.

Цитированная литература

1. **Murphy E.I., Good A.H.** Thermionic emission, field emission, and transition region // *Phys. Rev.* – 1956. – Vol. 162. – P. 1464–1473.
2. **Покатилов Е.П., Берил С.И., Фомин В.М.** Потенциал и сила изображения в модели теории поляронов // *Поверхность (Физика, химия, механика)*. – 1988. – Т. 5. – С. 5–12.
3. **Pokatilov E.P., Beril S.I., Fomin V.M.** Image potential and image forces in polaron theory // *Phys. Stat. Sol. (b)*. – 1988. – Vol. 147. – P. 163–172.
4. **Beril S.I., Pokatilov E.P., Goryachkovskii E.P. et al.** Polaron theory of the image potential considering the spatial dispersion // *Phys. Stat. Sol. (b)*. – 1993. – Vol. 176. – P. 347–353.
5. **Берил С.И., Покатилов Е.П.** Поверхностные состояния в квантовом диэлектрике // *ФТП*. – 1978. – Т. 12. – С. 2030–2033.
6. **Покатилов Е.П., Берил С.И., Фомин В.М.** Колебательные возбуждения, поляроны и экситоны в многослойных системах и сверхрешетках. – Кишинев: ШТИИЦ, 1990. – С. 288.
7. **Barengolts Y.A., Beril S.I.** The Effect of Molecules Adsorbed to the Cathode Surface on the Characteristics of a High-Voltage Gas Discharge // *IEEE Transaction on Plasma Science*. – 2014. – Vol. 42. – P. 3109–3112.
8. **Barengolts Y.A., Beril S.I.** Polaron theory of the emission current in a cathode-adsorbed nanofilm system at the initial stage of a high-voltage gas discharge // *Book IFMBE Proceedings: 3rd Int. Conf. on Nanotechnologies and Biomedical Engineering*. – January 2016. – Vol. 55. – P. 230–233.
9. **Modinos A.** Field, Thermionic, and Secondary Electron Emission Spectroscopy. – N.Y.: Plenum Press, 1984. – P. 320.

УДК 535.215.1

КОРРЕЛЯЦИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОСНОВНЫХ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА С ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЕВ *n*-CdSe/СЛЮДА

Э.А. Сенокосов, В.И. Чукита, И.В. Чукита

*Определены при 300 К основные электрофизические параметры эпитаксиальных слоев *n*-CdSe, выращенных в квазизамкнутом объеме на кристаллах (0001) слюды (мусковита) в условиях, близких к термически равновесным.*

Ключевые слова: *электрофизические параметры, темновое удельное сопротивление, кратность фотоответа, холловская подвижность, концентрация основных носителей заряда, равновесные носители заряда.*

CORRELATION OF ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF MAIN CHARGE CARRIERS WITH TECHNOLOGICAL CONDITIONS OF PRODUCTION OF EPITAXIAL LAYERS *n*-CdSe/MICA

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

*The main electrophysical parameters of epitaxial layers of *n*-CdSe are identified in 300 K, growing in a quasi-closed volume on crystals (0001) of mica (muscovite) at conditions closed to thermally equilibrium.*

Keywords: *electrophysical parameters, dark resistivity, multiplication of the photoresponse, Hall mobility, concentration of the main charge carriers, equilibrium charge carriers.*

Экспериментальные результаты

Электрофизические и оптические свойства кристаллов полупроводникового соединения CdSe [1, 2] определяют перспективу их применения в новых оптоэлектронных приборах и устройствах. В частности, на основе фоточувствительных эпитаксиальных слоев CdSe, выращенных в квазизамкнутом объеме на кристаллических подложках слюды (мусковита) [3–5], исследуются возможные модели позиционно-чувствительных фотоприемников. В данной работе изучается особенность связи параметров электронного переноса в слоях n-CdSe/слюда с тепловыми условиями их получения в квазизамкнутом объеме (КО).

На боковой поверхности образца, изготовленного в форме круглого диска диаметром 16 мм, в вершины квадрата *ABCD* наносились точечные индиевые контакты, позволяющие измерять его удельное сопротивление ρ (рис. 1). Расположение контактов по вершинам квадрата обеспечивало снижение случайных ошибок в два раза. Это достигалось за счет измерения тока, пропускаемого последовательно через каждую пару соседних контактов, изменения полярности приложенного напряжения и последующего вычисления среднего значения удельного сопротивления по результатам четырех измерений. В этом случае ток $I_{AD} = 1 \cdot 10^{-9}$ А от источника питания *E* пропускался через контакты *A* и *D*, образующие одну из сторон квадрата *ABCD*.

Напряжение U_{BC} , возникающее между контактами *B* и *C*, регистрировалось вольтметром с высоким входным сопротивлением. По результатам измерений вычислялось сопротивление $R_{AD,BC} = U_{BC} / I_{AD}$. Затем через контакты *D* и *C* пропускался ток и по разности потенциалов между контактами *A* и *B* определялось сопротивление $R_{DC,AB} = U_{AB} / I_{DC}$. Эти измерения позволяли

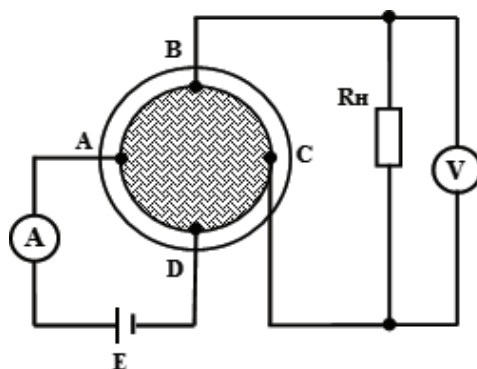


Рис. 1. Схема расположения и присоединения точечных контактов при измерении удельного сопротивления пленочных образцов CdSe/слюда методом Ван дер Пау

рассчитать удельное сопротивление образцов CdSe/слюда по формуле [6]

$$\rho = \frac{\pi \cdot D}{\ln 2} \cdot \frac{R_{AD,BC} + R_{DC,AB}}{2} \cdot f\left(\frac{R_{AD,BC}}{R_{DC,AB}}\right), \quad (1)$$

где *D* – толщина образца; $f\left(\frac{R_{AD,BC}}{R_{DC,AB}}\right)$ – поправочная функция, учитывающая отличие сопротивлений $R_{AD,BC}$ и $R_{DC,AB}$.

При значениях аргумента, близких к единице, функция *f* аппроксимировалась выражением

$$f\left(\frac{R_{AD,BC}}{R_{DC,AB}}\right) \approx 1 - \frac{\ln 2}{2} \left(\frac{R_{AD,BC} - R_{DC,AB}}{R_{AD,BC} + R_{DC,AB}}\right)^2, \quad (2)$$

которое позволяло учитывать расположение контактов на поверхности образца.

Так как исследуемые образцы CdSe/слюда были однородны по толщине, имели геометрически правильную форму и одинаковое расстояние между контактами, то $R_{AD,BC} \approx R_{DC,AB}$.

Концентрация, подвижность и знак равновесных носителей заряда (НЗ) в слоях CdSe/слюда определялись на основании измерений эффекта Холла с использованием четырехзондового метода Ван дер Пау [6]. Холловское напряжение образцов из-

мерялось при температуре 300 К и фиксированной индукции магнитного поля $B = 0,96$ Тл (рис. 2). В этом случае к контактам A и C подключался источник постоянного напряжения E и пропускался ток $I_{AC} = 1 \cdot 10^{-9}$ А. К контактам B и D подключался эталонный резистор нагрузки, с которого снималось поперечное холловское напряжение U_{BD} .

Образцы с нанесенными в вершинах квадрата контактами располагались в магнитном поле \vec{B} , силовые линии которого были перпендикулярны направлению тока \vec{I} в образце. Величина напряжения U_{BD} измерялась при наличии магнитного поля заданной величины.

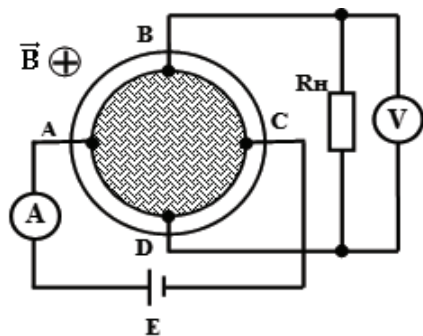


Рис. 2. Схема расположения и присоединения точечных контактов при измерении холловского напряжения пленочных образцов CdSe/слюда методом Ван дер Пау

Коэффициент Холла определялся в соответствии с выражением

$$R_X = \frac{\Delta R_{AC,BD} \cdot D}{B} = \frac{\Delta U_{BD} \cdot D}{B \cdot I_{AC}}, \quad (3)$$

где $\Delta R_{AC,BD}$ и ΔU_{BD} — изменения сопротивления и напряжения, вызванные магнитным полем B .

По значениям ρ (1) и R_X (3) определялись холловская подвижность μ_e и концентрация n_e электронов — основных равновесных НЗ в слоях CdSe/слюда:

$$\mu_e = R_X / \rho, \quad (4)$$

$$n_e = A_X / (e \cdot R_X), \quad (5)$$

где $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл — заряд электрона; A_X — холл-фактор, зависящий от механизма рассеяния носителей заряда и степени их вырождения, который согласно [7] принимался равным $A_X = 1$.

Ростовые и электрофизические параметры исследованных слоев CdSe/слюда приведены в таблице. Темновое удельное сопротивление полученных слоев CdSe/слюда при 300 К изменялось в диапазоне $2,0 \cdot 10^6 - 4,0 \cdot 10^9$ Ом · см. Кратность их фотоответа при комнатной температу-

Условия получения и электрофизические параметры эпитаксиальных слоев CdSe/слюда

№ образца	$t_n, ^\circ\text{C}$	$t_n, ^\circ\text{C}$	V , мкм/мин	D , мкм	L , мкм	ρ_T (300 К), Ом·см	n_e (300 К), см ⁻³	μ_e (300 К), см ² /В·с	$K \cdot 10^{-3}$ (300 К и 200 лк)
1	650	430	6,0	60	15	$2,0 \cdot 10^6$	$5,8 \cdot 10^{13}$	210	1,0
2	650	450	5,0	50	20	$8,3 \cdot 10^6$	$3,5 \cdot 10^{13}$	256	2,0
3	650	480	4,0	40	30	$6,3 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^{12}$	342	2,3
4	650	500	3,5	35	120	$4,0 \cdot 10^8$	$1,7 \cdot 10^{12}$	420	3,0
5	680	500	3,0	30	150	$1,4 \cdot 10^9$	$20,2 \cdot 10^{11}$	510	4,0
6	680	550	2,5	25	250	$2,5 \cdot 10^9$	$12,2 \cdot 10^{11}$	620	7,0
7	680	580	2,0	20	400	$3,1 \cdot 10^9$	$9,2 \cdot 10^{11}$	660	14,0
8	680	600	1,5	15	600	$4,0 \cdot 10^9$	$2,9 \cdot 10^{11}$	720	62,0

Примечание. t_n — температура испарения исходного материала; t_n — температура подложки; V — скорость роста слоев; D — толщина слоев; L — линейный размер кристаллитов; ρ_T — удельное темновое сопротивление слоев; n_e и μ_e — концентрация и холловская подвижность равновесных носителей заряда соответственно; K — кратность фотоответа.

ре и освещенности 200 лк изменялась в пределах ($10^3 - 6,2 \cdot 10^4$). Наиболее фото-чувствительными слои получались при $t_n = 600$ °C и $t_n = 680$ °C (образец 8). Их концентрация n_e и холловская подвижность μ_e основных носителей заряда при 300 К находились в пределах $2,9 \cdot 10^{11} - 5,8 \cdot 10^{13}$ см⁻³ и 210–720 см²/В·с.

При низких температурах подложки $t_n = 430$ °C ($t_n = 650$ °C) наблюдаются низкие значения ρ . По-видимому, в таких технологических условиях эпитаксиальные слои CdSe растут в неравновесных условиях со значительным избытком кадмия. Уменьшение удельного сопротивления пленок можно также связать с увеличением толщины образцов. Очевидно, это происходит за счет повышения концентрации носителей заряда. Подвижность основных носителей заряда при этом составила ~ 210 см²/В·с. Такие низкие значения подвижности, вероятно, связаны с образованием скоплений собственных точечных дефектов и несовершенствами кристаллической структуры, вызванными снижением температуры подложки при напылении пленок CdSe/слюда. В результате возникают дополнительные рассеивающие центры. Основным механизмом уменьшения удельного сопротивления является увеличение собственной концентрации носителей заряда.

С увеличением температуры t_n от 450 до 500 °C ($t_n = 650$ °C) удельное сопротивление пленок CdSe повышается до $4,0 \cdot 10^8$ Ом·см, собственная концентрация носителей заряда уменьшается на два порядка. Подвижность основных носителей заряда увеличивается в 4 раза. Очевидно, эпитаксиальные пленки CdSe растут в условиях, близких к равновесным.

Приближение технологии выращивания слоев CdSe к высокотемпературному режиму эпитаксии $t_n = 550-600$ °C ($t_n = 680$ °C) резко увеличивает удельное сопротивление пленок CdSe/слюда и под-

вижность основных носителей заряда, которые достигают значений $2,0 \cdot 10^{10}$ Ом·см и 720 см²/В·с соответственно. Концентрация носителей заряда при этом составляет $1,9 \cdot 10^{11}$ см⁻³. Такие высокие значения удельного сопротивления и подвижности носителей заряда свидетельствуют о высокой чистоте и структурном совершенстве эпитаксиальных пленок CdSe/слюда. Линейные размеры монокристаллических зерен достигали 600 мкм. Высокая чистота и структурное совершенство эпитаксиальных пленок CdSe/слюда, очевидно, связаны с эффектом их самоочистки от неконтролируемой остаточной примеси в процессе напыления в КО. При первых напылениях из шихты исходного материала испаряются наиболее легколетучие компоненты примесей. Чистые и структурно совершенные эпитаксиальные слои CdSe/слюда получают в процессе нескольких последовательных напылений из одной загрузки.

Заключение

Отметим основные результаты экспериментальных исследований электрофизических свойств равновесных носителей заряда, зависящих от технологических условий получения эпитаксиальных слоев CdSe/слюда:

1. Удельное темновое сопротивление эпитаксиальных слоев CdSe/слюда толщиной $d \geq 15$ мкм при 300 К изменялось в диапазоне $2,0 \cdot 10^6 - 4,0 \cdot 10^9$ Ом·см.

2. На основе холловских исследований слоев CdSe/слюда изучена связь подвижности μ_e и концентрации n_e свободных электронов с технологической температурой.

3. Холловская подвижность электронов в слоях CdSe/слюда, выращенных в режиме эпитаксии $t_n = 600$ °C ($t_n = 680$ °C), достигает при 300 К значения 720 см²/В·с.

4. Основным механизмом уменьшения удельного сопротивления слоев CdSe/слюда служит рост концентрации их основных носителей заряда.

5. Связь основных электрофизических параметров слоев CdSe/слюда с тепловым режимом их эпитаксии объясняется особенностями формирования в слоях локальных центров на основе собственных точечных дефектов, а также степенью совершенства их кристаллической структуры.

Цитированная литература

1. Бубнов Ю.З., Лурье М.С., Старос Ф.Г. и др. Вакуумное нанесение пленок в квазизамкнутом объеме. – М.: Сов. радио, 1975. – 160 с.

2. Гавриленко В.И., Грехов А.М., Корбутяк Д.В. и др. Оптические свойства полупроводников: справочник. – Киев: Наукова думка, 1987. – 607 с.

3. Марченко А.Н., Свечников С.В., Смовж А.К. Полупроводниковые сенсорные потенциометрические элементы. – М.: Радио и связь, 1988. – 192 с.

4. Сенокосов Э.А., Чукита В.И., Хамидуллин Р.А. и др. Исследование характеристик позиционной чувствительности эпитаксиальных слоев *n*-CdSe, выращенных в квазизамкнутом объеме на кристаллах слюды // Неорганические материалы. – 2016. – Т. 52, № 8. – С. 822–825.

5. Сенокосов Э.А., Чукита В.И., Хамидуллин Р.А. и др. Экспериментальное и теоретическое исследования характеристик позиционно-чувствительных фотоприемников на основе эпитаксиальных слоев *n*-CdSe/слюда // Физика и техника полупроводников. – 2017. – Т. 51, вып. 5. – С. 689–694.

6. Кучис Е.В. Гальвано-магнитные эффекты и методы их исследования. – М.: Радио и связь, 1990. – 264 с.

7. Стилбанс Л.С. Физика полупроводников. – М.: Сов. радио, 1967. – 452 с.

УДК 53.044

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА ФОТОАССОЦИИИ ТРЕХАТОМНЫХ БОЗЕ-КОНДЕНСИРОВАННЫХ УЛЬТРАХОЛОДНЫХ МОЛЕКУЛ С ОБРАЗОВАНИЕМ АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНЫХ ПАР ПОД ДЕЙСТВИЕМ ДВУХ ИМПУЛЬСОВ РЕЗОНАНСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А.П. Зинган, О.Ф. Васильева, П.И. Хаджи

Получена система нелинейных дифференциальных уравнений, описывающая динамику атомно-молекулярной конверсии под действием двух рамановских импульсов резонансного лазерного излучения. Рассмотрено аналитическое решение для исследования эволюции атомов. Доказана возможность различных режимов временной эволюции системы в зависимости от значения начальных условий, а именно периодического и аperiodического.

Ключевые слова: атомно-молекулярная конверсия, бозе-эйнштейновский конденсат, ультрахолодные молекулы, тримеры.

**INVESTIGATION OF DYNAMICS OF THE PHOTO ASSOCIATION
PROCESS OF THREE-ATOMIC BOSE-CONDENSED
ULTRA-COLD MOLECULES WITH FORMATION
OF ATOMIC MOLECULAR COUPLES UNDER THE ACTION
OF TWO IMPULSES OF RESONANT LASER RADIATION**

A.P. Zingan, O.F. Vasilieva, P.I. Khadzhi

The article deal with the system of nonlinear differential equations, described the dynamics of atomic-molecular conversion under the action of two Raman pulses of resonant laser radiation. It is considered an analytical solution for studying of the atom evolution.

The authors convinced the possibility of the different regimes of the time evolution of the system depending on the value of the initial conditions: periodic and aperiodic regimes.

Keywords: *atomic-molecular conversion, Bose-Einstein condensate, ultracold molecules, trimers.*

Экспериментальная реализация атомной бозе-эйнштейновской конденсации при сверхнизких температурах привела к быстрому прогрессу в исследовании свойств ультрахолодных молекул. Это способствовало рождению новой области научных исследований – когерентной материально-волновой суперхимии, которая может обеспечить квантовый контроль материально-волновых реакций при сверхнизких температурах.

В последние два десятка лет эксперименты были связаны с возникновением и изучением свойств холодных двухатомных гомо- и гетероядерных молекул [1, 2]. Поэтому на начальном этапе исследований можно изучить когерентную атомно-молекулярную (атомно-димерную) конверсию $A+A \rightarrow A_2$ и $A+B \rightarrow AB$, где A и B – атомы и A_2 и AB – молекулы (димеры). Наиболее поразительным свойством атомно-молекулярной динамики является беспрецедентная роль нелинейных коллективных эффектов, в частности эффектов бозе-стимуляции. Вероятность отдельного бозона испытать переход усиливается на несколько порядков идентичными частицами как в начальном, так и в конечном состоянии.

Роль бозе-стимуляции в образовании и распаде молекулярного конденсата исследовалась в ряде работ [1, 3, 4]. Было

показано, что атомно-молекулярный бозе-конденсат испытывает когерентные осцилляции большой амплитуды между атомами и молекулами, причем частота данных осцилляций существенно зависит от плотности атомов и молекул. При этом имели место не только двухатомные молекулы, но и трех- и четырехатомные, такие как ${}^6\text{Li}_3$, ${}^{40}\text{K}_3$, ${}^{87}\text{Rb}$, ${}^{40}\text{K}$, ${}^6\text{Li}$ [5] и др. Наблюдалось резонансное связывание димеров Cs_2 в молекулярные тетрамеры Cs_4 [6] и образование тримеров Cs_3 [7]. В [6] доказана возможность протекания когерентной атомно-молекулярной конверсии с образованием как гомоядерных A_4 , так и гетероядерных тетрамеров A_4B и A_2B_2 , а также мультимолекулярных реакций типа $2AB \rightarrow A_2 + B_2$, $2A_2 \rightarrow A_3 + A$, $3A \rightarrow A_2 + A$.

В [8] показано, что изотопно-обменные реакции вида ${}^n A^m A + {}^n A^m A \rightarrow {}^n A_2 + {}^m A_2$ между основными состояниями щелочно-галогенидных гетероядерных димеров, состоящих из двух изотопов одного и того же атома, являются экзотермическими с изменением энергии в области 1–8000 МГц. Поэтому гетероядерные димеры при ультранизких температурах химически нестабильны. Например, две гетеромолекулы ${}^6\text{Li}^7\text{Li}$ распадаются на два димера ${}^6\text{Li}_2$ и ${}^7\text{Li}_2$ с выделением энергии, равной 8104 МГц.

В [1, 7] показано, что методы фешбах-резонанса и фотоассоциации, которые успешно применялись для получения двухатомных молекул, могут быть использованы для образования молекулярных тримеров. Основная идея состоит в том, чтобы создать возбужденные димеры с помощью фешбах-резонанса, а затем посредством фотоассоциации связать димеры и атомы в тримеры. Исследование этого процесса привело к выводу, что комбинированные эффекты бозе-стимуляции и конкуренции каналов распада для конечного числа молекул приводят к усилению селективности реакции между обоими каналами.

Относительно слабая контролируемость одночастичного процесса трансформируется в практически полную контролируемость бозе-стимулированного N -частичного процесса. В [7] получены решения системы нелинейных уравнений в приближении заданной плотности трехатомных молекул N без учета роли начальных плотностей двухатомных молекул и атомов. Показано, что эволюция системы является аperiодической и состоит в распаде трехатомных молекул по двум каналам. Однако при учете начального макрозаполнения атомов и молекул могут возникнуть и периодические режимы эволюции системы. Вместе с тем импульсное возбуждение системы с длительностями импульсов, намного меньшими времен релаксации атомов и молекул, является наиболее интересным, так как оно допускает возможность гибкого управления процессами распада. Поэтому дальнейшее исследование реакции, предложенной в [7], по-прежнему представляется актуальным.

В данной статье приводятся результаты теоретического исследования динамики процесса фотодиссоциации (или фотоассоциации) трехатомных бозе-конденсированных ультрахолодных ABC -молекул с образованием $AB + C$ либо $A + BC$ атомно-молекулярных пар под

действием двух рамановских импульсов резонансного лазерного излучения. Здесь символы A и C относятся к атомам, AB и BC – к двухатомным молекулам (димерам), а ABC – гетеромолекула (тример), состоящая из атомов A , B и C . Предполагается, что состояние атомов и молекул является макрозаполненным. После адиабатического исключения промежуточных состояний возбужденной трехатомной молекулы многочастичный гамильтониан взаимодействия в представлении вторичного квантования и в приближении вращающейся волны можно записать в виде

$$H_{int} = \hbar \hat{\Phi}(\mathbf{r}) \left[\Omega_1 \hat{\Psi}_{AB}^+(\mathbf{r}) \hat{\Psi}_C^+(\mathbf{r}) + \Omega_2 \hat{\Psi}_A^+(\mathbf{r}) \hat{\Psi}_{BC}^+(\mathbf{r}) \right] + \text{к.с.}, \quad (1)$$

где $\hat{\Phi}$, $\hat{\Psi}_{AB}$, $\hat{\Psi}_C$, $\hat{\Psi}_A$, $\hat{\Psi}_{BC}$ – бозонные операторы уничтожения ABC -молекул, A - и C -атомов, а также двухатомных AB - и BC -молекул соответственно; к. с. – комплексно-сопряженные слагаемые.

Первое слагаемое в (1) описывает стимулированный двумя рамановскими импульсами распад трехатомной молекулы с образованием атомно-молекулярной пары $C + AB$, а второе – соответственно $A + BC$. Комплексно-сопряженные слагаемые в (1) описывают связывание атомно-молекулярных пар в тример ABC . Константы связи Ω_1 и Ω_2 определяются амплитудами полей обоих импульсов и атомно-молекулярного взаимодействия по первому и второму каналу реакции.

С помощью (1) легко получить систему гайзенберговских уравнений для операторов $\hat{\Phi}$, $\hat{\Psi}_{AB}$, $\hat{\Psi}_{BC}$, $\hat{\Psi}_A$, $\hat{\Psi}_C$. Усредняя эту систему и используя приближение среднего поля (mean field approximation [9]), можно получить систему нелинейных дифференциальных уравнений для амплитуд (параметров порядка) материальных полей Φ , Ψ_{AB} , Ψ_{BC} , Ψ_A , Ψ_C , которые в условиях точного резонанса принимают вид:

$$i\dot{\Psi}_{AB} = \Omega_1 \Phi \Psi_C^*, \quad i\dot{\Psi}_C = \Omega_1 \Phi \Psi_{AB}^*, \quad N + N_A + N_C = N_0 + N_{A0} + N_{C0}, \quad (5)$$

$$i\dot{\Psi}_{BC} = \Omega_2 \Phi \Psi_A^*, \quad i\dot{\Psi}_A = \Omega_2 \Phi \Psi_{BC}^*, \quad (2)$$

$$i\dot{\Phi} = \Omega_1 \Psi_{AB} \Psi_C + \Omega_2 \Psi_{BC} \Psi_A,$$

где точка над символами означает производную по времени.

Решения этих уравнений будем искать в виде:

$$\Phi = \sqrt{N} e^{i\varphi}, \quad \Psi_{AB} = \sqrt{N_{AB}} e^{i\varphi_{AB}}, \quad \Psi_C = \sqrt{N_C} e^{i\varphi_C}, \\ \Psi_{BC} = \sqrt{N_{BC}} e^{i\varphi_{BC}}, \quad \Psi_A = \sqrt{N_A} e^{i\varphi_A}, \quad (3)$$

где N_j и φ_j – действительные функции, представляющие собой числа частиц и их фазы соответственно.

Подставляя (3) в (2), приходим к следующей системе нелинейных эволюционных уравнений:

$$\dot{N}_{AB} = \dot{N}_C = 2\Omega_1 \sqrt{NN_C N_{AB}} \sin \theta_1;$$

$$\dot{N}_{BC} = \dot{N}_A = 2\Omega_2 \sqrt{NN_A N_{BC}} \sin \theta_2;$$

$$\dot{N} = -2\Omega_1 \sqrt{NN_C N_{AB}} \sin \theta_1 -$$

$$-2\Omega_2 \sqrt{NN_A N_{BC}} \sin \theta_2;$$

$$\dot{\theta}_1 = \Omega_1 \left(\sqrt{NN_{AB} / N_C} + \sqrt{NN_C / N_{AB}} - \right. \quad (4)$$

$$\left. -\sqrt{N_C N_{AB} / N} \right) \cos \theta_1 - \Omega_2 \sqrt{N_A N_{BC} / N} \cos \theta_2;$$

$$\dot{\theta}_2 = \Omega_2 \left(\sqrt{NN_{BC} / N_A} + \sqrt{NN_A / N_{BC}} - \right.$$

$$\left. -\sqrt{N_A N_{BC} / N} \right) \cos \theta_2 - \Omega_1 \sqrt{N_{AB} N_C / N} \cos \theta_1,$$

где $\theta_1 = \varphi - \varphi_C - \varphi_{AB}$; $\theta_2 = \varphi - \varphi_A - \varphi_{BC}$.

Уравнения (4) приводят к трем независимым интегралам движения:

$$N_{AB} - N_C = N_{AB0} - N_{C0},$$

$$N_{BC} - N_A = N_{BC0} - N_{A0},$$

где N_{AB0} , N_{C0} , N_{BC0} , N_{A0} , N_0 – начальные плотности частиц.

Соотношения (5) представляют собой законы сохранения частиц в системе. Легко видеть также, что решения для разностей фаз

$$\theta_1 = \pm \pi / 2, \quad \theta_2 = \pm \pi / 2 \quad (6)$$

удовлетворяют системе уравнений (4). Решения с $\theta_1 = \theta_2 = +\pi / 2$ ($\theta_1 = \theta_2 = -\pi / 2$) соответствуют реакции фотодиссоциации (фотоассоциации) трехатомных молекул. Их можно назвать синфазными решениями, так как они соответствуют синфазной динамике частиц по обоим каналам реакции. Решения же с $\theta_1 = +\pi / 2$ и $\theta_2 = -\pi / 2$ или $\theta_1 = -\pi / 2$ и $\theta_2 = +\pi / 2$ можно назвать антифазными. В этом случае, как видно из (4), динамика частиц по одному из каналов находится в противофазе с динамикой частиц по другому каналу. Из уравнений для \dot{N}_A и \dot{N}_C в (4) можно получить еще один интеграл движения, связывающий числа частиц в обоих каналах реакции, который имеет вид:

$$N_A = \left(\sqrt{N_{A0}} \operatorname{ch} x + \sqrt{N_{BC0}} \operatorname{sh} x \right)^2 - \quad (7a)$$

для синфазного случая и

$$N_A = \left(\sqrt{N_{A0}} \operatorname{ch} x - \sqrt{N_{BC0}} \operatorname{sh} x \right)^2 - \quad (7b)$$

для антифазного случая, где

$$x = \frac{\Omega_2}{\Omega_1} \ln \left(\frac{\sqrt{N_{AB0} - N_{C0} + N_C} + \sqrt{N_C}}{\sqrt{N_{AB0} + N_{C0}}} \right). \quad (8)$$

Для значений параметров $N_{AB0} = N_{C0}$, $N_{BC0} = N_{A0}$ и $\alpha = 1$ выражения (7a)–(7b) сводятся к простым соотношениям:

$$N_A = \frac{N_{A0}}{N_{C0}} N_C - \quad (9a)$$

для синфазного случая и

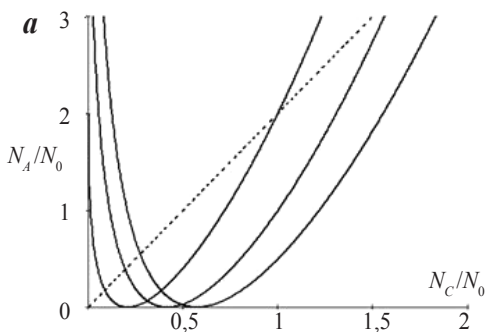
$$N_A = \frac{N_{A0}}{N_C} N_{C0} - \quad (9б)$$

для антифазного случая.

В первом случае количество атомов N_A в одном канале пропорционально количеству атомов N_C в другом канале в любой момент времени. Плотности атомов в обоих каналах либо растут, либо убывают одновременно, тогда как в антифазном случае плотности атомов изменяются обратно пропорционально друг другу. Связи (7а) и (7б) либо (9а) и (9б) определяют две радикально отличающиеся динамики системы частиц. На рис. 1 представлены графики зависимости между N_A и N_C при различных соотношениях между параметрами системы.

Используя полученные интегралы движения, систему уравнений (4) можно привести к одному дифференциальному уравнению, например для N_C , которое имеет вид

$$\frac{dN_C}{dt} = \pm 2\Omega_1 (N_C (N_{AB0} - N_{C0} + N_C) \times (N_0 + N_{A0} + N_{C0} - N_C - N_A))^{1/2}, \quad (10)$$



где N_A выражается через N_C с помощью формул (7)–(8).

Полученное уравнение является существенно нелинейным. Его аналитическое решение можно представить в квадратурах.

Далее, удобства ради, введем нормированные на N_{C0} плотности:

$$N_C = N_{C0} n_C = N_{C0} y^2, \quad N_A = N_{C0} n_A, \\ N_0 = N_{C0} n_0, \quad N_{A0} = N_{C0} n_{A0}, \quad (11)$$

$$N_{AB0} = N_{C0} n_{AB0}, \quad N_{BC0} = N_{C0} n_{BC0}.$$

Тогда уравнение (10) для определения N_C принимает вид

$$\frac{dy}{dt} = \pm \Omega_1 \times \quad (12)$$

$$\times \sqrt{(n_{AB0} - 1 + y^2)(n_0 + n_{A0} + 1 - y^2 - n_A)},$$

где

$$n_A = (\sqrt{n_{A0}} \operatorname{ch} x \pm \sqrt{n_{BC0}} \operatorname{sh} x)^2 - \quad (13)$$

для синфазного и антифазного случаев соответственно, а

$$x = \alpha \cdot \ln \left(\frac{\sqrt{n_{AB0} - 1 + y^2} + y}{\sqrt{n_{AB0} + 1}} \right), \quad \alpha = \frac{\Omega_2}{\Omega_1}. \quad (14)$$

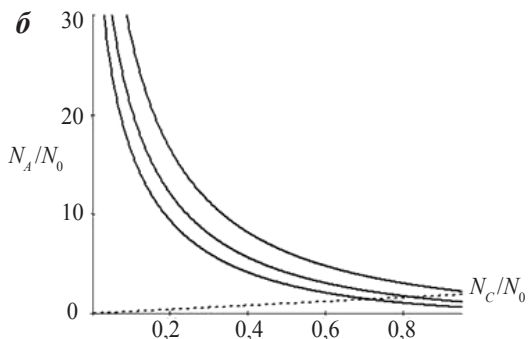


Рис. 1. Зависимость между величинами N_A и N_C при $N_{A0}/N_0 = 2, 1, 0,5$; $N_{C0}/N_0 = 1$; $N_{AB0}/N_0 = 2$; $N_{BC0}/N_0 = 4$; $\Omega_2/\Omega_1 = 2$ – сплошные линии, $\Omega_2/\Omega_1 = 1$ – пунктирные линии; а – синфазный случай, б – антифазный случай

Уравнение (12) можно записать в виде уравнения колебаний нелинейного осциллятора $\left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + W(y) = 0$, где $W(y) = -\Omega_1^2 (n_{AB0} - 1 + y^2)(n_0 + n_{A0} + 1 - y^2 - n_A)$ играет роль потенциальной энергии осциллятора. Исследование поведения $W(y)$ может дать качественное объяснение поведения самого решения $y(t)$ в зависимости от времени t и параметров.

Рассмотрим ряд простейших частных случаев, допускающих точные аналитические решения. Пусть $N_{A0} = N_{BC0}$ и $N_{C0} = N_{AB0}$, т. е. числа атомов и двухатомных молекул в каждом канале реакции одинаковы. Кроме того, полагаем, что временная эволюция системы является синфазной. Тогда $n_A = n_{A0} \cdot n_C^\alpha$, а потенциальная энергия $W(n_C)$ определяется выражением $W(n_C) = -n_C (n_0 + n_{A0} + 1 - n_C - n_{A0} n_C^\alpha)$ (рис. 2).

Отсюда видно, что $W(n_C) \leq 0$ в области $0 \leq n_C \leq n_{CM}$, где n_{CM} – максимальная нормированная плотность атомов типа C в процессе эволюции, которая определяется как ближайший к единице положительный корень уравнения $n_0 + n_{A0} + 1 - n_{CM} - n_{A0} n_{CM}^\alpha = 0$. С ростом n_{A0} и α плотность n_{CM} убывает и асимптотически стремится к единице справа при больших n_{A0} и α и монотонно растет с ростом n_0 . Наличие двукратного корня $n_C = 0$ уравнения $W(n_C) = 0$ свидетельствует о том, что эволюция системы в синфазном случае является аperiodической. В самом деле, полагая $\alpha = 1$, легко получить решение уравнения (12), которое для $n_C = y^2$ выражается формулой

$$n_C = n_{CM} \operatorname{sech}^2 \left(\pm \sqrt{n_0 + n_{A0} + 1} \Omega_1 t + \varphi \right), \quad (15)$$

где

$$n_{CM} = 1 + \frac{n_0}{n_{A0} + 1}; \quad \varphi = \operatorname{arch} \sqrt{n_{CM}}.$$

Из (15) и рис. 3 видно, что эволюция функции $n_C(t)$ действительно является аperiodической. При этом решение для n_C со знаком (+) в аргументе секанса гиперболического показывает, что плотность атомов n_C монотонно убывает со временем, асимптотически стремясь к нулю на больших временах. Решение со знаком (-) сначала растет, достигает максимальной величины n_{CM} в момент времени $t = t_M = \frac{1}{\Omega_1 \sqrt{n_0 + n_{A0} + 1}} \operatorname{arch} \sqrt{n_{CM}}$, после чего монотонно убывает и также асимптотически стремится к нулю. В этот момент времени число трехатомных молекул обращается в нуль. Следовательно, на этапе $0 \leq t \leq t_M$ плотность атомов типа C растет за счет распада трехатомных молекул. Чем больше начальная плотность n_0 трехатомных молекул, тем позже возникает максимум функции $n_C(t)$ для решения со знаком (-) и тем выше этот максимум. Такое поведение функции $n_C(t)$ обусловлено знаком производной $\dot{n}_C|_{t=0}$ в начальный момент времени и особенностями бозе-стимулирования процесса.

В случае одинаковых начальных чисел атомов и двухатомных молекул в каждом из каналов вероятность связывания их в трехатомные молекулы обращается в нуль вместе со стремлением чисел этих частиц к нулю в процессе эволюции. Таким образом, эволюция атомно-молекулярной системы является необратимой и завершается тем, что все атомы и двухатомные молекулы исчезают, превращаясь в трехатомные молекулы.

Если трехатомные молекулы в начальный момент времени отсутствуют в системе ($n_0 = 0$), то решение (15) упрощается и принимает вид

$$n_C = \operatorname{sech}^2 \left(\sqrt{n_{A0} + 1} \Omega_1 t \right). \quad (15a)$$

При этом исчезает отличие, связанное со знаками (+) и (-), поскольку в началь-

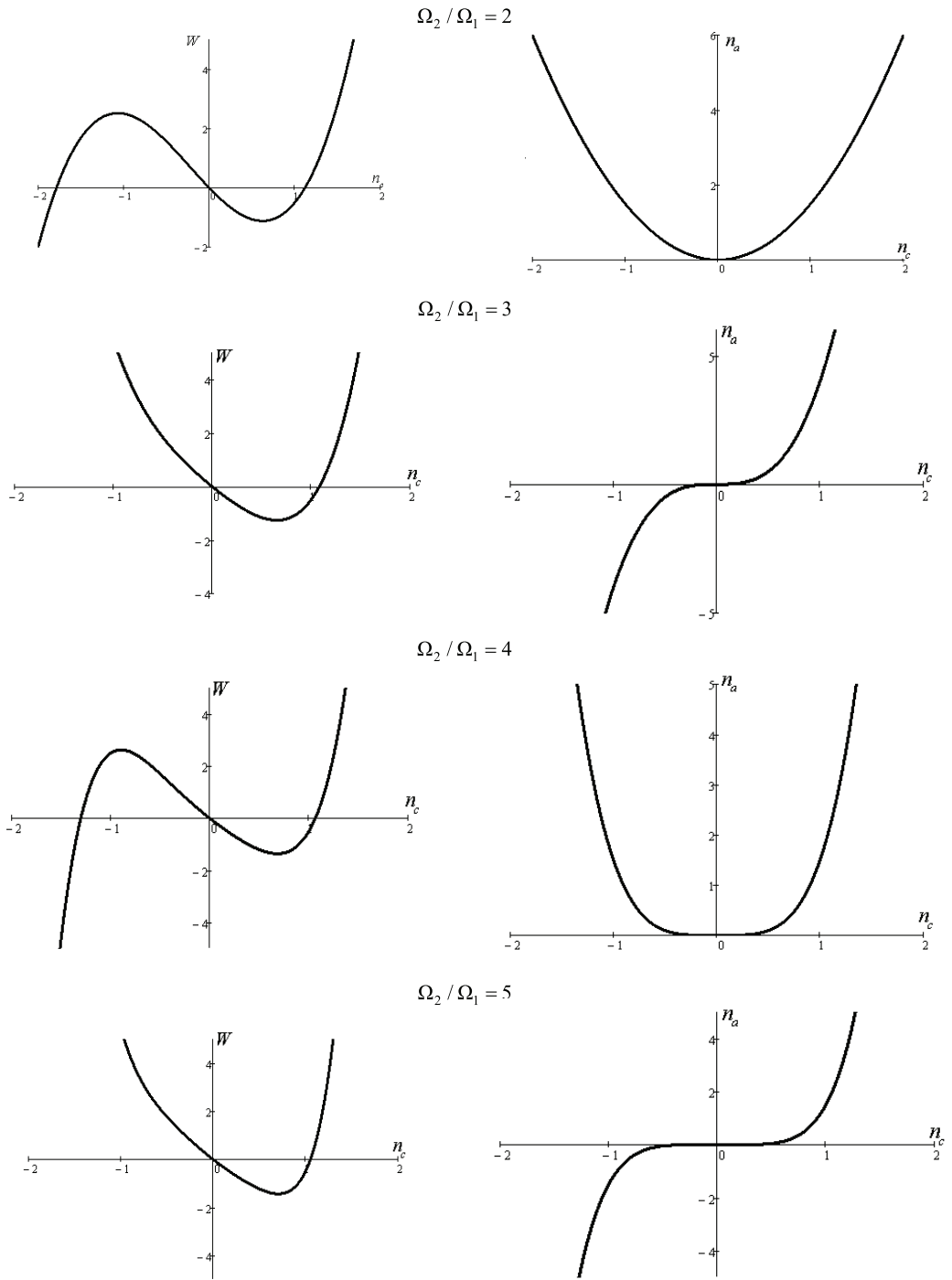


Рис. 2. Графики потенциальной энергии и $n_A(n_C)$ при $n_{A0} = n_{BC0} = 3$, $n_{C0} = n_{AB0} = 2$, $n_0 = 1$

ный момент времени осциллятор находится в точке с координатой $n_C = 1$ с потенциальной энергией W , равной нулю, в силу чего единственным направлением смещения может быть движение в сторону уменьшения величины $n_C(t)$ до нуля.

Легко получить аналитическое решение также для случая $\alpha = 1/2$:

$$n_C = \frac{4(n_0 + n_{A0} + 1)^2}{(n_{A0} + 2)^2 + 4n_0} \times \quad (15б)$$

$$\times \left[\text{ch} \left(\pm \sqrt{n_0 + n_{A0} + 1} \Omega_1 t + \varphi \right) + \frac{n_{A0}}{\sqrt{(n_{A0} + 2)^2 + 4n_0}} \right]^{-2}$$

где

$$\varphi = \text{arch} \frac{2(n_0 + 1) + n_{A0}}{\sqrt{(n_{A0} + 2)^2 + 4n_0}}.$$

Здесь также имеет место аperiодический режим эволюции.

Наконец, полагая $\alpha = 2$, получаем

$$n_C = \left(1 + \sqrt{1 + 4n_{A0}(n_0 + n_{A0} + 1)} \times \text{ch} \left(\pm 2\sqrt{n_0 + n_{A0} + 1} \Omega_1 t + \psi \right) \right)^{-1}, \quad (15в)$$

где

$$\psi = \text{arch} \frac{2(n_0 + n_{A0}) + 1}{\sqrt{1 + 4n_{A0}(n_0 + n_{A0} + 1)}}.$$

Отсюда видно, что и в этом случае решение является аperiодическим (рис. 4).

Таким образом, можно сделать общий вывод, что при любом значении параметра α эволюция системы в синфазном режиме является аperiодической и необратимой во времени. Все атомы и двухатомные молекулы в процессе эволюции связываются в трехатомные молекулы, чем эволюция и завершается.

Рассмотрим теперь решение для случая антифазной эволюции. Из (9б) получаем $n_A = n_{A0} / n_C$. Следовательно, произ-

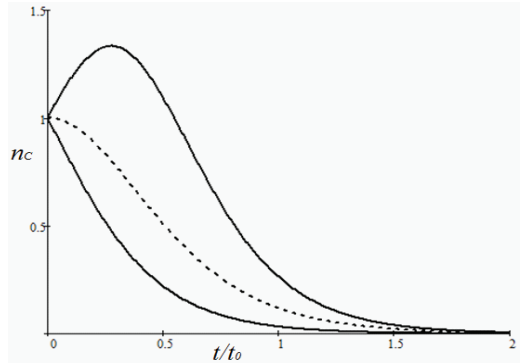


Рис. 3. Временная зависимость нормированной плотности n_C при $N_0 / N_{C0} = 1$; $N_{A0} / N_{C0} = 2$; $N_{B0} / N_{C0} = 4$; $\Omega_2 / \Omega_1 = 1$; $N_0 / N_{C0} = 0$ – пунктирная линия

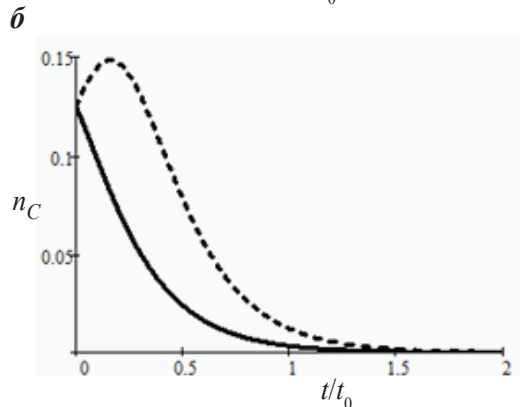
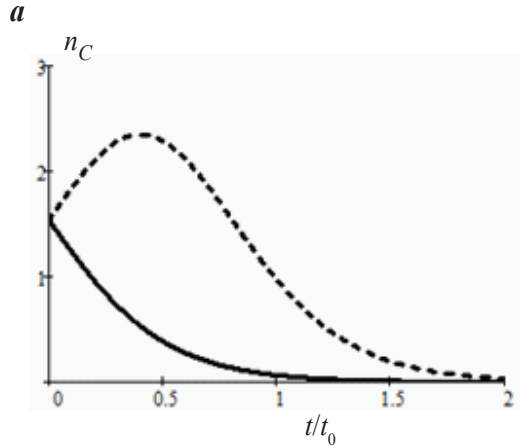


Рис. 4. Временная зависимость плотности атомов типа С: а – при $\alpha = 1/2$; б – при $\alpha = 2$

ведение $n_A n_C$ сохраняется со временем: если одна из величин растет со временем, то другая – убывает. В этом и заключается смысл термина «антифазная эволюция». Уравнение для $n_C(t)$ будет иметь вид

$$\dot{n}_C = \pm 2\Omega_1 \sqrt{N_{C0}} \sqrt{n_C(n_+ - n_C)(n_C - n_-)}, \quad (16)$$

где

$$n_{\pm} = \frac{1}{2} \left(n_0 + n_{A0} + 1 \pm \sqrt{(n_0 - n_{A0} + 1)^2 + 4n_0 n_{A0}} \right). \quad (17)$$

Здесь n_{\pm} является максимальной и минимальной плотностью атомов, которую они могут принимать в процессе эволюции.

Решение уравнения (16) выглядит следующим образом:

$$n_C = \frac{n_-}{dn^2(\pm 2\Omega_1 \sqrt{N_{C0}} n_+ t + F(\varphi_0, k))}, \quad (18)$$

где $dn(x)$ – эллиптическая функция Якоби; $F(\varphi_0, k)$ – неполный эллиптический интеграл первого рода с параметром φ_0 и модулем k , которые определяются выражениями

$$k^2 = 1 - \frac{n_-}{n_+}, \quad \varphi_0 = \arcsin \sqrt{\frac{n_+(1-n_-)}{n_+ - n_-}}.$$

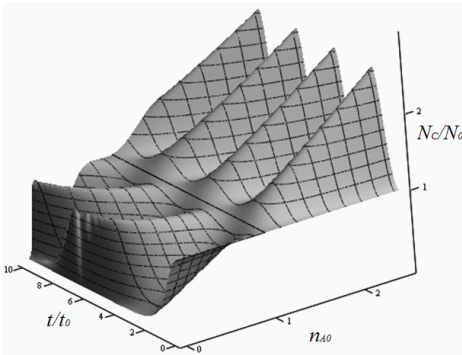


Рис. 5. Временная эволюция нормированной плотности n_C в зависимости от значений параметра n_{A0} при $N_{C0}/N_0 = 1$; $n_0 = 0$; $\Omega_1 = 1$

Из (18) и рис. 5 видно, что плотность атомов n_C периодически изменяется со временем в пределах $n_- \leq n_C \leq n_+$ с периодом T :

$$T = 2K(k) / (\Omega_1 \sqrt{N_{C0} n_+}),$$

где $K(k)$ – полный эллиптический интеграл первого рода.

Знаки (\pm) в аргументе функции Якоби $dn(x)$ свидетельствуют о том, что в начальный момент времени функция $n_C(t)$ растет либо убывает со временем, что, в свою очередь, определяется направлением начальной скорости $\dot{n}_C|_{t=0}$. Решения со знаками $(+)$ и $(-)$ в аргументе функции $dn(x)$ отличаются постоянной разностью фаз $F(\varphi_0, k)$. Легко видеть, что $\varphi_0 = 0$ при $n_0 = 0$ и решение (18) упрощается и приводится к виду

$$n_C = dn^2(\Omega_1 \sqrt{N_{C0}} t), \quad k^2 = 1 - n_{A0} \quad (18a)$$

при $n_{A0} < 1$;

$$n_C = 1 / dn^2(\Omega_1 \sqrt{N_{C0} n_{A0}} t), \quad k^2 = 1 - \frac{1}{n_{A0}} \quad (18b)$$

при $n_{A0} > 1$ и

$$n_C = 1 \quad (18b)$$

при $n_{A0} = 1$.

Таким образом, если $n_0 = 0$ и $n_{A0} = n_{C0} = n_{AB0} = n_{BC0} = 1$, то временная эволюция в системе атомов и молекул отсутствует, т. е. плотности атомов и молекул сохраняются. Как видно из (4), это обусловлено спецификой бозе-стимуляции процесса.

Если рассматривать случай произвольных значений параметра $\alpha = \frac{\Omega_2}{\Omega_1}$, то уравнение для определения функции $n_C(t)$ получается в виде

$$\dot{n}_C = \pm 2\Omega_1 \sqrt{N_{C0}} \times n_C \sqrt{n_0 + n_{A0} + 1 - n_C - n_{A0} n_C^{-\alpha}}. \quad (19)$$

Видно, что временная эволюция системы по-прежнему является периодической и функция $n_C(t)$ периодически осциллирует между двумя наибольшими корнями уравнения

$$n_C^{\alpha+1} - (n_0 + n_{A0} + 1)n_C^\alpha + n_{A0} = 0. \quad (20)$$

Если положить $\alpha = 2$, то решение уравнения (19) будет следующим:

$$n_C = \alpha_3 + \frac{\alpha_1 - \alpha_3}{dn^2 \left(\pm \Omega_1 \sqrt{N_{C0}} (\alpha_1 - \alpha_3)t + F(\varphi_0, k) \right)}, \quad (21)$$

где $\alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3$ – три действительных корня кубического уравнения (20) (см. рис. 5) при $\alpha = 2$;

$$k^2 = \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_1 - \alpha_3}; \quad \varphi_0 = \arcsin \sqrt{\frac{\alpha_1 - \alpha_3}{\alpha_1 - \alpha_2} \frac{1 - \alpha_2}{1 - \alpha_3}}. \quad (22)$$

Таким образом, функция $n_C(t)$ периодически осциллирует в пределах $\alpha_2 \leq n_C \leq \alpha_1$ с периодом T :

$$T = 2K(k) / \left(\Omega_1 \sqrt{N_{C0}} (\alpha_1 - \alpha_3) \right). \quad (23)$$

Из рис. 6 видно, что колебания плотности атомов типа C происходят между максимальным и средним корнями. При этом при $n_{A0} = 0$ уравнение (20) имеет двукратный корень $n_C = 0$, что приводит к возникновению аperiodической эволюции плотности атомов типа C (рис. 7).

При отличной от нуля начальной концентрации атомов типа A уравнение (20) имеет три различных действительных кор-

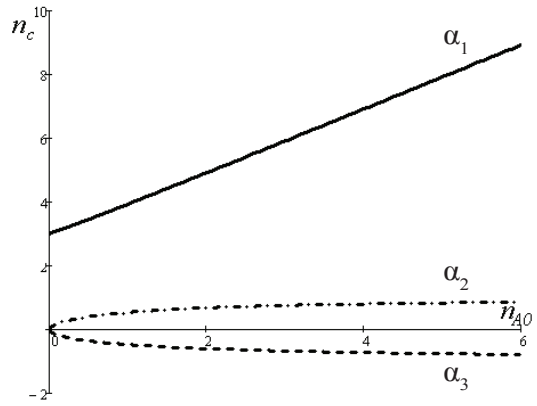


Рис. 6. Корни уравнения (20) при $\alpha = 2, n_0 / n_{C0} = 2$

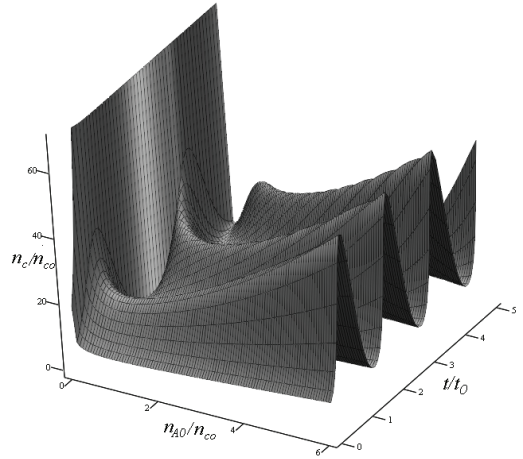


Рис. 7. Временная эволюция нормированной плотности атомов n_C / n_{C0} в зависимости от значений параметра n_{A0} / n_{C0} при $n_0 / n_{C0} = 2, \alpha = 2$

ня, временная эволюция плотности атомов C с ростом нормированной начальной концентрации атомов типа A трансформируется в периодическую с изменяющейся амплитудой колебаний.

Цитированная литература

1. Кеттерле В. Когда атомы ведут себя как волны. Бозе-эйнштейновская конденсация

и атомный лазер // УФН. – 2003. – № 173. – С. 1339–1358.

2. Корнелл Э.А., Виман К.Э. Бозе-эйнштейновская конденсация в разреженном газе. Первые 70 лет и несколько последних экспериментов // Успехи физических наук. – 2003. – № 173. – С. 1320–1338.

3. Sage J.M., Sainis S., Bergeman T., De Mille D. Optical Production of Ultracold Polar Molecules // Physical Review Letters. – 2005. – № 94. – P. 203001.

4. Heinzen D.J., Wynar R., Drummond P.D. et al. Superchemistry: Dynamics of Coupled Atomic and Molecular Bose-Einstein Condensates // Physical Review Letters. – 2000. – № 84. – P. 5029–5034.

5. Taglielier M., Voight A.-C., Aoki T. et al. Quantum Degenerate Two-Species Fermi-Fermi Mixture Coexisting with a Bose-Einstein Conden-

sate // Physical Review Letters. – 2008. – № 100. – P. 010401.

6. Chin C., Kraemer T., Mark M. et al. Observation of Feshbach-like resonances in collisions between ultracold molecules // Physical Review Letters. – 2005. – № 94. – P. 123201.

7. Perez-Rios J., Lepers M., Dulieu O. Theory of long-range ultracold atom-molecule photoassociation // arXiv: 1505. 03288. – 2015. – № 1. – P. 1–5.

8. Tomza M. Energetics and control of ultracold isotope-exchange reactions between heteronuclear dimers in external fields // ArXiv. – 2015. – № 1505. – P. 03443.

9. Хаджи П.И., Ткаченко Д.В. Роль упругих межчастичных взаимодействий в динамике рамановской атомно-молекулярной конверсии в бозе-конденсате // Письма в Журнал технической физики. – 2008. – № 34. – С. 87–94.

УДК 535.8

ДИНАМИКА ДИПОЛЯРИТОННОГО ОПТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ОСЦИЛЛЯТОРА В АНТИФАЗНОМ РЕЖИМЕ

О.Ф. Васильева, А.П. Зинган, П.И. Хаджи, Л.Ю. Надькин

Изучена динамика диполяритонных состояний в планарном микрорезонаторе при накачке состояния, отвечающего средней диполяритонной ветви. Показано, что в условиях точного резонанса имеет место аperiодический антифазный режим превращения диполяритонов накачки в диполяритоны холостых и сигнальных мод.

Ключевые слова: поляритоны, диполяритоны, накачка, аperiодический режим.

DYNAMICS OF THE DIPOLARITON OPTICAL PARAMETRIC OSCILLATOR IN THE ANTIPHASED REGIME

O.F. Vasilieva, A.P. Zingan, P.I. Khadzhi, L.Yu. Nad'kin

The article deals with the dynamics of dipolariton states in a planar microcavity upon pumping a state, corresponding to the middle dipolariton branch. It is shown, that in the conditions of exact resonance aperiодic antiphased regime of the conversion of dipolariton pump into dipolaritons of idler and signal modes takes place.

Keywords: polaritons, dipolaritons, pumping, aperiодic regime.

Введение

Смешанные экситон-фотонные состояния в планарных полупроводниковых микрорезонаторах с квантовыми ямами в активном слое представляют собой новый класс квазидвумерных состояний с уникальными свойствами [1–13]. Такие состояния называются микрорезонаторными экситон-поляритонами. Они возникают вследствие сильной связи экситонов с собственными модами электромагнитного излучения микрорезонатора, в результате которой формируются верхняя и нижняя микрорезонаторные экситон-поляритонные моды.

Большой интерес вызывает поляритон-поляритонное рассеяние, благодаря которому экситон-поляритонная система демонстрирует сильно нелинейные свойства [6–13]. Такие нелинейности были обнаружены в спектрах люминесценции микрорезонаторов [14–18] при резонансном возбуждении нижней поляритонной ветви, которые объясняются параметрическим рассеянием фотовозбужденных поляритонов накачки в сигнальную и холостую моды. При использовании pump-probe-метода в [8, 9] впервые наблюдалось параметрическое усиление в микрорезонаторе, а в [9, 14] – режим параметрического осциллятора при накачке нижней поляритонной ветви. В [19–21] теоретически изучена динамика параметрического экситон-поляритонного осциллятора в микрорезонаторе, которая представляет собой периодические превращения пар поляритонов накачки в поляритоны сигнальной и холостой мод и обратно. Показано, что период и амплитуда колебаний существенно зависят от начальной плотности поляритонов.

Наряду с экситон-поляритонами в [22] впервые наблюдалась новая квазичастица-диполяритон – бозонная частица, которая образуется в связанных двойных квантовых ямах в микрорезонаторе. По

сравнению с экситон-поляритоном диполяритон выступает суперпозицией фотона микрорезонатора, прямого и непрямого экситона. Здесь прямой экситон является связанным состоянием электронно-дырочной пары одной и той же ямы, а непрямым экситон образуется путем связывания электрона и дырки соседних ям. Связанное состояние фотона микрорезонатора с прямым и непрямым экситонами приводит к формированию собственных мод системы с тремя ветвями закона дисперсии – нижней, средней и верхней диполяритонными ветвями [23]. Благодаря большому дипольному моменту диполяритона экситон был предложен в качестве идеальной квазичастицы для генерации терагерцового излучения [24–29].

Постановка задачи. Основные результаты

Цель данного сообщения – изучить динамику диполяритонных возбуждений в режиме параметрического осциллятора на временах, меньших времени релаксации возбуждений. Значительный интерес представляет исследование поведения диполяритонов в нестационарном режиме, когда накачка осуществляется фемтосекундным импульсом лазерного излучения. В этом случае можно считать, что ультракороткие импульсы возбуждения служат лишь для создания начальных плотностей диполяритонов. Затем система предоставляется самой себе и эволюционирует во времени.

Такая постановка задачи используется и при исследовании явления оптической нутации в пространственно однородной системе двухуровневых атомов [29] либо экситонов [30–31]. Считаем, что с помощью ультракоротких импульсов резонансного лазерного излучения в микрорезонаторе создается система когерентных диполяритонов. Микроре-

зонатор обеспечивает пространственное ограничение области существования диполяритонов. Квантовая яма вставляется в брэгговскую структуру, которая характеризуется определенным пропусканием, отражением и потерями [22–29, 32]. Особенности эволюции системы будут проявляться в генерации вторичных субимпульсов излучения.

Рассмотрим ситуацию, когда диполяритоны большой плотности возбуждаются на средней ветви закона дисперсии (рис. 1) мощным импульсом лазерного излучения (накачки). В результате возникает параметрическое рассеяние диполяритонов накачки и генерация диполяритонов сигнальной и холостой мод. При этом появляются два канала рассеяния. Один из них – это рассеяние пары диполяритонов накачки с образованием сигнального диполяритона на нижней ветви и холостого диполяритона на верхней ветви. Другой канал – рассеяние пары диполяритонов накачки с образованием диполяритонов сигнальной и холостой мод на средней ветви. Оба канала рассеяния удовлетворяют закону сохранения энергии и импульса [23]. Гамильтониан взаимодействия, описывающий процесс параметрического рассеяния риптр-диполяритонов в диполяритоны сигнальной и холостой мод, можно записать в виде

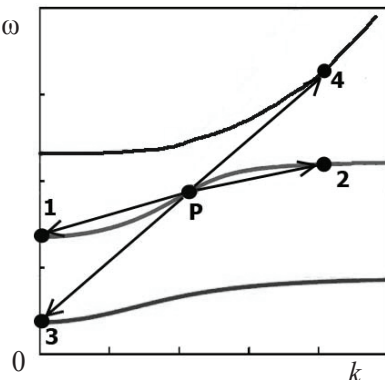


Рис. 1. Энергетическая схема диполяритонов

$$\hat{H}_{int} = \hbar g_1 \left(\hat{a}_1^+ \hat{a}_2^+ \hat{a}_p \hat{a}_p + \hat{a}_p^+ \hat{a}_p^+ \hat{a}_2 \hat{a}_1 \right) + \hbar g_2 \left(\hat{a}_3^+ \hat{a}_4^+ \hat{a}_p \hat{a}_p + \hat{a}_p^+ \hat{a}_p^+ \hat{a}_3 \hat{a}_4 \right), \quad (1)$$

где g_1 и g_2 – константы взаимодействия по каждому каналу рассеяния; \hat{a}_p и \hat{a}_i ($i=1, \dots, 4$) – операторы уничтожения диполяритонов накачки, а также сигнальной ($i=1, 3$) и холостой ($i=2, 4$) мод соответственно.

С помощью (1) легко получить систему гайзенберговских уравнений для операторов \hat{a}_p и \hat{a}_i ($i=1, \dots, 4$). Усредняя эту систему и используя приближение среднего поля (mean field approximation), получаем следующую систему эволюционных уравнений для комплексных амплитуд диполяритонов $a_p = \langle \hat{a}_p \rangle$, $a_i = \langle \hat{a}_i \rangle$ ($i=1, \dots, 4$):

$$i\dot{a}_p = \omega_p a_p + 2g_1 a_p^* a_1 a_2 + 2g_2 a_p^* a_3 a_4, \quad (2)$$

$$i\dot{a}_1 = \omega_1 a_1 + g_1 a_p^2 a_2^*, \quad i\dot{a}_2 = \omega_2 a_2 + g_1 a_p^2 a_1^*,$$

$$i\dot{a}_3 = \omega_3 a_3 + g_2 a_p^2 a_4^*, \quad i\dot{a}_4 = \omega_4 a_4 + g_2 a_p^2 a_3^*,$$

где ω_p , ω_i ($i=1, \dots, 4$) – собственные частоты диполяритонов.

В условиях точного резонанса, когда $2\omega_p = \omega_1 + \omega_2 = \omega_3 + \omega_4$, решения этих уравнений ищем в виде: $a_p = A_p \exp(i\varphi_p)$, $a_i = A_i \exp(i\varphi_i)$ ($i=1, \dots, 4$), где A_p , A_i и φ_p , φ_i – действительные амплитуды и фазы. В результате мы приходим к следующей системе нелинейных эволюционных уравнений:

$$\dot{A}_p = -2g_1 A_p A_1 A_2 \sin \theta_{12} - 2g_2 A_p A_3 A_4 \sin \theta_{34},$$

$$\dot{A}_1 = g_1 A_p^2 A_2 \sin \theta_{12}, \quad \dot{A}_2 = g_1 A_p^2 A_1 \sin \theta_{12},$$

$$\dot{A}_3 = g_2 A_p^2 A_4 \sin \theta_{34}, \quad \dot{A}_4 = g_2 A_p^2 A_3 \sin \theta_{34},$$

$$\begin{aligned} \dot{\theta}_{12} &= g_1 \left(\frac{A_p^2 (A_1^2 + A_2^2)}{A_1 A_2} - 4 A_1 A_2 \right) \cos \theta_{12} - \\ &\quad - 4 g_2 A_3 A_4 \cos \theta_{34}, \\ \dot{\theta}_{34} &= g_2 \left(\frac{A_p^2 (A_3^2 + A_4^2)}{A_3 A_4} - 4 A_3 A_4 \right) \cos \theta_{34} - \\ &\quad - 4 g_1 A_1 A_2 \cos \theta_{12}, \end{aligned} \quad (3)$$

где $\theta_{12} = 2\varphi_p - \varphi_1 - \varphi_2$; $\theta_{34} = 2\varphi_p - \varphi_3 - \varphi_4$.

Дополним систему (3) начальными условиями: $A_{p|t=0} = A_{p0}$, $A_{i|t=0} = A_{i0}$, где $i = 1, \dots, 4$. Из (3) удается получить три независимых интеграла движения:

$$\begin{aligned} A_1^2 - A_{10}^2 &= A_2^2 - A_{20}^2, \quad A_3^2 - A_{30}^2 = A_4^2 - A_{40}^2, \\ A_p^2 + 2(A_1^2 + A_3^2) &= A_{p0}^2 + 2(A_{10}^2 + A_{30}^2), \end{aligned} \quad (4)$$

которые представляют собой законы сохранения частиц в системе. Кроме того, видно, что решения для разностей фаз $\theta_{12} = \pm \frac{\pi}{2}$ и $\theta_{34} = \pm \frac{\pi}{2}$ удовлетворяют полученной системе нелинейных уравнений (3). В связи с этим можно рассматривать два типа решений, которые мы назовем синфазными и антифазными решениями. Синфазные решения соответствуют разностям фаз $\theta_{12} = \theta_{34} = -\frac{\pi}{2}$, а антифазные

решения соответствуют $\theta_{12} = -\theta_{34} = \frac{\pi}{2}$ либо $\theta_{12} = -\theta_{34} = -\frac{\pi}{2}$. Синфазные решения были изучены нами в работе [33]. При этом удается получить дополнительный интеграл движения, определяющий связь между переменными обоих каналов реакции. Из (3) находим

$$A_3 = A_{30} \operatorname{ch} x - A_{40} \operatorname{sh} x, \quad (5)$$

где

$$x = \frac{g_2}{g_1} \ln \frac{A_1 + \sqrt{A_{20}^2 - A_{10}^2 + A_1^2}}{A_{10}^2 + A_{20}^2}. \quad (6)$$

Для частных значений параметров, когда $A_{10} = A_{20}$ и $A_{30} = A_{40}$, выражение (5) сводится к простому соотношению

$$A_3 = A_{30} (A_1/A_{10})^{-g_2/g_1}. \quad (7)$$

Отсюда видно, что амплитуда A_3 монотонно убывает с ростом A_1 .

Используя (4)–(7), удается привести систему уравнений (3) к одному нелинейному дифференциальному уравнению для амплитуды A_1 , которое имеет вид

$$\begin{aligned} \frac{dA_1}{dt} &= \pm 2g_1 \sqrt{A_{20}^2 - A_{10}^2 + A_1^2} \times \\ &\times \left(\frac{1}{2} A_{p0}^2 + A_{10}^2 + A_{30}^2 - A_1^2 - A_3^2 \right). \end{aligned} \quad (8)$$

Здесь A_3 берется из (5) либо (7).

Из (3) легко получить следующее решение для плотности поляритонов накачки в зависимости от времени:

$$\begin{aligned} A_p(t) &= A_{p0} \exp \left(\pm 2g_1 \int_0^t A_1(t') A_2(t') dt' \pm \right. \\ &\quad \left. \pm 2g_2 \int_0^t A_3(t') A_4(t') dt' \right), \end{aligned} \quad (9)$$

где комбинация знаков (+) и (–) в экспоненте соответствует двум вариантам синфазной эволюции (+ + и – –) [33] и двум вариантам антифазной эволюции (+ – и – +).

Из (9) следует, что амплитуда волны накачки $A_p(t)$ в данный момент времени $t > 0$ определяется всеми амплитудами холостых и сигнальных мод за все предыдущие моменты времени.

Решить в общем виде уравнение (8) не представляется возможным. Поэтому

рассмотрим сначала эволюцию системы для некоторых частных случаев, позволяющих получить точные аналитические решения. Введем далее в рассмотрение плотности диполяритонов: $A_p^2 = N_p$, $A_i^2 = N_i$, $A_{p0}^2 = N_{p0}$, $A_{i0}^2 = N_{i0}$ ($i=1, \dots, 4$). Тогда уравнение (8) примет вид

$$\frac{dN_1}{dt} = \pm 4g_1 \sqrt{N_1} \sqrt{N_{20} - N_{10} + N_1} \times \left(\frac{1}{2} N_{p0} + N_{10} + N_{30} - N_1 - N_3 \right), \quad (10)$$

где

$$N_3 = \left(\sqrt{N_{30}} \operatorname{ch} x + \sqrt{N_{40}} \operatorname{sh} x \right)^2; \\ x = \frac{g_2}{g_1} \ln \frac{\sqrt{N_1} + \sqrt{N_{20} - N_{10} + N_1}}{\sqrt{N_{10}} + \sqrt{N_{20}}}. \quad (11)$$

Рассмотрим простейший случай, когда $A_{10} = A_{20}$, $A_{30} = A_{40}$, $g_1 = g_2 \equiv g$ и связь между амплитудами A_3 и A_1 в соответствии с (7) выражается формулой $A_3 = A_{10} A_{30} / A_1$. Решение уравнения (10) будет выглядеть так:

$$N_1 = \frac{N_+ (N_{10} - N_-) e^{\pm z} + N_- (N_+ - N_{10})}{(N_{10} - N_-) e^{\pm z} + N_+ - N_{10}}, \quad (12)$$

где

$$N_{\pm} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} N_{p0} + N_{30} + N_{10} \pm \sqrt{\left(\frac{1}{2} N_{p0} + N_{30} - N_{10} \right)^2 + 2N_{p0}N_{10}} \right); \\ z = 4g \sqrt{\left(\frac{1}{2} N_{p0} + N_{30} - N_{10} \right)^2 + 2N_{p0}N_{10}} t. \quad (14)$$

Из (11) и рис. 2 видно, что с ростом времени решение для $N_1(t)$ со знаком (+) в экспоненте монотонно растет и асимптотически стремится к предельному значению $N_1 = N_+$, тогда как решение со знаком (-) монотонно убывает и

асимптотически стремится к предельному значению $N_- (> 0)$. Предельные значения плотностей частиц N_{\pm} определяются начальными плотностями.

Отметим, что в отличие от синфазного случая [33] величины N_{\pm} в антифазном случае никогда не обращаются в нуль. Таким образом, в антифазном режиме, как и в синфазном, эволюция системы является аperiodической, причем она может происходить как с увеличением исходных диполяритонов накачки за счет диполяритонов сигнальных и холостых мод, так и с увеличением числа диполяритонов сигнальных и холостых мод за счет распада исходных диполяритонов накачки. При произвольных значениях параметра $s = g_2/g_1$ эволюция системы остается по-прежнему аperiodической. В этом случае предельные плотности диполяритонов N_1 определяются двумя наименьшими положительными корнями трансцендентного уравнения

$$\frac{1}{2} N_{p0} + N_{10} + N_{30} - N_{1c} - \left(\sqrt{N_{30}} \operatorname{ch} x_c - \sqrt{N_{40}} \operatorname{sh} x_c \right)^2 = 0, \quad (15)$$

где

$$x = \frac{g_2}{g_1} \ln \frac{\sqrt{N_{1c}} + \sqrt{N_{20} - N_{10} + N_{1c}}}{\sqrt{N_{10}} + \sqrt{N_{20}}}. \quad (16)$$

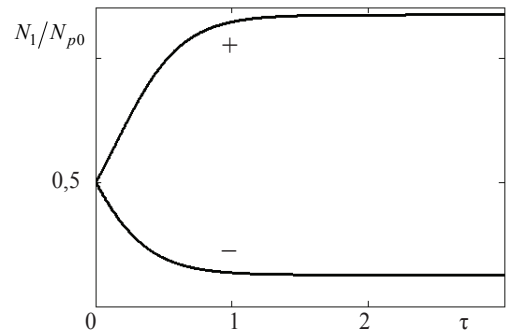


Рис. 2. Временная эволюция плотности диполяритонов N_1/N_{p0} при $N_{10}/N_{p0} = 0,5$; $N_{30}/N_{p0} = 0,3$. Здесь $\tau = gt$

Заключение

Таким образом, из представленных результатов следует, что при накачке средней ветви закона дисперсии диполяритонов в условиях точного резонанса имеют место только аperiодические антифазные режимы необратимого полного преобразования диполяритонов накачки в диполяритоны холостых и сигнальных мод.

Цитированная литература

1. **Kavokin A.V., Malpuech G.** // *Thin Films, Nanostructures: Cavity Polaritons*. Ed. by Agranovich V.M., Taylor D. Amsterdam: Elsevier, 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., John 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. R 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. R 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. **Stevenson R.M., Astratov V.N., Skolnick M.S. et al.** // *Phys. Rev. Lett.* 2000. Vol. 85. P. 3680.
15. **Tartakovskii A.I., Krizhanovskii D.N., Malpuech G. et al.** // *Phys. Rev.* 2003. Vol. B 67. P. 165302.
16. **Tartakovskii A.I., Krizhanovskii D.N., Kulakovskii V.D.** // *Phys. Rev.* 2000. Vol. B 62. P. R 13298.
17. **Ciuti C., Schwendimann P., Quattropani A.** // *Phys. Rev.* 2001. Vol. B 63. P. 041303 (R); *Semicond. Sci. Technol.* 2003. Vol. 18. P. S 279.
18. **Savvidis P.G., Ciuti C., Baumberg J.J. et al.** // *Phys. Rev.* 2001. Vol. B 64. P. 075311.
19. **Хаджи П.И., Васильева О.Ф.** // *Оптика и спектроскопия.* 2011. Т. 111. С. 831; *ФТТ.* 2011. Т. 53. С. 1216.
20. **Васильева О.Ф., Хаджи П.И.** // *Оптика и спектроскопия.* 2013. Т. 115. С. 922.
21. **Khadzhi P.I., Vasilieva O.F.** // *Journal of Nanophotonics.* 2012. Vol. 6. P. 061805 (1–16); *Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics.* 2014. Vol. 9. P. 1.
22. **Cristofolini P., Christmann G., Tsintzos S.I. et al.** // *Science.* 2012. Vol. 336. P. 704.
23. **Nalitov A.V., Solnyshkov D.D., Gippius N.A. et al.** // arXiv: 1410.2812 (2014).
24. **Kyriienko O., Kavokin A.V., Shelykh I.A.** // arXiv: 1211.0688 (2012); *Phys. Rev. Lett.* 2013. Vol. 111. P.176401.
25. **Kristinsson K., Kyriienko O., Liew T.C.H. et al.** // arXiv: 1304.1316 (2013); *Phys. Rev.* 2013. Vol. B 88. P. 245303.
26. **Kristinsson K., Kyriienko O., Shelykh I.A.** // arXiv: 1310.7414 (2013); *Phys. Rev.* 2014. Vol. A 89. P. 023836.
27. **Kyriienko O., Shelykh I.A., Liew T.C.H.** // arXiv: 1403.7441 (2014); *Phys. Rev.* 2014. Vol. A 90. P. 033807.
28. **Shelykh I.A., Kyriienko O., Kristinsson K. et al.** // *Proc. Intern. Const. Nanomaterials: Applications and Properties.* 2014. Vol. 3. P. 02NAESF03.
29. **Li J.-Y., Duan S.-Q., Zhang W.** // *EPL.* 2014. Vol. 108. P. 67010.
30. **Бурштейн А.И., Пусеп А.Ю.** // *ЖЭТФ.* 1975. Т. 69. С. 1927.
31. **Хаджи П.И.** Нелинейные оптические процессы в системе экситонов и биэкситонов в полупроводниках. Кишинев: Штиинца, 1985.
32. **Byrnes T., Kolmakov G.V., Kezerashvili R.Y. et al.** // arXiv: 1404.5353 (2014).
33. **Хаджи П.И., Васильева О.Ф., Белоусов И.В.** // *Оптика и спектроскопия.* 2016. Т.120. С. 116; *Письма в ЖЭТФ* 2015. Т. 102. С. 665.

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЗМА НАСЫЩЕНИЯ ДИПОЛЬНОГО МОМЕНТА ЭКСИТОННОГО ПЕРЕХОДА НА ЯВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РЕЗОНАНСА В ЭКСИТОННОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА

Л.Ю. Надькин, Д.А. Марков, П.И. Хаджи

Исследуется влияние механизма насыщения дипольного момента экситонного перехода на явление параметрического резонанса, возникающего в экситонной области спектра при учете упругого экситон-экситонного взаимодействия. Показывается, что область значений параметров, при которых наблюдается незатухающий со временем колебательный режим, существенно увеличивается при учете механизма насыщения дипольного момента экситонного перехода.

Ключевые слова: *экситон, насыщение, параметрический резонанс, экситон-экситонное взаимодействие.*

EFFECT OF MECHANISM OF DIPOLE MOMENT SATIATION OF EXCITON TRANSFER ON PARAMETRIC RESONANCE IN EXCITON SPECTRAL REGION

L.Yu. Nad'kin, D.A. Markov, P.I. Khadzhi

The article studies the effect of mechanism of dipole moment satiation of exciton transfer on parametric resonance in exciton spectral region, according to elastic exciton-exciton interaction. It is shown, the parameter domain, in which the undamped oscillating conditions are observed, substantially increases according to the mechanism of dipole moment satiation of exciton transfer.

Keywords: *exciton, saturation, parametric resonance, exciton-exciton interaction.*

При экспериментальном и теоретическом изучении оптических спектров полупроводников в экситонной области спектра при больших уровнях возбуждения особую значимость приобрел метод pump-probe. Он основан на использовании двух пучков лазерного излучения: мощного пучка накачки (pump) и слабого зондирующего пучка (probe). Слабый пучок зондирует изменения оптических свойств кристалла, обусловленные действием поля сильной электромагнитной волны – полем накачки. Эти изменения определяются амплитудой и частотой поля накачки и параметрами самого кристалла.

Метод pump-probe использовался при экспериментальном исследовании оптического Штарк-эффекта в полупроводниках,

в частности при изучении излучательной рекомбинации и нелинейного отклика системы экситонов и биэкситонов большой плотности [1], красного и голубого сдвига экситонного резонанса в условиях пикосекундной накачки [2–4], аналога эффекта Аутлера–Таунса на биэкситонах в CuCl [5].

Работы [6–14] посвящены построению удовлетворительной теории метода pump-probe для системы экситонов и биэкситонов большой плотности. Указанный метод в экситонной области спектра при учете упругого экситон-экситонного взаимодействия в стационарном и нестационарных режимах детально исследован в [14–15]. В [15] найдены и теоретически обоснованы резонансные значения пара-

метров, при которых наблюдался сильный колебательный режим абсорбционной компоненты восприимчивости среды на частоте пробного импульса. В перечисленных исследованиях не было рассмотрено влияние насыщения дипольного момента экситонного перехода, которое представляет практический интерес.

Пусть на кристалл падает интенсивная монохроматическая волна (pump) когерентного лазерного излучения с амплитудой поля E_0 и частотой $\omega_l \approx \omega_0$, где ω_0 – собственная частота экситонного перехода, а также слабая волна (probe) с амплитудой E и частотой $\omega \approx \omega_0$ (рис. 1). Фотоны первого импульса возбуждают экситоны, существенно изменяя энергетический спектр полупроводника, а фотоны второго импульса зондируют эти изменения в области экситонного перехода. При достаточно высоких уровнях возбуждения в кинетике доминируют процессы экситон-экситонного взаимодействия, а также необходимо учитывать насыщение дипольного момента экситонного перехода. В этом случае гамильтониан взаимодействия, учитывающий экситон-фотонное, упругое экситон-экситонное взаимодействие и насыщение в резонансном приближении можно записать в виде

$$H_{int} = \frac{1}{2} \hbar v a^+ a^+ a a - \frac{1}{2} \hbar g (a^+ E_0^+ + E_0^- a) - \frac{1}{2} \hbar g (a^+ E^+ + E^- a) + \frac{1}{2} \hbar \mu (a^+ E^+ N + E^- a N), \quad (1)$$

где v – константа упругого экситон-экситонного взаимодействия; a – амплитуда экситонной волны поляризации среды; g – константа экситон-фотонного взаимодействия; $E_0^+(E_0^-)$ и $E^+(E^-)$ – положительно- (отрицательно-) частотные компоненты полей обоих импульсов; N – концентрация экситонов; μ – константа насыщения дипольного момента перехода.

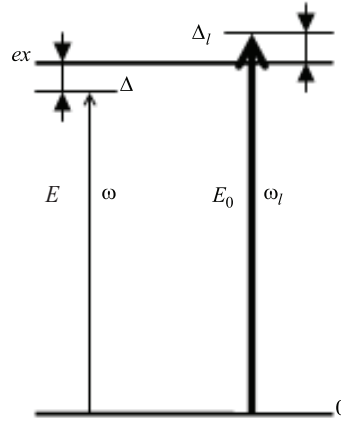


Рис. 1. Схема энергетических уровней исследуемой системы. E и ω – амплитуда и частота волны зондирующего излучения; E_0 и ω_l – амплитуда и частота волны накачки; 0 и ex – основное и экситонное состояния кристалла соответственно

Из (1) легко получить гайзенберговское (материальное) уравнение для амплитуды экситонной волны

$$i\dot{a} = (\omega_0 - i\gamma)a + v a^+ a a - \frac{1}{2} (g - \mu N) E_0^+ e^{-i\omega_l t} - \frac{1}{2} (g - \mu N) E^+ e^{-i\omega t}, \quad (2)$$

где γ – феноменологический параметр, учитывающий затухание экситонного уровня из-за процессов рассеяния, обусловленных уходом экситонов из когерентных мод в некогерентные.

Найдем отклик системы во всех порядках теории возмущения по амплитуде E_0 импульса накачки и в первом порядке теории возмущения по амплитуде E зондирующего импульса. Будем искать решение уравнения (2) в виде суперпозиции

$$a = \frac{1}{2} (a_0 e^{-i\omega_l t} + a_0^* e^{i\omega_l t} + A e^{-i\omega t} + A^* e^{i\omega t} + B e^{-i(\omega - 2\omega_l)t} + B^* e^{i(\omega - 2\omega_l)t}), \quad (3)$$

где $a_0, a_0^*, A, A^*, B, B^*$ – не зависящие от времени амплитуды экситонной волны поляризации среды.

Подставляя (3) в (2) и выделяя множители при соответствующих экспонентах, получаем следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} i\dot{a}_0 &= -(g - \mu N)E_0^+ - (\omega_l - \omega_0 + i\gamma - \frac{3}{4}v|a_0|^2)a_0, \\ i\dot{A} &= -gE - (\omega - \omega_0 + i\gamma - \frac{3}{2}v|a_0|^2)A + \frac{3}{4}a_0^2B, \quad (4) \\ i\dot{B} &= -(\omega - 2\omega_l - \omega_0 + i\gamma - \frac{3}{2}v|a_0|^2)B + \frac{3}{4}a_0^2A. \end{aligned}$$

Введем расстройки резонанса Δ для зондирующего излучения и Δ_l для излучения накачки: $\Delta = \omega - \omega_0$, $\Delta_l = \omega_l - \omega_0$. Будем считать, что концентрация экситонов в основном определяется импульсом накачки и приблизительно равна $N \approx |a_0|^2$. Учитывая, что импульс накачки и пробный импульс могут иметь различную форму в нестационарном режиме, представим (4) в виде:

$$\begin{aligned} i\dot{a}_0 &= -(g - \mu|a_0|^2)E_0^+(t) - (\Delta_l + i\gamma - \frac{3}{4}v|a_0|^2)a_0, \\ i\dot{A} &= -gE(t) - (\Delta + i\gamma - \frac{3}{2}v|a_0|^2)A + \frac{3}{4}a_0^2B, \quad (5) \\ i\dot{B} &= -(2\Delta_l - \Delta + i\gamma - \frac{3}{2}v|a_0|^2)B + \frac{3}{4}a_0^2A. \end{aligned}$$

Вводя нормированные $a_0 = \tilde{a}_0\sqrt{\gamma}/\sqrt{v}$, $A = \tilde{A}\sqrt{\gamma}/\sqrt{v}$, $B = \tilde{B}\sqrt{\gamma}/\sqrt{v}$, $t = \tau\gamma$, $\Delta = \delta\gamma$, $\Delta_l = \delta_l\gamma$, $F_0f_0(\tau) = gE_0^+(t)v/\sqrt{\gamma^3}$, $Ff(\tau) = gE^+(t)v/\sqrt{\gamma^3}$, $\eta = \mu\gamma/(gv)$, получаем:

$$\begin{aligned} i\dot{\tilde{a}}_0 &= -F_0f_0(\tau)(1 - \eta|\tilde{a}_0|^2) - (\delta_l + i - \frac{3}{4}|\tilde{a}_0|^2)\tilde{a}_0, \\ i\dot{\tilde{A}} &= -Ff(\tau) - (\delta + i - \frac{3}{2}|\tilde{a}_0|^2)\tilde{A} + \frac{3}{4}\tilde{a}_0^2\tilde{B}^*, \quad (6) \\ i\dot{\tilde{B}} &= -(2\delta_l - \delta + i - \frac{3}{2}|\tilde{a}_0|^2)\tilde{B} + \frac{3}{4}\tilde{a}_0^2\tilde{A}^*. \end{aligned}$$

Так как основной вклад в генерацию экситонов вносит импульс накачки, то решение первого уравнения из (6) позволяет найти временную зависимость плотности экситонов $z(\tau) = |\tilde{a}_0(\tau)|^2$, обусловленную

его действием. Поляризация среды P^+ на частоте зондирующего излучения ω , как известно, определяется выражением

$$P^+ = \frac{1}{2}\hbar ga^+ E^+ e^{-i\omega t}, \text{ при использовании которого можно получить выражение для комплексной диэлектрической восприимчивости среды } \frac{\chi''(\tau)}{\chi_0} = \tilde{A}(\tau)/Ff(\tau), \text{ где } \chi_0 = \frac{1}{2}\hbar\gamma.$$

Как было показано в [14–15], концентрация экситонов меняется скачкообразно с ростом амплитуды накачки. На рис. 2, а представлена зависимость концентрации экситонов от значений амплитуды поля накачки и времени в случае, когда импульс накачки имеет ступенчатый вид $f_0(\tau) = \Theta(\tau)$ при малых значениях параметра, ответственного за механизм насыщения дипольного момента экситонного перехода. Наблюдается колебательный режим концентрации экситонов на начальном этапе, так же как и без учета насыщения, однако выход на стационарный режим происходит за более короткое время. Кроме того, переход из области низкой плотности частиц в область с высокой плотностью осуществляется более плавно.

Аналогичные особенности наблюдаются в поведении абсорбционной компоненты восприимчивости на частоте пробного импульса (рис. 2, б). Резонансный колебательный режим, описанный в [15], проявляется и при учете насыщения экситонного дипольного момента перехода. С увеличением константы насыщения колебательный режим при малых временах в поведении концентрации экситонов пропадает (рис. 2, в). Переход из области с низкой плотностью экситонов в область с высокой плотностью становится еще более плавным. Диапазон амплитуд, при которых наблюдается параметрический резонанс, расширяется (рис. 2, г).

Так как концентрация экситонов слабо меняется с определенного момента вре-

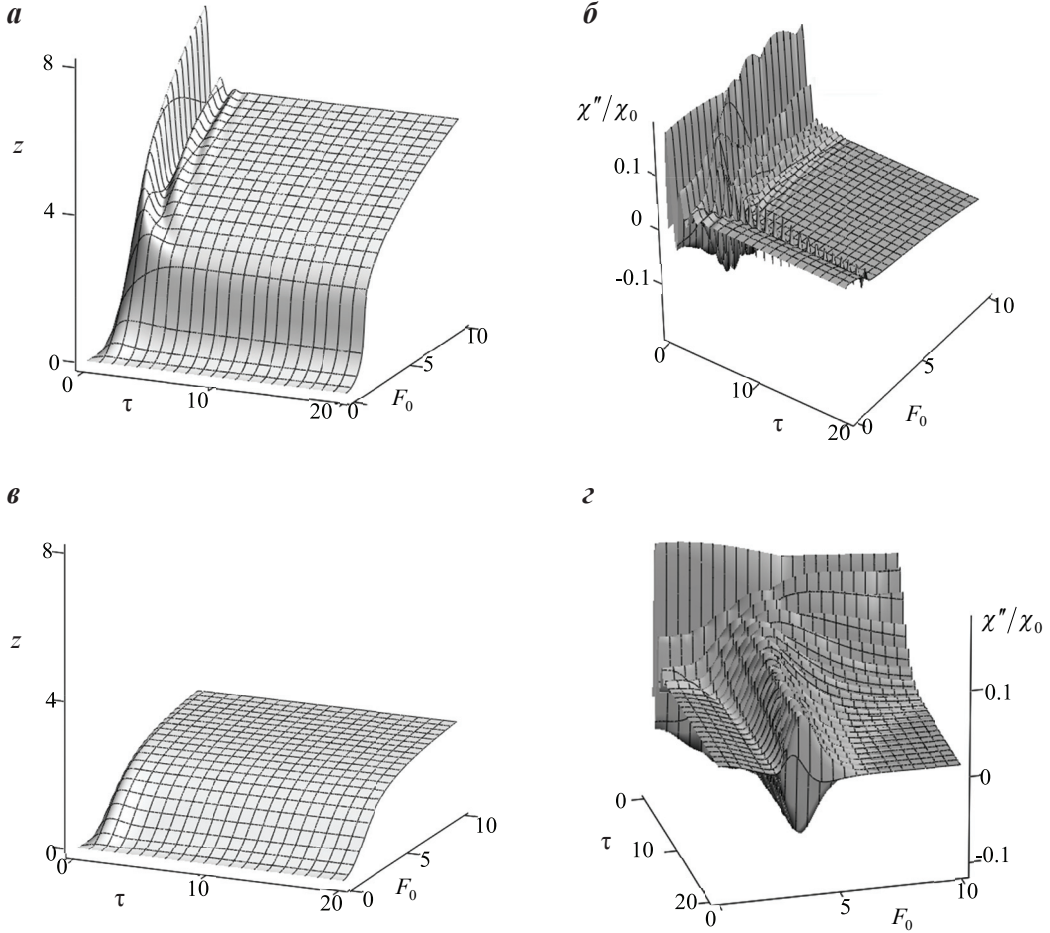


Рис. 2. Плотность экситонов z в зависимости от амплитуды накачки F_0 и времени τ при $\delta_l = \sqrt{3}$ и зависимость абсорбционной χ''/χ_0 компоненты восприимчивости в зависимости от поля накачки F_0 и времени τ при различных значениях η , равных 0,1 (а, б); 0,5 (в, з)

мени, то можно использовать подход, описанный в [15], для получения уравнений

$$\begin{aligned} i\dot{A} &= -F - (\delta + i - \frac{3}{2}|a_s|^2)A + \frac{3}{4}a_s^2 B^*; \\ i\dot{B} &= -(2\delta_l - \delta + i - \frac{3}{2}|a_s|^2)B + \frac{3}{4}a_s^2 A^*. \end{aligned} \quad (7)$$

Подстановка $A, B \sim \exp(\alpha\tau)$ в (7) позволяет найти зависимость характеристического показателя α от z_s и расстроек

резонанса δ и δ_l . Эта зависимость определяется выражением

$$\alpha = -1 \pm i \left| \delta - \delta_l \right| \pm \sqrt{\left(\delta_l - \frac{9}{4} \right) \left(\delta_l - \frac{3}{4} z_s \right)}. \quad (8)$$

На рис. 3 представлена действительная часть характеристического показателя α . Видно, что с ростом значения параметра η диапазон амплитуд полей,

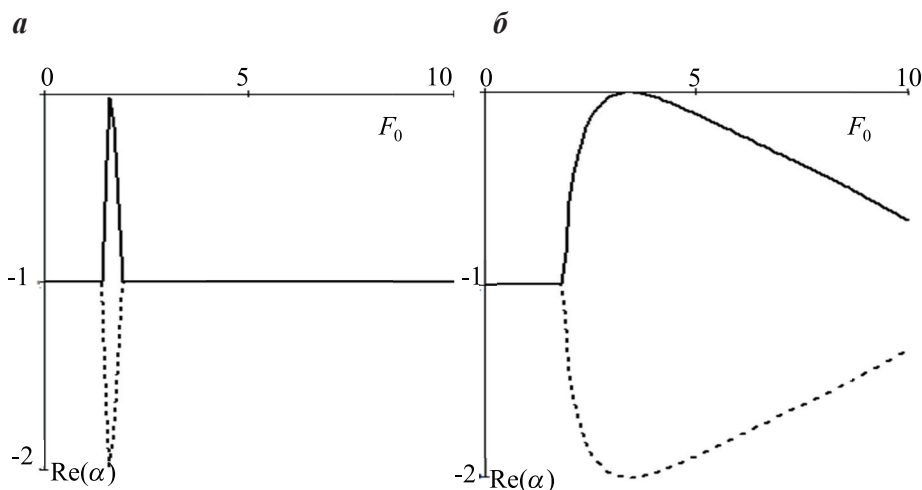


Рис. 3. Действительная компонента характеристического показателя α при различных значениях η , равных 0,1 (а); 0,5 (б)

при которых возникает параметрический резонанс, увеличивается. Таким образом, колебательный режим абсорбционной компоненты восприимчивости наблюдается в узкой области изменения показателей поля накачки F_0 при малых значениях η . Увеличение константы насыщения (рис. 3, б) приводит к расширению интервала значений F_0 , при которых α отлична от -1 . Это обстоятельство и объясняет расширение интервала значений F_0 , при которых наблюдается колебательный режим, сохраняющийся длительное время.

Цитированная литература

1. Leonelly R., Manar A., Grun J.B. et al. // Phys. Rev. B. – 1992. – Vol. 45. – P. 414.
2. Fröhlich D., Nöthe A., Reimann K. // Phys. Rev. Lett. – 1985. – Vol. 55. – P. 1335.
3. Lehmen A. von, Chemla D.S., Zucker J.E. et al. // Opt. Lett. – 1986. – Vol. 11. – P. 609.
4. Hulin D., Jofre M. // Phys. Rev. Lett. – 1990. – Vol. 65. – P. 3425.
5. Moskalenko S.A., Snoko D.W. // University Press. Cambridge. – 2000.
6. Москаленко С.А., Павлов В.Г., Мисько В.Р. // ФТТ. – 1998. – Т. 40. – С. 924.
7. Agarwal G.S. // Phys. Rev. A. – 1995. – Vol. 51. – P. R2711.
8. Бобрышева А.И., Шмиглюк М.И., Руссу С.С. и др. // ФТТ. – 1992. – Т. 34. – С. 3394.
9. Мисько В.Р., Москаленко С.А., Шмиглюк М.И. // ФТТ. – 1993. – Т. 35. – С. 3213.
10. Corovai A.V., Khadzhi P.I., Korovai O.V. et al. // Mold. J. Phys. Sci. – 2002. – Vol. 1. – P. 152.
11. Хаджи П.И., Коровай А.В., Ткаченко Д.В. // ФТТ. – 2002. – Т. 44. – С. 774.
12. Хаджи П.И., Надькин Л.Ю. // ФТТ. – 2005. – Т. 47, № 12. – С. 2146.
13. Хаджи П.И., Надькин Л.Ю. // Квантовая электроника. – 2006. – Т. 36, № 5. – С. 1.
14. Хаджи П.И., Ткаченко Д.В. // ФТТ. – 1998. – Т. 40, № 5. – С. 934.
15. Хаджи П.И., Надькин Л.Ю., Ляхомская К.Д. // Оптика и спектроскопия. – 2017. – Т. 122, № 5. – С. 816.

УДК 535.13

ЯВЛЕНИЕ САМООТРАЖЕНИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ ПРИ УЧЕТЕ УПРУГОГО ЭКСИТОН-ЭКСИТОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И НАСЫЩЕНИЯ ДИПОЛЬНОГО МОМЕНТА ПЕРЕХОДА

К.Д. Ляхомская, Л.Ю. Надькин, Н.Н. Гощина

Теоретически исследовано явление самоотражения в экситонной области спектра. Показано, что концентрация экситонов проявляет бистабильное поведение в зависимости от расстройки резонанса и величины поля. Отмечено, что энергетический коэффициент отражения также характеризуется наличием петель бистабильности и мультистабильности, зависящих от величины падающего поля и расстройки резонанса.

Ключевые слова: экситон, самоотражение, бистабильность, мультистабильность.

SELF-REFLECTION PHENOMENON IN SEMICONDUCTORS ACCORDING TO AN ELASTIC EXCITON-EXCITON INTERACTION AND SATURATION OF THE DIPOLE MOMENT OF TRANSITION

K.D. Liakhomskaia, L.Yu. Nad'kin, N.N. Goschina

The self-reflection phenomenon in the exciton region of the spectrum is theoretically studied. It is shown, that the concentration of excitons gives bistable behavior depending on the detuning of the resonance and the size of the field. It is marked, that the energy reflection coefficient is characterized by the bistability and multistability loops, depending on the size of the incident field and the resonance detuning.

Keywords: exciton, self-reflection, bistability, multistability.

Плоскопараллельная пластинка нелинейного полупроводника при определенных условиях характеризуется мультистабильными функциями отражения и пропускания лазерного излучения [1–4]. Это обусловлено тем, что при отражении от заднего торца в пластинке рождается обратная волна, которая в результате нелинейной интерференции с прямой волной создает условия для мультистабильного пропускания (отражения). Однако в ряде работ [1, 5–9] было показано, что в приближении медленно меняющейся в пространстве огибающей амплитуды распространяющейся волны граница раздела полубесконечного полупроводника в большинстве случаев характеризуется однозначной нелинейной либо бистабильной функцией отражения. В указанном приближении в полубесконечной оптически-

однородной нелинейной среде обратная волна, как правило, не возникает.

Наиболее полное исследование гистерезисных явлений в распределенных нелинейных системах выполнено в [10], где изучены эффекты продольной и поперечной структуры полей, кинетика пространственного гистерезиса и формирование пространственно-временных структур излучения. Теоретически бистабильность и гистерезис при отражении плоской монохроматической волны от поверхности проводника предсказаны в [11]. Оказывается, что при больших интенсивностях возбуждения поле в проводнике носит колебательный характер, который на большом расстоянии от торца сменяется аperiодическим пространственным затуханием. В результате возникает многопетлевая зависимость коэффициента

отражения от интенсивности падающей волны.

В ряде работ [12–17] показано, что отход от приближения медленно меняющихся огибающих приводит к дополнительным особенностям функции отражения излучения от полубесконечной оптически-однородной нелинейной среды. Физически это обусловлено отражением света на резких градиентах нелинейного показателя преломления в кристалле при больших интенсивностях возбуждения, что вызывает возникновение обратной волны и, как следствие, нелинейную интерференцию прямой и обратной волн, а также мультистабильность функции отражения. Такая возможность отмечалась и в [10, 11, 18, 19].

Возникновение обратной волны на резких градиентах показателя преломления в системе двухуровневых атомов было детально изучено в [12–15, 20] и названо самоотражением. В [16, 17, 21, 22] показано, что аналогичное явление имеет место и в системе экситонов и биэкситонов при учете экситон-фотонного взаимодействия, оптической экситон-биэкситонной конверсии и одноимпульсного двухфотонного возбуждения биэкситонов из основного состояния кристалла.

Если импульс действует в экситонной области спектра при больших уровнях возбуждения, в процессах начинает доминировать упругое экситон-экситонное взаимодействие, приводящее, как было показано в [23–24], к бистабильному поведению концентрации экситонов. Учет насыщения дипольного момента перехода способствует появлению дополнительных особенностей поведения функции отражения.

Постановка задачи

В данной работе представлены основные результаты теоретического исследования эффекта самоотражения лазерного

излучения от плоской границы раздела полубесконечного полупроводника в экситонной области спектра при учете экситон-фотонного, упругого экситон-экситонного взаимодействий и насыщения дипольного момента перехода.

Предположим, что на плоскую границу раздела вакуум–полупроводник нормально падает плоская электромагнитная волна с огибающей напряженности электрического поля E_i и частотой ω , находящейся в резонансе с частотой ω_0 экситонного перехода. Часть излучения проникает в среду, возбуждая экситоны из основного состояния кристалла и взаимодействуя с ними. В полубесконечной среде устанавливается стационарное пространственное распределение поля распространяющейся волны (и концентрации экситонов), убывающее вглубь кристалла вследствие поглощения. Так как нелинейное экситон-экситонное взаимодействие приводит к перенормировке энергетического спектра полупроводника, то диэлектрическая функция среды начинает зависеть от интенсивности распространяющегося излучения. Задача состоит в определении коэффициента отражения торца кристалла в зависимости от уровня возбуждения.

Основные уравнения

Взаимодействие поля электромагнитной волны с экситонами и экситонов друг с другом описывается гамильтонианом с учетом насыщения дипольного момента перехода следующего вида:

$$H_{int} = -\hbar g (a^+ E^+ + a E^-) + \frac{1}{2} \hbar v a^+ a^+ a a + \hbar \mu N (a^+ E^+ + a E^-), \quad (1)$$

где g – константа взаимодействия экситонов с полем волны; a – амплитуда экситонной волны (поляризации); $E^+ (E^-)$ –

положительно- (отрицательно-) частотная компонента поля волны; ν – константа упругого экситон-экситонного взаимодействия.

Далее считаем, что под действием когерентного электромагнитного излучения возникает стационарное макрозаполненное состояние экситонов, которое характеризуется определенной энергией, амплитудой и волновым вектором.

Из (1) легко получить гайзенберговское (материальное) уравнение для амплитуды экситонной волны:

$$i\dot{a} = \omega_0 a - i\gamma a - (g - \mu N)E^+ + \nu a^+ a a, \quad (2)$$

где γ – феноменологически введенный параметр, характеризующий затухание экситонного состояния из-за процессов рассеяния, обусловленных уходом экситонов из когерентной моды в некогерентные.

Решения для амплитуд волн в стационарном режиме берем в виде $E^+ \sim e^{-i\omega t}$, $a \sim e^{-i\omega t}$, где ω – частота распространяющейся в среде (падающей на торец кристалла) волны. Тогда из (2) легко найти выражение для стационарной амплитуды экситонной волны, затем определить поляризацию среды, после чего получить выражения для комплексной диэлектрической функции среды:

$$\epsilon = \epsilon_\infty \left(1 - \frac{\hbar(g - \mu N)^2}{\Delta - \nu N + i\gamma} \right), \quad (3)$$

где концентрация экситонов N в зависимости от амплитуды поля E в среде определяется из уравнения

$$N \left[(\Delta - \nu N)^2 - \gamma^2 \right] = |E|^2 (-g + \mu N)^2; \quad (4)$$

$\Delta = \omega - \omega_0$ – расстройка резонанса между частотой ω распространяющейся волны и частотой ω_0 экситонного перехода; ϵ_0 – фоновая диэлектрическая проницаемость среды.

Из (3) и (4) следует, что диэлектрическая функция и концентрация экситонов являются сложными нелинейными функциями амплитуды поля E распространяющейся волны.

Вводя нормированные величины:

$$\delta = \frac{\Delta}{\gamma}, \quad y = \frac{\nu N}{\gamma},$$

$$\sigma = \frac{\mu\gamma}{g\nu}, \quad |F|^2 = \frac{g^2 |E|^2 \nu}{\gamma^3}, \quad (5)$$

$$\omega_{LT} = \hbar g^2, \quad \Omega_{LT} = \frac{\omega_{LT}}{\gamma},$$

где ω_{LT} – частота продольно-поперечного расщепления в экситонной области спектра, диэлектрическую функцию и уравнение, определяющее концентрацию экситонов, можно представить в виде:

$$\epsilon = \epsilon' + i\epsilon'' = \sqrt{n + ik} =$$

$$= \epsilon_\infty \left(1 - \Omega_{LT} (1 - \sigma y)^2 \frac{\delta - y - i}{(\delta - y)^2 + 1} \right), \quad (6)$$

$$\frac{y \left[(\delta - y)^2 + 1 \right]}{1 - 2y\sigma + y^2\sigma^2} = |F|^2, \quad (7)$$

где ϵ' и ϵ'' – действительная и мнимая компоненты диэлектрической функции; n и k – показатель преломления и коэффициент экстинкции среды.

Из (7) видно, что при низких уровнях возбуждения имеет место однозначная линейная связь между плотностью экситонов и интенсивностью света в кристалле, при больших уровнях возбуждения зависимость $y(F, \delta)$ характеризуется гистерезисным поведением.

Поведение функции $y(F, \delta)$ в случае отсутствия насыщения дипольного момента перехода ($\delta = 0$) представлено на рис. 1, а. Физическая причина формирования гистерезиса заключается в смещении экситонного уровня при увеличении интен-

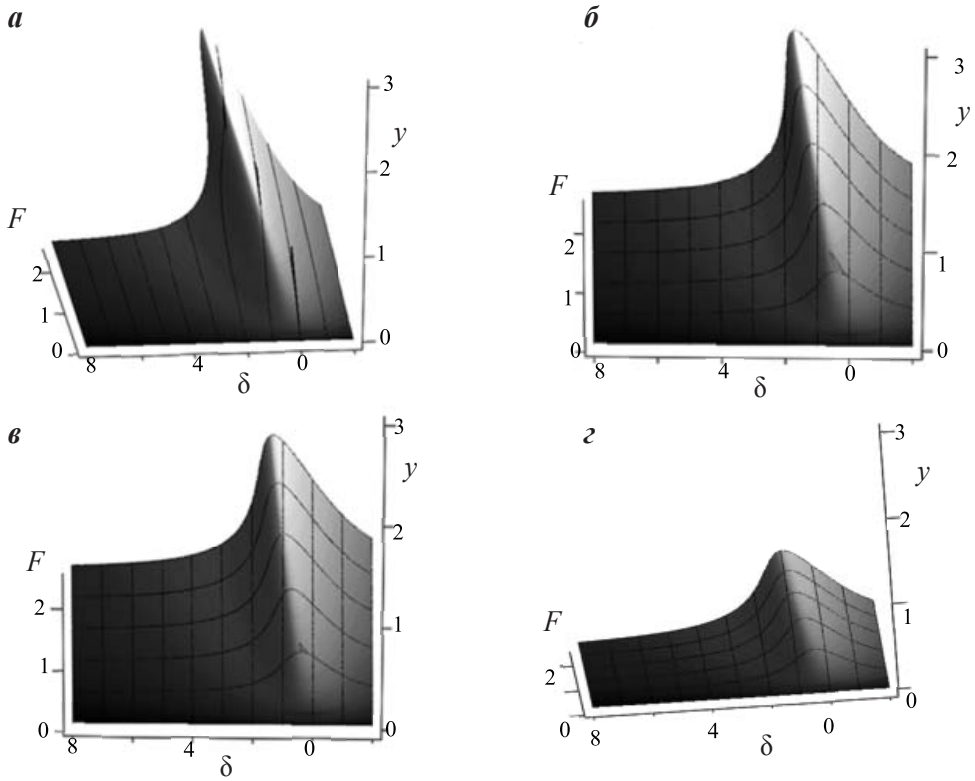


Рис. 1. Зависимости концентраций экситонов от поля и расстройки резонанса при σ , равных 0 (а), 0,1 (б), 0,2 (в), 0,4 (г)

сивности возбуждения. Однако возможен и частотный гистерезис, обусловленный изменением расстройки резонанса δ (либо частоты ω падающей волны) при фиксированной амплитуде поля F . При низких уровнях возбуждения частотный гистерезис отсутствует. Функция $y(F)$ имеет вид деформированного лоренциана с ростом F . Гистерезис возникает при амплитудах F , превышающих значения $F_{cr} = (4/3)^{3/4}$. Область трехзначности функции $y(\delta)$ располагается со стороны положительных расстроек резонанса δ . При увеличении σ (рис. 1, б-г) петли гистерезиса уменьшаются и пропадают в этой области. Петля гистерезиса смещается в область больших значений полей, приводящих к нефизичным концентрациям (не удовлетворяю-

щим критерию $g \gg \mu N$), поэтому рассматриваем только такую зависимость $y(F, \delta)$, которая имеет однозначный вид.

Полагая, что волна распространяется вдоль оси x , из уравнений Максвелла приходим к следующему нелинейному волновому уравнению для нормированной амплитуды поля F распространяющейся волны в полупроводнике:

$$\frac{d^2 F}{dz^2} + \varepsilon_\infty \left(1 - \Omega_{LT} (1 - \sigma y)^2 \frac{\delta - y - i}{(\delta - y)^2 + 1} \right) F = 0, \quad (8)$$

где $z = (\omega/c)x$, а y определяется из уравнения (7).

Будем решать уравнение (8) без использования приближения медленно меняющихся в пространстве огибающих. В качестве граничных условий в точке

$z = 0$ (торец полубесконечного кристалла) возьмем условия непрерывности тангенциальных компонент электрического и магнитного полей, которые в данном случае можно записать в виде:

$$F_i + F_r = F|_{z=0}, \quad (9)$$

$$F_i - F_r = F - i \frac{dF(z)}{dz} \Big|_{z=0}, \quad (10)$$

где $F_{i,r} = \sqrt{\frac{vg^2}{\gamma^3}} E_{i,r}$ – нормированные амплитуды падающего (E_i) и отраженного (E_r) полей.

Кроме того, поскольку кристалл является полубесконечным и в нем имеет место поглощение света, то единственным физическим решением уравнения (8) будет решение, для которого $F(z) \rightarrow 0$ при $z \rightarrow \infty$.

Получить точное аналитическое решение уравнения (8) в общем случае не удается. Однако можно рассмотреть случай малых полей, когда нелинейный вклад в диэлектрическую функцию ϵ исчезающе мал:

$$F(z) = F_0 \exp(-\kappa_0 z + in_0 z), \quad (11)$$

где F_0 – значение поля при $z = 0$;

$$\kappa_0 = \sqrt{(r_0 - \epsilon_0')/2}, \quad n_0 = \sqrt{(r_0 + \epsilon_0')/2};$$

$$r_0 = \sqrt{(\epsilon_0')^2 + (\epsilon_0'')^2}; \quad (12)$$

$$\epsilon_0' = \epsilon_\infty \left(1 - \frac{\Omega_{LT} \delta}{\delta^2 + 1} \right); \quad \epsilon_0'' = \frac{\epsilon_\infty \Omega_{LT}}{\delta^2 + 1}.$$

Отсюда видно, что в линейном пределе абсолютная величина амплитуды поля $|F|$ экспоненциально убывает с расстоянием, а действительная и мнимая компоненты поля имеют осцилляционное поведение с экспоненциально убывающей с расстоянием огибающей. Поэтому будем считать,

что из-за затухания в некоторой точке $z = z_0$ поле $F \ll 1$. В этом случае мы можем воспользоваться выражениями (11)–(12) и начать численное интегрирование уравнения (8), одновременно решая уравнение (7). На торце кристалла воспользуемся граничными условиями (9)–(10). Затем найдем амплитуды падающей и отраженной волн $F_{i,r}$, а также энергетический

$$\text{коэффициент отражения } R = \frac{|F_r|^2}{|F_i|^2}.$$

Обсуждение результатов

Зависимости энергетических коэффициентов отражения от поля падающей волны и расстройки резонанса изображены на рис. 2. В случае, представленном на рис. 2, *a*, не учитывалось насыщение дипольного момента перехода. Как было показано выше, концентрация экситонов в зависимости от значений параметров характеризуется областями трехзначности (см. рис. 1, *a*). При этом физическими являются верхняя и нижняя ветви гистерезиса. То есть при организации численного счета нужно реализовать перескок с нижней ветви на верхнюю либо наоборот. Фактически при численном расчете используется минимальный или максимальный корень кубического уравнения.

В работе [24] была исследована реализация метода pump-probe в нестационарном режиме без учета насыщения дипольного момента. Показано, что при включении мощной накачки с течением времени концентрация экситонов проявляет скачкообразное поведение. Кроме того, было отмечено, что если рассматривать зависимость $y(F)$ в стационарном пределе при больших временах, то реализуется перескок с нижней ветви на верхнюю. Таким образом, при совместном решении дифференциального и кубического уравнений мы использовали минимальный корень.

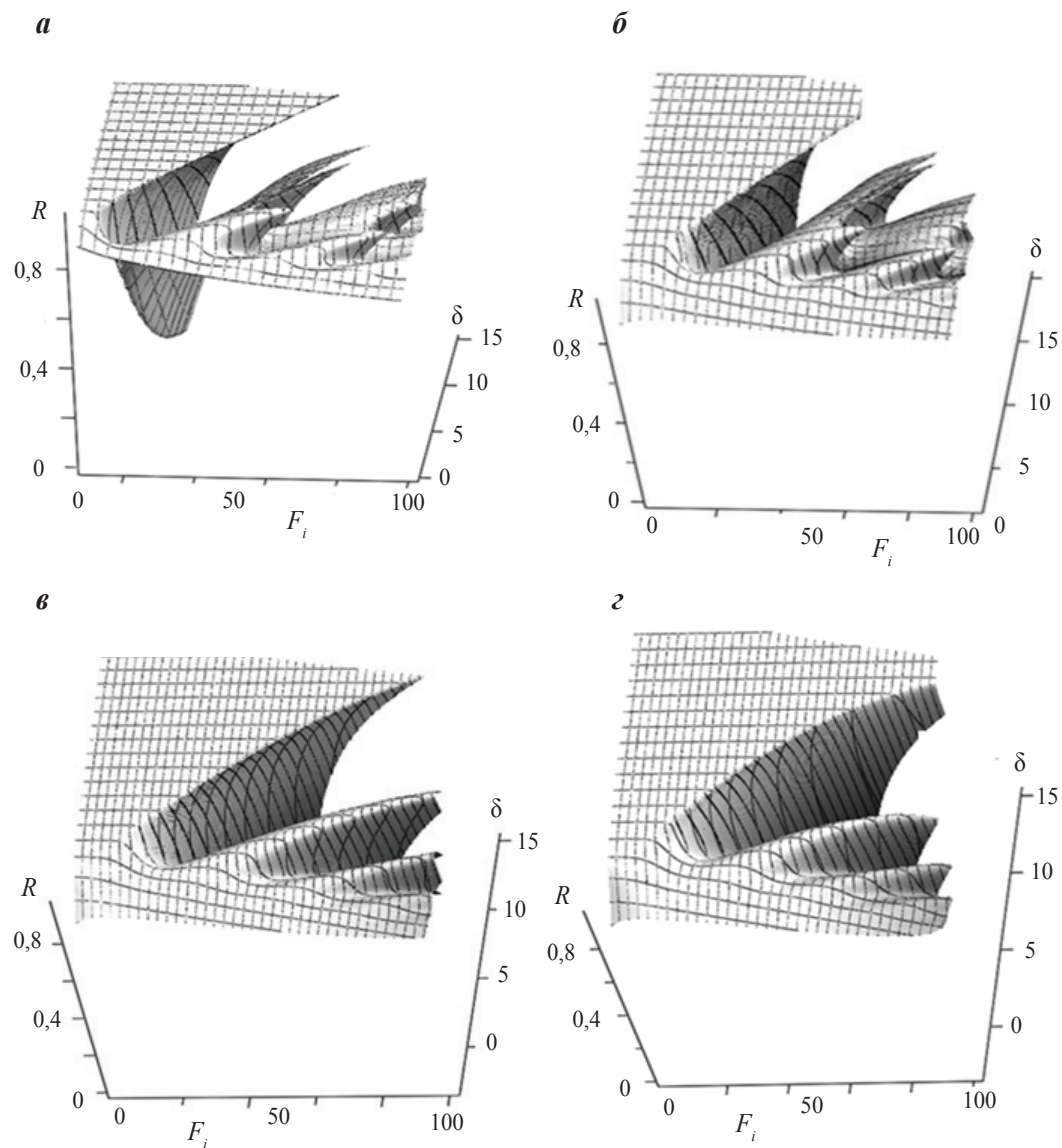


Рис. 2. Зависимости энергетических коэффициентов отражения от расстройк резонанса и величин падающих полей при σ , равных 0 (*a*), 0,02 (*б*), 0,04 (*в*), 0,08 (*г*)

Зависимость $R(F_i, \delta)$ характеризуется сложным многозначным поведением (см. рис. 2, *a*). Несмотря на то что гистерезисное поведение $y(F)$ при больших расстройках резонанса фактически не реализуется, перескок с нижней на верх-

нюю ветвь приводит к появлению области трехзначности. Режим фактически полного не пропускания сменяется режимом пропускания. Дальнейшее увеличение амплитуды падающего поля также приводит к возникновению областей многознач-

ности, однако размеры петель и величина перескока уменьшаются. Уменьшение расстройек резонанса приводит к уменьшению петель бистабильности и мультистабильности. При отрицательных значениях δ наблюдается однозначное поведение функции отражения.

Учет насыщения дипольного момента перехода представлен на рис. 2, б–г. Возрастание σ приводит к увеличению размеров петель бистабильности при больших расстройках резонанса, петли мультистабильности пропадают.

Цитированная литература

1. Гиббс Х. Оптическая бистабильность. Управление светом с помощью света. – М.: Наука, 1988.
2. Хаджи П.И., Шибаршина Г.Д., Ротару А.Х. Оптическая бистабильность в системе когерентных экситонов и биэкситонов в полупроводниках. – Кишинев: Штиинца, 1988.
3. Chen W., Mills D.L. // Phys. Rev. B. – 1987. – Vol. 35. – P. 524; Phys. Rev. B. – 1987. – Vol. 36. – P. 6269.
4. Miller D.A. // IEEEJ. Quantum Electron. – 1981. – Vol. 17. – P. 306.
5. Бойко Б.Б., Петров Н.С. Отражение света от усиливающих и нелинейных сред. – Минск: Наука и техника, 1988.
6. Каплан А.Е. // Письма в ЖЭТФ. – 1976. – Т. 24. – С. 132; ЖЭТФ. – 1977. – Т. 72. – С. 1710.
7. Бутылкин В.С., Каплан А.Е., Хронополо Ю.Г. и др. Резонансные взаимодействия с веществом. – М.: Наука, 1977.
8. Smith P.W., Hermann J.P., Tomlinson W.J. et al. // Appl. Phys. Letts. – 1979. – Vol. 35. – P. 846.
9. Smith P.W., Tomlinson W.J., Maloney P.J. et al. // IEEEJ. Quantum Electron. – 1981. – Vol. 17. – P. 340.
10. Розанов Н.Н. Оптическая бистабильность и гистерезис в распределенных нелинейных системах. – М.: Наука, 1997.
11. Силин В.П. // ЖЭТФ. – 1967. – Т. 53. – С. 1662.
12. Malyshev V., Jarque E.C. // J.Opt.Soc. Amer. B. – 1995. – Vol. 12. – P. 1868.
13. Малышев В.А., Харке Э.К. // Оптика и спектроскопия. – 1997. – Т. 82. – С. 630.
14. Jarque E.C., Malyshev V. // Opt. Comms. – 1997. – Vol. 142. – P. 66.
15. Forysiak W., Flesch R.G., Moloney J.V. et al. // Phys. Rev. Letts. – 1996. – Vol. 76. – P. 3695.
16. Хаджи П.И., Ляхомская К.Д. // Квантовая электроника. – 1999. – Т. 29. – С. 43.
17. Ляхомская К.Д., Надькин Л.Ю., Хаджи П.И. // Квантовая электроника. – 2001. – Т. 31. – С. 67.
18. Розанов Н.Н. // Письма в ЖТФ. – 1977. – Т. 3. – С. 583.; 1978. – Т. 4. – С. 74; Оптика и спектроскопия. – 1979. – Т. 47. – С. 606.
19. Колоколов А.А., Суков А.И. // Изв. вузов. Сер.: Радиофизика. – Т. 21. – С. 1309; 1978. – Т. 21. – С. 1459.
20. Roso-Franco L. // Phys. Rev. Letts. – 1985. – Vol. 55. – P. 2149; J.Opt. Soc. Amer. B. – 1987. – Vol. 4. – P. 1878.
21. Надькин Л.Ю., Хаджи П.И. // Письма в ЖТФ. – 2005. – Т. 1. – С. 67.
22. Ляхомская К.Д., Надькин Л.Ю., Хаджи П.И. // Оптика и спектроскопия. – 2002. – Т. 92. – С. 267.
23. Хаджи П.И., Ткаченко Д.В. // Физика твердого тела. – 1998. – Т. 40. – С. 934.
24. Надькин Л.Ю., Хаджи П.И., Ляхомская К.Д. // Оптика и спектроскопия. – 2017. – Т. 5. – С. 816.

ОСОБЕННОСТИ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КВАНТОВЫХ ПРОВОЛОКАХ ВО ВНЕШНИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ И МАГНИТНОМ ПОЛЯХ

Э.П. Синявский, Н.С. Костюкевич

Теоретически исследованы межзонные оптические переходы в квантовых проволоках в модели параболического потенциала в электрическом и магнитном полях, направленных перпендикулярно оси нанопроволоки. Рассчитаны частотные зависимости интенсивности люминесценции света при учете взаимодействия носителей с шероховатой поверхностью и с длинноволновыми акустическими колебаниями. Получены графики зависимости полуширины люминесценции от радиуса проволоки и проведено сравнение с экспериментом.

Ключевые слова: межзонные оптические переходы, нанопроволока, люминесценция, поглощение, шероховатая поверхность.

PECULIARITIES OF LUMINESCENCE IN SEMICONDUCTOR QUANTUM WIRES IN EXTERNAL ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS

E.P. Sinyavskii, N.S. Kostukevich

The article studied the interband optical transitions in quantum wires in the model of the parabolic potential in electric and magnetic fields, directed perpendicularly to the nanowire axis. The authors calculated the frequency dependences of luminescence intensity of light, according to the interaction of carriers with a rough surface and with long-wave acoustic oscillations. The authors have got the graphs of dependence of the luminescence half-width on the wire radius and the results were compared with experiment.

Keywords: interband optical transitions, nanowire, luminescence, absorption, rough surface.

В квантовых наносистемах из-за размерного квантования возникают дополнительные каналы поглощения электромагнитной волны (люминесценции), которые не существуют в объемных материалах. Размерно-ограниченные системы (квантовые ямы (КЯ), квантовые проволоки (КП), нанотрубки) представляют научный интерес, так как только в них может четко проявиться эффект рассеяния носителей на шероховатой поверхности [1], который (например, в узких КЯ, КП) может полностью определять оптические свойства [2], [3], явления переноса в квантовых системах. Межзонная люминесценция (оптический переход I на рис. 1) экспериментально исследовалась в КЯ InGaAs/AlGaAs [4] (полуширина фотолюминесценции $\Delta \sim 20$ мэВ), в КЯ GaAs/AlSb [5].

Межподзонное поглощение света (переход IV на рис. 1) наблюдалось в узких квантовых ямах InAs/AlSb ($d = 20\text{--}200$ Å) [6], GaAs/AlAs [7].

При этом с уменьшением толщины d КЯ максимум поглощения смещался в область больших частот. Авторы [7] утверждают, что для описания межподзонного поглощения слабой электромагнитной волны важно учитывать рассеяние носителей на шероховатой поверхности (высокие подвижности, большие значения коэффициента межподзонного поглощения света $K(\Omega) \sim 5 \cdot 10 \text{ см}^{-1}$ [8]).

Теоретически межподзонные оптические переходы исследовались в асимметричных КЯ InGaAs/AlGaAs [9], в КЯ CdS/ZnSe [10]. В широкозонных легиро-

ванных квантовых ямах $\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x}\text{As}$ (ширина КЯ $d \geq 10^3 \text{ \AA}$) наблюдалась люминесценция при оптическом переходе электрона из размерно-квантованной зоны проводимости в акцепторные связанные состояния [11] (оптический переход III на рис. 1).

В последние годы интенсивно исследовались оптические свойства полупроводниковых квантовых проволок типа ZnO , GaN , CdS , InP , GaAs , поскольку в таких квантовых системах наблюдаются большие подвижности носителей и в них очень активны процессы рассеяния заряженных частиц на шероховатой поверхности [12]. Данные наноструктуры характеризуются большими силами осцилляторов, поэтому успешно используются при исследовании двух- и трехфотонных межзонных переходов [13], зона-зонной люминесценции [14–16]. В этих же наноструктурах экспериментально исследовались процессы люминесценции на примесные (связанные) состояния: донорно-акцепторной люминесценции [13], люминесценции, связанной с переходом электрона из размерно-квантованной зоны в акцепторные состояния [16].

Аналогичные оптические переходы наблюдались в нанопроволоках ZnS [17]. Оптические свойства полупроводниковых проволок Ge исследовались в [18] (в широкой области изменения радиуса нанопроволоки ($R = 100, 250, 1100 \text{ \AA}$)).

Привлекательность и актуальность исследований оптических свойств квантовых проволок связана с тем, что в данных одномерных квантовых системах на дне каждой размерно-квантованной зоны проводимости (валентной зоны) возникают особенности в плотности электронных состояний. Именно это обстоятельство приводит к специфическим по сравнению с двухмерными системами особенностям частотных зависимостей коэффициента поглощения и люминесценции электромагнитной волны. Важно отметить, что заметное влияние размерного квантования

на оптические характеристики квантовых проволок возникает при больших радиусах нанопроволоки ($R \geq 10^3 \text{ \AA}$) [12], т. е. описание кинетических свойств таких наносистем в модели параболического потенциала, в настоящее время часто применяемой, является вполне обоснованным [19–21]. Именно в одномерных квантовых системах из-за сильной локализации носителей экспериментально исследуются оптические свойства экситонов, биэкситонов, трионов (энергия связи биэкситона в нанопроволоке AlGaAs достигает 8 мэВ) [22].

В настоящей работе исследуется интенсивность зона-зонной люминесценции (оптический переход I на рис. 1) в квантовых проволоках (в модели параболическо-

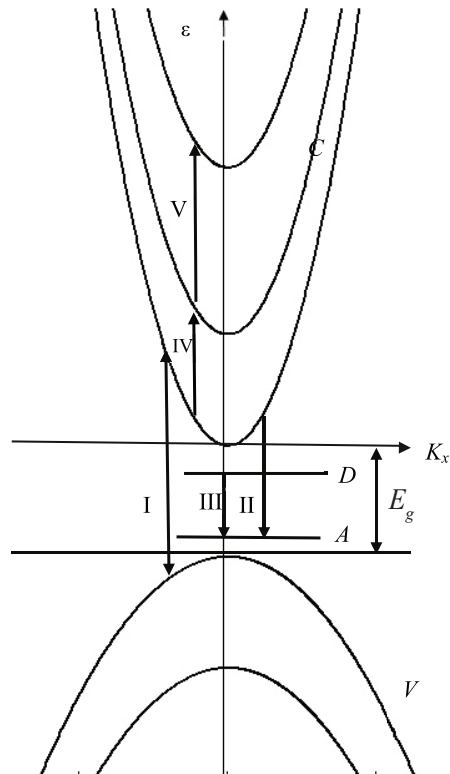


Рис. 1. Энергетическая схема прямозонной полупроводниковой размерно-ограниченной квантовой системы. Стрелками указаны возможные оптические переходы в наносистемах

го потенциала) в присутствии поперечных электрического и однородного магнитного полей (рис. 2). Гамильтониан для электрона с эффективной массой m_e в калибровке Ландау $\mathbf{A}(-Hy, 0, 0)$ записывается в виде

$$\hat{H}_e^0 = \frac{1}{2m_e} \left\{ \left[\hat{p}_x - \frac{eHy}{c} \right]^2 + \hat{p}_y^2 + \hat{p}_z^2 \right\} + \frac{m_e \omega_e^2 (y^2 + z^2)}{2} + eEz, \quad (1)$$

где $\hbar\omega_e$ – энергия размерного квантования, которая простым образом связана с потенциальной энергией ΔE_c на границе квантовой проволоки радиуса $R\omega_e = \frac{1}{R} \left[\frac{2\Delta E_c}{m_e} \right]^{1/2}$.

Волновые функции и собственные значения энергии вычисляются аналогично [20] и определяются соотношениями:

$$\Psi_\alpha(x, y, z) = \frac{e^{ik_x x}}{\sqrt{L_x}} \left(\frac{\lambda_1 \lambda_2}{\pi^2} \right)^{1/4} \frac{1}{\sqrt{2^n n! 2^m m!}} \times \\ \times H_m \left[(z + z_0) \sqrt{\lambda_1} \right] e^{-\frac{\lambda_1 (z + z_0)^2}{2}} \times \\ \times H_n \left[(y - y_0) \sqrt{\lambda_2} \right] e^{-\frac{\lambda_2 (y - y_0)^2}{2}}; \quad (2)$$

$$E_\alpha^c = \frac{\hbar^2 k_x^2}{2m_e^*} + \hbar\Omega_e \left(n + \frac{1}{2} \right) + \hbar\omega_e \left(m + \frac{1}{2} \right) - \Delta_c,$$

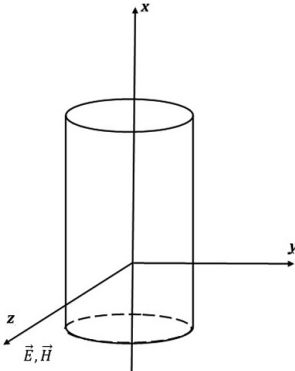


Рис. 2. Квантовая проволока в поперечном электрическом (\vec{E}) и магнитном (\vec{H}) полях ($\vec{H} \parallel \vec{E} \parallel Oz$)

где $\lambda_1 = \frac{m_e \omega_e}{\hbar}$; $\lambda_2 = \frac{m_e \Omega_e}{\hbar}$;

$$m_e^* = m_e \left(\frac{\Omega_e}{\omega_e} \right)^2; \quad \Omega_e = (\omega_e^2 + \omega_c^2)^{1/2};$$

$$\Delta_c = \frac{e^2 E^2}{2m_e \omega_e^2}; \quad z_0 = \frac{eE}{m_e \omega_e^2};$$

$$y_0 = \frac{k_x \hbar \omega_c}{m_e \Omega_e^2}; \quad \omega_c = \frac{eH}{m_e c};$$

$H_n(z)$ – полиномы Эрмита–Чебышева.

Аналогично можно вычислить собственные значения для носителей массы m_v в валентной зоне. Волновые функции для носителей в валентной зоне записываются аналогично (2), но m_e заменяется на m_v , ω_e – на ω_v , Ω_e – на Ω_v , E – на $-E$.

$$E_\beta^v = -\frac{\hbar^2 k_x^2}{2m_v^*} - \hbar\Omega_v \left(n + \frac{1}{2} \right) - \hbar\omega_v \left(m + \frac{1}{2} \right) + \Delta_v - E_g, \quad (3)$$

где $\Omega_v = (\omega_v^2 + \omega_{cv}^2)^{1/2}$; $\Delta_v = \frac{e^2 E^2}{2m_v \omega_v^2}$;

$$m_v^* = m_v \left(\frac{\Omega_v}{\omega_v} \right)^2; \quad \omega_{cv} = \frac{eH}{m_v c};$$

$\hbar\omega_v$ – энергия размерного квантования в валентной зоне; E_g – ширина запрещенной зоны исследуемой наноструктуры.

Интенсивность зона-зонной люминесценции электромагнитной волны поляризации e частоты Ω простым способом связана с фурье-образом корреляционной функции операторов импульса [23] и в представлении вторичного квантования определяется соотношением

$$W_l = \frac{4\pi e^2}{\hbar\Omega V} \left| \frac{\vec{P}_{cv} \vec{e}}{m_0} \right|^2 \sum_{\alpha\beta_1\beta_2} \langle \alpha | \beta \rangle \langle \beta_1 | \alpha_1 \rangle \times \\ \times \int_{-\infty}^{\infty} dt e^{-i\Omega t} \langle a_\alpha^{+c}(t) a_{\beta_1}^v(t) a_{\beta_2}^{+v} a_{\alpha_1}^c \rangle, \quad (4)$$

где V – объем квантовой системы; \bar{P}_{cv} – матричный элемент оператора импульса на блоховских волновых функциях электрона в зоне проводимости и в валентной зоне; $\langle \alpha | \beta \rangle$ – матричный элемент на сглаженных волновых функциях зоны проводимости ($|\alpha\rangle$) и валентной зоны ($|\beta\rangle$); $a_{\alpha}^{+c} (a_{\alpha}^c), a_{\beta_1}^{+v} (a_{\beta_1}^v)$ – операторы рождения (уничтожения) электронов в размерно-квантованной зоне проводимости и в размерно-квантованной валентной зоне;

$$\hat{a}(t) = e^{\frac{i\hbar t}{\hbar}} \hat{a} e^{-\frac{i\hbar t}{\hbar}}.$$

Если V – оператор взаимодействия $H = H_e^0 + V$, то согласно [24]

$$a_{\alpha}^{+c}(t) = \sum_{\alpha_2} a_{\alpha_2}^+ \langle \alpha_2 | e^{\frac{i}{\hbar}(H_e^0 + V)t} | \alpha \rangle,$$

$$a_{\beta}^v = \sum_{\beta_2} \langle \beta | e^{-\frac{i}{\hbar}(H_e^0 + V)t} | \beta_2 \rangle a_{\beta_2}^v. \quad (5)$$

В дальнейшем учитываем взаимодействие носителей с шероховатой поверхностью и с длинноволновыми акустическими колебаниями. Если подставить (5) в (4) и провести усреднение с равновесной матрицей плотности электрон-фононной системы [24] и усреднение по реализации случайного процесса [25] (в приближении времени релаксации), то интенсивность люминесценции записывается следующим образом:

$$W_l = \frac{4\pi e^2}{\hbar\Omega V} \left| \frac{\bar{P}_{cv} \bar{e}}{m_0} \right|^2 \times \sum_{\alpha\beta} |\langle \alpha | \beta \rangle|^2 n_{\alpha}^c (1 - n_{\beta}^v) \times$$

$$\times \frac{2(\Gamma_{\alpha}^c + \Gamma_{\beta}^v)}{(\Gamma_{\alpha}^c + \Gamma_{\beta}^v)^2 + \frac{1}{\hbar^2} (-\hbar\Omega + E_{\alpha}^c - E_{\beta}^v)^2}, \quad (6)$$

где $n_{\alpha}^c (n_{\beta}^v)$ – равновесная функция распределения электронов (дырочек) в размерно-квантованной зоне проводимости (в валентной зоне) исследуемой наносистемы. $2\Gamma_{\alpha}^c (2\Gamma_{\beta}^v)$ описывает квантово-механическую вероятность рассеяния электрона

(дырки) в единицу времени на шероховатой поверхности или на длинноволновых акустических колебаниях.

Рассмотрим (для простоты) взаимодействие электрона с шероховатой поверхностью [25] и упругое рассеяние электронов на акустических колебаниях [26]:

$$\Gamma_{\alpha}^c = \frac{1}{|k_x|} \gamma;$$

$$\gamma = \frac{E_1^2 k_0 T m_e^2 \omega_e}{2\pi \hbar^4 \rho v^2} (1 + \delta^2)^{\frac{5}{4}} +$$

$$+ \frac{2m_e \gamma_0 \omega_e^2}{\hbar R^2} (1 + \delta^2) \left[\frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{1 + \delta^2}} \right) + \frac{2\Delta}{\hbar \omega_e} \right];$$

$$\delta = \frac{\hbar \omega_c}{\hbar \omega_e},$$

где E_1 – константа деформационного потенциала для электрона; v – скорость звука в наноструктуре с плотностью ρ ; $\gamma_0^{1/3}$ определяет высоту флуктуаций.

Как непосредственно следует из (7), взаимодействие электрона с шероховатой поверхностью существенно зависит от радиуса квантовой проволоки $\propto \frac{1}{R^4}$, и его необходимо учитывать при исследовании кинетических явлений в узких наноструктурах.

Далее рассмотрим типичную полупроводниковую нанопроволоку типа GaAs ($m_c = 0,06 m_0, m_v = 0,4 m_0, E_c = 10$ эВ, $\Delta E_c = 0,255$ эВ, $\rho = 5,4$ г/см³, $v = 3 \cdot 10^5$ см/с) при $\gamma_0^{1/3} = 20$ Å. Подвижность, определяемая рассеянием носителей на шероховатой поверхности, достигает больших экспериментально наблюдаемых значений ($\mu \sim 3 \cdot 10^4$ см²/В·с) [3]. Для указанных выше параметров взаимодействием электронов с шероховатой поверхностью можно пренебречь, если $R > 5 \cdot 10^2$ Å. В этом случае $\gamma \sim \frac{1}{R}$, т. е. значительно слабее зависит от размеров наноструктуры.

Если (7) подставить в (6), то для случая невырожденного электронного (дырочного) газа интенсивность люминесценции, связанная с переходом электрона из нижайшего размерно-квантованного состояния зоны проводимости в нижайшее размерно-квантованное состояние валентной зоны (оптический переход I на рис. 1), принимает следующий вид:

$$W_l = \frac{2\pi e^2}{\Omega S} \left| \frac{\vec{P}_{cv} \vec{e}}{m_0} \right|^2 \times \sum_{\alpha\beta} |\langle 0_c | 0_v \rangle|^2 \frac{n_e n_v}{k_0 T} \left(\frac{2\hbar}{\omega_f (m_e^* + m_v^*)} \right)^{\frac{1}{2}} \times \int_{-\infty}^{\infty} dx e^{-\beta \hbar \omega_f x} \frac{1}{1 + x \left[\frac{\Delta}{\hbar \omega_f} + x \right]^2}, \quad (8)$$

$$\omega_f = \left[\frac{\hbar \gamma^2}{2\mu^*} \right]^{1/3}, \quad \frac{1}{\mu^*} = \frac{1}{m_e^*} + \frac{1}{m_v^*},$$

$$\Delta = -\hbar \Omega + E_g^*, \quad \beta = \frac{1}{k_0 T},$$

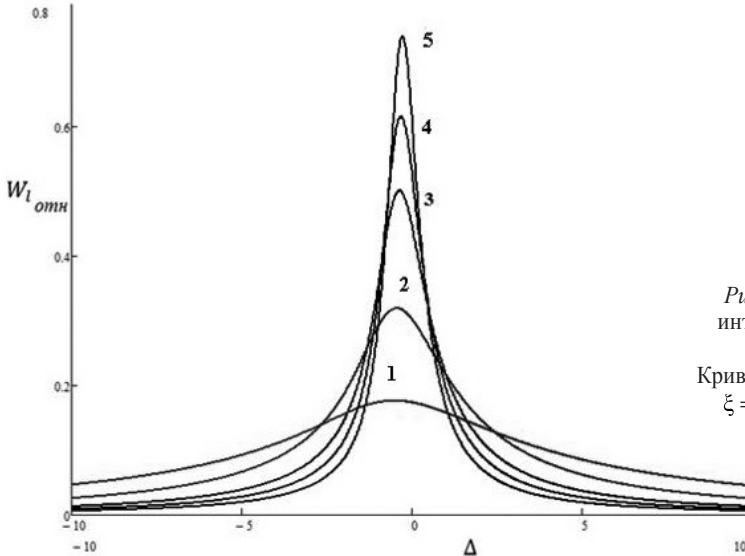


Рис. 3. Частотная зависимость интенсивности люминесценции (в отн. ед.) при $T = 40$ К. Кривые 1–5 получены для значений $\xi = 2, 3, 5, 7, 10$ соответственно

$$\Delta_{cv} = \frac{(eER)^2}{4} \left(\frac{1}{\Delta E_c} + \frac{1}{\Delta E_v} \right);$$

$$|\langle 0_c | 0_v \rangle|^2 = 4 \left[\frac{R_e R_v R_e^0 R_v^0}{(R_e^2 + R_v^2)(R_e^{02} + R_v^{02})} \right] \times \exp \left\{ - \frac{e^2 E^2 R^4}{(R_e^{02} + R_v^{02})} \left(\frac{1}{\Delta E_c} + \frac{1}{\Delta E_v} \right)^2 \right\}, \quad (9)$$

где $R_e^2 = \frac{\hbar}{m_e \Omega_e}, R_e^{02} = \frac{\hbar}{m_e \omega_e},$
 $R_v^2 = \frac{\hbar}{m_v \Omega_v}, R_v^{02} = \frac{\hbar}{m_v \omega_v};$

$n_e (n_v) = \frac{N_e}{L_x} \left(\frac{N_v}{L_x} \right)$ – линейная концентрация электронов (дырок) в квантовой проволоке; $E_g^* = E_g + \frac{1}{2} (\hbar \omega_e + \hbar \Omega_e + \hbar \omega_v + \hbar \Omega_v) - \Delta_{cv}$ – ширина запрещенной зоны исследуемой наноструктуры во внешних полях; S – сечение КП.

На рис. 3 представлена частотная зависимость интенсивности люминесценции (в отн. ед.) при $H = 0, E = 0, T = 40$ К.

Кривые 1–5 получены при $\xi = 2, 3, 5, 7, 10$ соответственно ($R = 10^2 \xi \text{ \AA}$). Полуширина линии люминесценции с ростом радиуса нанопроволоки уменьшается.

На рис. 4 приведена зависимость полуширины линии люминесценции от радиуса квантовой проволоки. При малых радиусах квантовой проволоки ($\xi < 4$) полуширина резко уменьшается с ростом R ($\Delta I \propto \frac{1}{R^{8/3}}$). Именно в таких КП рассея-

ние носителей на шероховатой поверхности является доминирующим механизмом рассеяния, определяющим частотную зависимость интенсивности люминесценции. (При значениях радиуса проволоки $R = 200; 500; 700 \text{ \AA}$ полуширина поглощения $\Delta I = 10, 176; 2, 386; 1, 89 \text{ мэВ}$ соответственно.)

С ростом радиуса нанопроволоки (см. рис. 4) влияние рассеяния носителей на шероховатой поверхности на интенсивность люминесценции уменьшается и полуширина линии излучения определяется взаимодействием носителей с длинноволновыми акустическими колебаниями ($\Delta I \propto R^{-2/3}$) и слабо зависит от размеров наносистемы.

Именно такую динамику изменения полуширины линии зона-зонной люминесценции от R экспериментально наблюдали при исследовании магнитооптики квантовых проволок [26]. С уменьшением радиуса квантовой проволоки ширина запрещенной зоны увеличивается на $\frac{1}{2}(\hbar\omega_e + \hbar\omega_v)$. Это, естественно, приводит к тому, что максимум зона-зонной люминесценции сдвигается в коротковолновую область спектра.

С уменьшением радиуса нанопроволоки увеличивается энергия размерного квантования ($\hbar\omega_e, \hbar\omega_v \propto \frac{1}{R}$), что приводит к уменьшению числа размерно-

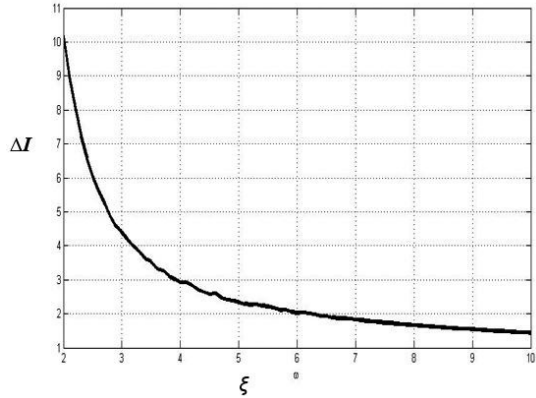


Рис. 4. Зависимость полуширины интенсивности люминесценции от радиуса квантовой проволоки

квантованных уровней в параболической потенциальной яме высотой ΔE_c (ΔE_v). Последнее обстоятельство является причиной уменьшения числа пиков межзонного поглощения слабой электромагнитной волны. Именно такая динамика изменения спектра межзонного поглощения света наблюдалась в нанопроволоках Ge при изменении радиуса квантовой системы от 10^2 до $1,1 \cdot 10^3 \text{ \AA}$ [18].

Как непосредственно следует из (9), с ростом напряженности поперечного электрического поля интенсивность спонтанной люминесценции уменьшается. Это связано с тем, что при увеличении E перекрывание сглаженных волновых функций носителей зоны проводимости и валентной зоны уменьшается. Такое поведение интенсивности люминесценции при изменении напряженности поперечного электрического поля наблюдалось в квантовых проволоках CdS, GaN [27].

Если напряженность электрического поля увеличивается, то ширина запрещенной зоны нанопроволоки уменьшается на $\Delta_c + \Delta_v$. Это приводит к тому, что с ростом E максимум зона-зонной люминесценции сдвигается в длинноволновую область спектра.

Цитированная литература

1. **Sakaki H., Noda T., Hirakawa K. et al.** Interface roughness scattering in GaAs/AlAs quantum wells // *Appl. Phys. Lett.* – 1987. – Vol. 51, № 23. – P. 1934–1936.
2. **Sinyavskii E.P., Kostyukevich N.S.** Features of absorption of a weak electromagnetic wave in nanowires // *Opt. Spectrosc.* – 2013. – Vol. 114, № 2. – P. 205–210.
3. **Unuma T., Takahashi T., Noda T. et al.** Effects of interface roughness and phonon scattering on intersubband absorption linewidth in a GaAs quantum well // *J. Appl. Phys.* – 2001. – Vol. 78, № 22. – P. 3448–3450.
4. **Воробьев Л.Е., Паневин В.Ю., Федосов Н.К. и др.** Внутризонное поглощение и излучение света в квантовых ямах и квантовых точках // *ФТТ.* – 2004. – Т. 46, № 1. – С. 119–122.
5. **Brunner K., Bockelmann U., Abtreiter G. et al.** Photoluminescence from GaAs/AlGaAs quantum wires and quantum dots // *Le J. Phys. IV. EDP Sciences.* – 1993. – Vol. 3, № C5. – P. 107–114.
6. **Warburton R.J., Weilhammer K., Kotthaus J.P.** Influence of Collective Effects on the Linewidth of Intersubband Resonance // *Phys. Rev. Lett.* – 1998. – Vol. 80, № 10. – P. 2185–2188.
7. **Unuma T., Takahashi T., Noda T.** Effects of interface roughness and phonon scattering on intersubband absorption linewidth in a GaAs quantum well // *Appl. Phys. Lett. American Institute of Physics.* – 2001. – Vol. 78, № 22. – P. 3448–3450.
8. **Larrabee D.C., Khodaparast G.A., Kono J.** Temperature dependence of intersubband transitions in InAs/AlSb quantum wells // *Appl. Phys. Lett. American Institute of Physics.* – 2003. – Vol. 83, № 19. – P. 3936–3938.
9. **Chui H.C., Lord S.M., Martinet E.** Intersubband transitions in high indium content InGaAs/AlGaAs quantum wells // *Appl. Phys. Lett. American Institute of Physics.* – 1993. – Vol. 63, № 3. – P. 364–366.
10. **Göppert M., Grün M., Maier C. et al.** Intersubband and interminiband spectroscopy of doped and undoped CdS/ZnSe multiple quantum wells and superlattices // *Phys. Rev. B. American Physical Society.* – 2002. – Vol. 65, № 11. – P. 115334.
11. **Tabata A., Oliveira J.B.B., Lamas T.E. et al.** Optical properties of remotely doped parabolic quantum wells // *Phys. E Low-dimensional Syst. Nanostructures.* – 2003. – Vol. 17. – P. 262–263.
12. **Agarwal R., Lieber C.M.** Semiconductor nanowires: optics and optoelectronics // *Appl. Phys. A. Springer-Verlag.* – 2006. – Vol. 85, № 3. – P. 209–215.
13. **Yan X.-Y., Yao C.-B., Li J. et al.** Structural, photoluminescence and picosecond nonlinear optical effect of In-doped ZnO nanowires // *Opt. Mater. (Amst).* 2016. – Vol. 55. – P. 73–77.
14. **Rosenberg R.A., Abu Haija M., Vijayalakshmi K. et al.** Depth resolved luminescence from oriented ZnO nanowires // *Appl. Phys. Lett.* – 2009. – Vol. 95, № 24. – P. 243101.
15. **Shalish I., Temkin H., Narayanamurti V.** Size-dependent surface luminescence in ZnO nanowires // *Phys. Rev. B. American Physical Society.* – 2004. – Vol. 69, № 24. – P. 245401.
16. **Khan A., Kordesch M.E.** Effect of substrate temperature on the growth and luminescence properties of ZnO nanostructures // *Phys. E Low-dimensional Syst. Nanostructures.* – 2005. – Vol. 30, № 1–2. – P. 51–54.
17. **Zhang X., Zhang Y., Song Y. et al.** Optical properties of ZnS nanowires synthesized via simple physical evaporation // *Phys. E Low-dimensional Syst. Nanostructures.* – 2005. – Vol. 28, № 1. – P. 1–6.
18. **Cao L., White J.S., Park J.-S. et al.** Engineering light absorption in semiconductor nanowire devices // *Nat. Mater. Nature Publishing Group.* – 2009. – Vol. 8, № 8. – P. 643–647.
19. **Beenakker C.W.J., Houten H. van.** Quantum Transport in Semiconductor Nanostructures, Solid State Physics Semiconductor Heterostructures and Nanostructures. Ed by Ehrenreich H/ Academic Press, 1991. – P. 1–228.

20. Гейлер В.А., Маргулис В.А. Проводимость квантовой проволоки в параллельном магнитном поле // ЖЭТФ. – 1998. – Т. 113, № 4. – С. 1376–1396.

21. Гейлер В.А., Маргулис В.А. Проводимость квантовой проволоки в параллельном магнитном поле // ФТП. – 1999. – Т. 33, № 9. – С. 1141–1143.

22. Кучерешко В.П., Кац В.Н., Платонов А.В. и др. Фотолуминесценция одиночных квантовых нитей и квантовых точек // Поверхность. Рентгеновские синхротронные и нейтронные исследования. – 2012. – Т. 6, № 1. – С. 1–4.

23. Белоусов А.В., Коварский В.А., Сиянский Э.П. Оптические свойства молекулярных систем в поле низкочастотного лазерного излучения. – Кишинев, 1989. – С. 128.

24. Сиянский Э.П., Хамидуллин Р.А. Особенности электропроводности параболической квантовой ямы в магнитном поле // ФТП. – 2002. – Т. 36, № 8. – С. 989.

25. Сиянский Э.П., Карапетян С.А. Влияние поперечного электрического поля на подвижность в нанопроволоках // ФТП. – 2012. – Т. 46, № 8. – С. 1032.

26. Kulakovskii V.D., Butov L.V. Magneto-optics of quantum wires and quantum dots in semiconducting heterostructures // Uspekhi Fiz. Nauk. – 1995. – Vol. 165, № 2. – P. 229–232.

27. Greytak A.B., Barrelet C.J., Li Y. et al. Semiconductor nanowire laser and nanowire waveguide electro-optic modulators // Appl. Phys. Lett. – 2005. – Vol. 87, № 15. – P. 151103.

УДК 538.975, 537.632

ИССЛЕДОВАНИЕ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ И МАГНИТНОМ ПОЛЯХ

Р.А. Хамидуллин, Е.И. Брусенская

Исследованы состояния носителей заряда в квантовых точках, находящихся во внешних электрическом и магнитном полях, с учетом возможной анизотропии свойств материала квантовых точек.

Изучено влияние электрического и магнитного полей на межзонное поглощение света в квантовых точках при учете рассеяния носителей заряда на длинноволновых акустических колебаниях кристаллической решетки.

Ключевые слова: квантовая точка, анизотропия, электрическое поле, магнитное поле, поглощение света.

RESEARCH OF QUANTUM DOTS IN ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS

R.A. Khamidullin, E.I. Brusenskaia

The article deals with the state of charge carriers in quantum dots in external electric and magnetic fields, taking into account possible anisotropy of material properties of quantum dot. The influence of electric and magnetic fields on absorption of light in quantum dots is studied, according to scattering of charge carriers on long-wave acoustic vibrations of crystal lattice.

Keywords: quantum dot, anisotropy, electric field, magnetic field, absorption of light.

Большое значение для современной оптоэлектроники имеют приборы, в которых используются квантово-размерные структуры (квантовые ямы, проволоки, точки и их системы) [1–5]. Сегодня технология позволяет создавать низкоразмерные системы с разнообразными оптическими, электрическими, магнитными и другими свойствами. Благодаря применению внешних полей можно эффективно управлять оптическими и кинетическими свойствами размерно-квантованных систем, что и используется при создании новых оптоэлектронных приборов.

Весьма перспективными в практических приложениях представляются полупроводниковые системы нулевой размерности – квантовые точки (КТ), поскольку обладают уникальными свойствами [2, 3]. В случае квантовых точек эффект размерного квантования проявляется в наибольшей степени, так как движение носителей заряда ограничено сразу в трех направлениях (квазинульмерные состояния с дискретным спектром энергии). Особое значение имеет также форма квантовых точек, потому что определяет симметрию системы.

Обычно используются системы самоорганизованных или принудительно созданных квантовых точек. Однако чтобы лучше разобраться в особенностях этих систем, рассмотрим одиночную квантовую точку. Вообще, в квантовой точке может содержаться небольшое количество электронов, и тогда метод эффективной массы неприменим. Но для квантовых точек относительно больших размеров (с большим числом носителей) использование приближения эффективной массы является вполне законным [1]. Такие системы мы и будем рассматривать.

Внешние воздействия, например электрическое и магнитное поля, существенно изменяют характеристики носителей в квантовых точках, что определя-

ет широкие возможности управления их свойствами.

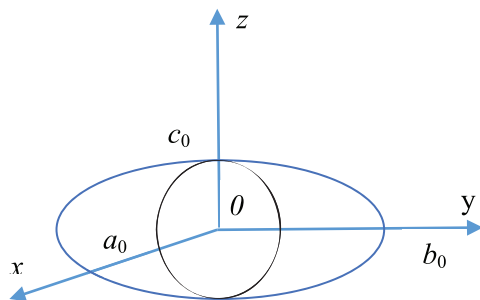
Во многих случаях удобной для описания носителей в нижайших состояниях в анизотропных квантовых точках эллипсоидной формы (см. рисунок) является модель квантовой точки с трехмерным параболическим ограничивающим потенциалом, в частности для электронов имеем:

$$U(x, y, z) = \frac{m_1\omega_1^2}{2}x^2 + \frac{m_2\omega_2^2}{2}y^2 + \frac{m_3\omega_3^2}{2}z^2, \quad (1)$$

где m_i – компоненты тензора эффективных масс электронов в кристалле ($i = 1, 2, 3$; тензор эффективных масс предполагается диагональным); ω_i – параметры (частоты), определяющие ограничивающий потенциал и размеры a_0, b_0, c_0 квантовой системы так, что величина потенциального барьера на границе равна

$$U_{\text{барьера}} = \frac{m_1\omega_1^2}{2}a_0^2 = \frac{m_2\omega_2^2}{2}b_0^2 = \frac{m_3\omega_3^2}{2}c_0^2.$$

Для простоты ограничимся рассмотрением квантовой точки с $\omega_1 = \omega_2 = \omega_0$, которая находится в магнитном поле $\mathbf{H} \parallel Oz$ и электрическом поле $\mathbf{\epsilon}(\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z)$, образующем произвольный угол θ с осью Oz . Используя калибровку вектора-потенциала $\mathbf{A}\left(\frac{-Hy}{2}, \frac{Hx}{2}, 0\right)$ и пренебрегая спиновыми эффектами, уравнение Шредингера для электронов можно записать в виде



Вид квантовой точки

$$\left\{ \frac{1}{2m_1} \left(\hat{\mathbf{p}}_x - \frac{e_0 H}{2c} y \right)^2 + \frac{1}{2m_2} \left(\hat{\mathbf{p}}_y + \frac{e_0 H}{2c} x \right)^2 + \frac{\hat{\mathbf{p}}_z^2}{2m_3} \right\} \Psi + \left\{ \frac{m_1 \omega_0^2}{2} x^2 + \frac{m_2 \omega_0^2}{2} y^2 + \frac{m_3 \omega_3^2}{2} z^2 + e_0 \varepsilon_x x + e_0 \varepsilon_y y + e_0 \varepsilon_z z \right\} \Psi = E \Psi. \quad (2)$$

Здесь e_0 – элементарный заряд; c – скорость света в вакууме.

Вводя обозначения

$$m \equiv \sqrt{m_1 m_2}; \quad (3)$$

$$\xi \equiv \sqrt{\frac{m}{m_2}} x = 4 \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} x; \quad \eta \equiv \sqrt{\frac{m}{m_1}} y = 4 \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} y; \quad (4)$$

$$\hat{\mathbf{p}}_\xi \equiv \sqrt{\frac{m}{m_1}} \hat{\mathbf{p}}_x = -i\hbar \frac{\partial}{\partial \xi}; \quad \hat{\mathbf{p}}_\eta \equiv \sqrt{\frac{m}{m_2}} \hat{\mathbf{p}}_y = -i\hbar \frac{\partial}{\partial \eta}; \quad (5)$$

$$\xi_0 = -\frac{e_0 \varepsilon_x}{m \omega_0^2} \sqrt{\frac{m_2}{m}}; \quad (6)$$

$$\eta_0 = -\frac{e_0 \varepsilon_y}{m \omega_0^2} \sqrt{\frac{m_1}{m}}; \quad z_0 = -\frac{e_0 \varepsilon_z}{m_3 \omega_3^2};$$

преобразуем (2) к виду

$$\left\{ \frac{1}{2m} \left[\left(\hat{\mathbf{p}}_\xi - \frac{e_0 H}{2c} \eta_0 \right) - \frac{e_0 H}{2c} (\eta - \eta_0) \right]^2 + \frac{1}{2m} \left[\left(\hat{\mathbf{p}}_\eta + \frac{e_0 H}{2c} \xi_0 \right) + \frac{e_0 H}{2c} (\xi - \xi_0) \right]^2 + \frac{\hat{\mathbf{p}}_z^2}{2m_3} + \frac{m \omega_0^2}{2} [(\xi - \xi_0)^2 + (\eta - \eta_0)^2] + \frac{m_3 \omega_3^2}{2} (z - z_0)^2 \right\} \Psi = \left[E + \frac{e_0^2 \varepsilon_x^2}{2m_1 \omega_0^2} + \frac{e_0^2 \varepsilon_y^2}{2m_2 \omega_0^2} + \frac{e_0^2 \varepsilon_z^2}{2m_3 \omega_3^2} \right] \Psi. \quad (7)$$

Будем искать Ψ по формуле

$$\Psi = \exp \left\{ \frac{i e_0 H}{\hbar} \frac{e_0 H}{2c} \eta_0 \xi - \frac{i e_0 H}{\hbar} \frac{e_0 H}{2c} \xi_0 \eta \right\} v(\xi, \eta, z). \quad (8)$$

Тогда $v(\xi, \eta, z)$ удовлетворяет уравнению

$$\left\{ \frac{1}{2m} \left[\hat{\mathbf{p}}_\xi - \frac{e_0 H}{2c} (\eta - \eta_0) \right]^2 + \frac{1}{2m} \left[\hat{\mathbf{p}}_\eta - \frac{e_0 H}{2c} (\xi - \xi_0) \right]^2 + \frac{\hat{\mathbf{p}}_z^2}{2m_3} \right\} v + \left\{ \frac{m \omega_0^2}{2} [(\xi - \xi_0)^2 + (\eta - \eta_0)^2] + \frac{m_3 \omega_3^2}{2} (z - z_0)^2 \right\} v = \left[E + \frac{e_0^2 \varepsilon_x^2}{2m_1 \omega_0^2} + \frac{e_0^2 \varepsilon_y^2}{2m_2 \omega_0^2} + \frac{e_0^2 \varepsilon_z^2}{2m_3 \omega_3^2} \right] v. \quad (9)$$

Переходя к цилиндрическим координатам

$$\rho = \sqrt{(\xi - \xi_0)^2 + (\eta - \eta_0)^2}; \quad (10)$$

$$\varphi = \text{arctg} \frac{\eta - \eta_0}{\xi - \xi_0}; \quad \zeta = z - z_0,$$

преобразуем (9) к виду

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \left\{ \frac{\partial^2}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} + i \frac{m \omega_c}{\hbar} \frac{\partial}{\partial \varphi} - \frac{m^2 \omega^2}{\hbar^2} \rho^2 \right\} v + \left\{ -\frac{\hbar^2}{2m_3} \frac{\partial^2}{\partial \zeta^2} + \frac{m_3 \omega_3^2 \zeta^2}{2} \right\} v = E v, \quad (11)$$

где

$$\omega_c \equiv \frac{e_0 H}{mc} \quad \text{и} \quad \omega \equiv \sqrt{\omega_0^2 + \frac{\omega_c^2}{4}}. \quad (12)$$

Решение (11) известно [6], в результате получаем волновые функции электронов:

$$\begin{aligned} & \Psi_{nM\nu}(\rho, \varphi, \zeta) = \\ & = \exp\left\{\frac{i}{2}\frac{\rho}{R^2}(\eta_0 \cos \varphi - \xi_0 \sin \varphi)\right\} \frac{e^{iM\varphi}}{\sqrt{\pi}} \times \\ & \times \Lambda^{\frac{|M|+1}{2}} \sqrt{\frac{n!}{(n+|M|)!}} \rho^{|M|} L_n^{|M|}(\Lambda \rho^2) \times \\ & \times e^{-\frac{\Lambda}{2}\rho^2} \left(\frac{\lambda}{\pi}\right)^{\frac{1}{4}} \frac{1}{\sqrt{2^{\nu} \nu!}} H_{\nu}[\zeta\sqrt{\lambda}] e^{-\frac{\lambda}{2}\zeta^2} \end{aligned} \quad (13)$$

и собственные значения энергии:

$$\begin{aligned} E_{nM\nu} &= \hbar\omega(2n + |M| + 1) + \\ & + \frac{\hbar\omega_c}{2}M + \hbar\omega_3\left(\nu + \frac{1}{2}\right) - \\ & - \frac{e_0^2 \varepsilon_x^2}{2m_1\omega_0^2} - \frac{e_0^2 \varepsilon_y^2}{2m_2\omega_0^2} - \frac{e_0^2 \varepsilon_z^2}{2m_3\omega_3^2} \end{aligned} \quad (14)$$

($n = 0, 1, 2, \dots; M = 0, \pm 1, \pm 2, \dots;$
 $\nu = 0, 1, 2, \dots$).

Здесь

$$R = \sqrt{\frac{\hbar c}{e_0 H}}; \quad \Lambda = \frac{m\omega}{\hbar}; \quad \lambda = \frac{m_3\omega_3}{\hbar}. \quad (15)$$

Собственные значения энергии и волновые функции для дырок можно получить, если заменить в соотношениях (13) и (14) электронные параметры на дырочные с учетом знака.

Как следует из (14), энергетические спектры носителей заряда (электронов и дырок) в квантовых точках в электрическом и магнитном полях являются полностью квантованными и невырожденными (за исключением случайного вырождения). Действие электрического и магнитного полей различно.

Так, магнитное поле снимает вырождение (если оно было) и увеличивает энергию квантования (увеличивается частота колебаний электронного осциллятора, причем из-за

анизотропии в КТ для различных направлений поля по-разному). Величина спектрального расщепления зависит от магнитного поля с учетом анизотропии вещества.

Электрическое поле, наоборот, вырождения не снимает и одинаково для всех уровней понижает энергию электронов (повышает для дырок) на величину, зависящую от направления (из-за анизотропии в КТ) и величины поля ε , а также смещает центр электронного осциллятора против направления поля. Поэтому приведенный расчет справедлив только для не слишком больших электрических полей, таких, у которых центр электронного осциллятора достаточно удален от границы КТ и для потенциальной энергии применимо выражение (1).

Если электрическое и магнитное поля неколлинеарны, то в волновой функции имеется экспоненциальный фазовый множитель, зависящий от электрического и магнитного полей (своеобразный аналог эффекта Холла).

Ширина запрещенной зоны в квантовой точке в электрическом и магнитном полях равна

$$\tilde{E}_g = E_g + \Delta_c + \Delta_{\nu}, \quad (16)$$

где E_g – ширина запрещенной зоны кристалла, параметры дырок снабжены дополнительным индексом ν ;

$$\begin{aligned} \Delta_c &= \hbar\omega + \hbar\omega_3 / 2 - \\ & - \frac{e_0^2 \varepsilon_x^2}{2m_1\omega_0^2} - \frac{e_0^2 \varepsilon_y^2}{2m_2\omega_0^2} - \frac{e_0^2 \varepsilon_z^2}{2m_3\omega_3^2}; \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \Delta_{\nu} &= \hbar\omega^{(\nu)} + \hbar\omega_3^{(\nu)} / 2 - \frac{e_0^2 \varepsilon_x^2}{2m_1^{(\nu)}(\omega_0^{(\nu)})^2} - \\ & - \frac{e_0^2 \varepsilon_y^2}{2m_2^{(\nu)}(\omega_0^{(\nu)})^2} - \frac{e_0^2 \varepsilon_z^2}{2m_3^{(\nu)}(\omega_3^{(\nu)})^2}. \end{aligned} \quad (18)$$

Из (16)–(18) следует, что ширина запрещенной зоны в квантовой точке уменьшается с ростом электрического поля и увеличивается с ростом магнитного поля по-разному для различных направлений полей (из-за анизотропии в КТ).

Используя результаты [1, 5], вычислим коэффициент поглощения света для КТ в электрическом и магнитном полях:

$$K(\Omega) = K_0 \sum_{\alpha^{(c)}, \beta^{(v)}} \left| \langle \alpha^{(c)} | \beta^{(v)} \rangle \right|^2 \times \int_{-\infty}^{\infty} dt \exp \left\{ \frac{it}{\hbar} (\hbar\Omega - J_{\alpha\beta}) + g_{\alpha\beta}(t) \right\}. \quad (19)$$

Здесь

$$K_0 = \frac{8\pi e_0^2}{V n_0 c \hbar \Omega} \left| \frac{\mathbf{P}_{cv} \boldsymbol{\xi}}{m_0} \right|^2; \quad (20)$$

$$J_{\alpha\beta} = \tilde{E}_g + E_\alpha - E_\beta^{(v)} - \sum_{\chi} \frac{|V_\alpha^{(c)}(\boldsymbol{\chi})|^2}{\hbar\omega_\chi} + \sum_{\chi} \frac{|V_\beta^{(v)}(\boldsymbol{\chi})|^2}{\hbar\omega_\chi}; \quad (21)$$

$$g_{\alpha\beta}(t) = - \sum_{\chi} \frac{|V_\alpha^{(c)}(\boldsymbol{\chi}) - V_\beta^{(v)}(\boldsymbol{\chi})|^2}{\hbar\omega_\chi} \times \times \left\{ (2N_\chi + 1)(1 - \cos \omega_\chi t) - i \sin \omega_\chi t \right\}; \quad (22)$$

$\alpha = (n, M, v)$ – набор квантовых чисел; Ω – частота света; \mathbf{P}_{cv} – матричный элемент оператора импульса на блоховских функциях; $\boldsymbol{\xi}$ – единичный вектор поляризации электромагнитной волны; V – объем квантовой системы; n_0 – показатель преломления; m_0 – масса свободного электрона; $V_\alpha^{(j)}(\boldsymbol{\chi}) = C_\chi^{(j)} \langle \alpha^{(j)} | e^{i\boldsymbol{\chi} \cdot \mathbf{r}} | \alpha^{(j)} \rangle$ – диагональный матричный элемент электрон-фононного взаимодействия на волновых функциях электронных состояний j -зоны ($j = c, v$); $C_\chi^{(j)}$ – величина, определяющая интенсивность электрон-фононного взаимодействия; $\hbar\omega_\chi$ – энергия фонона с

волновым вектором $\boldsymbol{\chi}$; N_χ – равновесная функция распределения фононов.

Как следует из (19), с учетом (13), поскольку магнитное поле снимает вырождение (см. (14)), в спектре поглощения света появляются новые линии. С ростом магнитного поля линии поглощения смещаются в коротковолновую область и степень расщепления повышается. Величина поглощения существенно зависит от величин и конфигурации магнитного и электрического полей (из-за анизотропии в КТ), так как они изменяют степень перекрытия волновых функций. Так, например, интенсивность переходов между нижайшими состояниями пропорциональна

$$\begin{aligned} & \left| \langle 0^{(c)} | 0^{(v)} \rangle \right|^2 = \\ & = \frac{8mm^{(v)} \sqrt{m_3 m_3^{(v)} \omega \omega^{(v)}} \sqrt{\omega_3 \omega_3^{(v)}}}{(m_1 \omega + m_1^{(v)} \omega^{(v)}) (m_2 \omega + m_2^{(v)} \omega^{(v)}) (m_3 \omega_3 + m_3^{(v)} \omega_3^{(v)})} \times \\ & \quad \times e^{-\tau(\boldsymbol{\varepsilon}, \mathbf{H})}, \end{aligned} \quad (23)$$

где

$$\begin{aligned} \tau(\boldsymbol{\varepsilon}, \mathbf{H}) &= \tau_1^2 \frac{e_0^2 \varepsilon_x^2}{\hbar} \frac{m_1 m_1^{(v)} \omega \omega^{(v)}}{m_1 \omega + m_1^{(v)} \omega^{(v)}} \times \\ & \times \left[1 - \frac{\left(\frac{e_0 H}{2c} \right)^2}{m_1 m_1^{(v)} \omega \omega^{(v)}} \frac{m_1 \omega + m_1^{(v)} \omega^{(v)}}{m_2 \omega + m_2^{(v)} \omega^{(v)}} \right] + \\ & + \tau_2^2 \frac{e_0^2 \varepsilon_y^2}{\hbar} \frac{m_2 m_2^{(v)} \omega \omega^{(v)}}{m_2 \omega + m_2^{(v)} \omega^{(v)}} \times \\ & \times \left[1 - \frac{\left(\frac{e_0 H}{2c} \right)^2}{m_2 m_2^{(v)} \omega \omega^{(v)}} \frac{m_2 \omega + m_2^{(v)} \omega^{(v)}}{m_1 \omega + m_1^{(v)} \omega^{(v)}} \right] + \\ & + \tau_3^2 \frac{e_0^2 \varepsilon_z^2}{\hbar} \frac{m_3 m_3^{(v)} \omega_3 \omega_3^{(v)}}{m_3 \omega_3 + m_3^{(v)} \omega_3^{(v)}}; \end{aligned} \quad (24)$$

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

Поскольку воздействие электрического поля приводит к смещению кривой потенциальной энергии (1) целиком по энергии и в пространстве, но не меняет ее формы, то с ростом электрического поля происходит смещение всех линий поглощения в длинноволновую область спектра на одну и ту же величину (из-за анизотропии в КТ это смещение различно для разных направлений поля), а ширина линий поглощения остается такой же, как и в отсутствие электрического поля в работах [1, 4] (характер рассеяния носителей не меняется).

Например, для переходов между нижайшими состояниями, учитывая рассеяние носителей на акустических фононах, как в [1], можно записать:

$$g_{00}(t) = -\frac{a}{2\hbar^2} t^2 + i \frac{b}{\hbar} t, \quad (25)$$

где

$$a = \sum_{\chi} \left| V_0^{(c)}(\chi) - V_0^{(v)}(\chi) \right|^2 (2N_{\chi} + 1); \quad (26)$$

$$b = \sum_{\chi} \frac{\left| V_0^{(c)}(\chi) - V_0^{(v)}(\chi) \right|^2}{\hbar \omega_{\chi}}.$$

Подставляя (25) в (19) и проводя интегрирование по t , получаем выражения для коэффициента поглощения света:

$$K(\Omega) = K_0 \left| \langle 0^{(c)} | 0^{(v)} \rangle \right|^2 \times \sqrt{\frac{2\pi\hbar^2}{a}} \exp \left\{ -\frac{(\hbar\Omega - J_{00} - b)^2}{2a} \right\}. \quad (27)$$

Как следует из (27), форма линии поглощения определяется гауссовой кривой с полушириной

$$\Delta\Omega = \frac{2}{\hbar} \sqrt{2a \ln 2},$$

определяемой, так же как и в [1], только магнитным полем. Согласно (26) с ростом магнитного поля величины a (а следовательно, и полуширина линии) и b (фононный сдвиг) монотонно возрастают.

Цитированная литература

1. Снявский Э.П., Брусенская Е.И., Бурлачук А.В. // Вестник Приднестр. ун-та. – 2013. – № 3. – С. 53.
2. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. – М., 2006.
3. Игнатъев И.В., Козин И.Э. Динамика носителей в полупроводниковых квантовых точках. – СПб., 2005.
4. Leniet A., Vsanelli A., Wade A. et al. // Phys. Rev. – 2006. – В. 73. – Р. 085311.
5. Sinyavskii E.P., Grebenshikova E.I. // Journal of experimental and theoretical Physics. – 1999. – В. 89. – Р. 1120.
6. Флюгге З. Задачи по квантовой механике. – М., 1974.

УДК 512.556.3

ПОЛУИЗОМЕТРИЧЕСКИЙ ИЗОМОРФИЗМ И ПОПОЛНЕНИЕ ПСЕВДОНОРМИРОВАННЫХ КОЛЕЦ

С.А. Алещенко

Статья посвящена изучению вопроса сохранения полуизометрического изоморфизма (полуизометрического слева, полуизометрического справа) при взятии пополнения псевдонормированных колец. Показано, что полуизометрический изоморфизм (полуизометрический слева, полуизометрический справа) сохраняется при взятии пополнения псевдонормированных колец, если псевдонормированное кольцо (R, ξ) имеет элемент, не являющийся топологическим делителем нуля (правым топологическим делителем нуля, левым топологическим делителем нуля).

Ключевые слова: псевдонормированное кольцо, идеал, подкольцо, односторонний идеал, изометрический гомоморфизм, полуизометрический изоморфизм, пополнение псевдонормированных колец, топологический делитель нуля.

SEMI-ISOMETRIC ISOMORPHISM AND COMPLETION OF PSEUDONORMED RINGS

S.A. Aleschenko

The article is devoted to the study of the problem of the keeping of a semi-isometric isomorphism (semi-isometric on the left, semi-isometric on the right) when taking the completion of pseudonormed rings. It's shown that a semi-isometric isomorphism (semi-isometric on the left, semi-isometric on the right) is saved when taking the completion of pseudonormed rings, if the pseudonormed ring (R, ξ) has an element that is not a topological zero divisor (right topological zero divisor, left topological zero divisor).

Keywords: pseudonormed ring, ideal, subring, one-sided ideal, isometric homomorphism, semi-isometric isomorphism, completion of pseudonormed rings, topological zero divisor.

Определение 1. Вещественнозначную функцию ξ , заданную в кольце R , называют псевдонормой, если выполнены следующие условия:

- 1) $\xi(r) \geq 0$ для любого $r \in R$;
- 2) $\xi(r) = 0$ тогда и только тогда, когда $r = 0$;
- 3) $\xi(-r) = \xi(r)$ для любого $r \in R$;
- 4) $\xi(r_1 + r_2) \leq \xi(r_1) + \xi(r_2)$ для любых $r_1, r_2 \in R$;
- 5) $\xi(r_1 \cdot r_2) \leq \xi(r_1) \cdot \xi(r_2)$ для любых $r_1, r_2 \in R$.

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

В теории дискретных колец, и в частности в общей теории радикалов колец, большую роль играет следующая теорема об изоморфизме:

Теорема 1. Пусть R – кольцо, S – подкольцо кольца R . Если I – идеал в R , то существует изоморфизм $\varphi: S / (S \cap I) \rightarrow (S + I) / I$.

Если кольцо R имеет дополнительную структуру, а именно топологию или псевдонорму, то при формулировке аналогов теоремы 1 естественно требовать, чтобы изоморфизм φ сохранял эту дополнительную структуру.

Так, например:

- если (R, τ) – топологическое кольцо, то изоморфизм φ должен быть и гомеоморфизмом соответствующих топологических пространств;
- если (R, ξ) – псевдонормированное кольцо, то изоморфизм φ должен быть изометрией соответствующих метрических пространств.

В работах [1], [2] показано, что теорема 1 для топологических и псевдонормированных колец в общем случае неверна. Поэтому аналоги теоремы 1 приходится рассматривать для случаев, когда подкольцо S удовлетворяет дополнительным условиям: S – двусторонний идеал; S – односторонний идеал; S – достижимое подкольцо.

В работах [2], [3] были рассмотрены следующие понятия:

Определение 2. Пусть (R, ξ) и $(\bar{R}, \bar{\xi})$ – псевдонормированные кольца. Изоморфизм $\varphi: (R, \xi) \rightarrow (\bar{R}, \bar{\xi})$ назовем полуизометрическим (полуизометрическим слева, полуизометрическим справа), если существует такое псевдонормированное кольцо $(\hat{R}, \hat{\xi})$, что выполнены следующие условия:

– R является идеалом (левым идеалом, правым идеалом) в кольце \hat{R} ;

– $\xi|_R = \hat{\xi}$;

– изоморфизм φ может быть продолжен до изометрического гомоморфизма $\hat{\varphi}: (\hat{R}, \hat{\xi}) \rightarrow (\bar{R}, \bar{\xi})$ псевдонормированных колец, т. е. такого гомоморфизма $\hat{\varphi}$, что

$\bar{\xi}(\hat{\varphi}(\hat{r})) = \inf \{ \hat{\xi}(\hat{r} + i) \mid i \in \ker \hat{\varphi} \}$ для всех $\hat{r} \in \hat{R}$.

В работах [2], [3] были доказаны критерии полуизометрического изоморфизма (полуизометрического слева, полуизометрического справа).

Теорема 2. Пусть (R, ξ) и $(\bar{R}, \bar{\xi})$ – псевдонормированные кольца, $\varphi: R \rightarrow \bar{R}$ – кольцевой изоморфизм. Изоморфизм $\varphi: (R, \xi) \rightarrow (\bar{R}, \bar{\xi})$ является полуизометрическим изоморфизмом псевдонормированных колец тогда и только тогда, когда для любых $a, b \in R$ справедливы неравенства:

$$\xi(a \cdot b) \leq \bar{\xi}(\varphi(a)) \cdot \xi(b),$$

$$\xi(b \cdot a) \leq \xi(b) \cdot \bar{\xi}(\varphi(a))$$

$$\text{и } \bar{\xi}(\varphi(a)) \leq \xi(a).$$

Теорема 3. Пусть (R, ξ) и $(\bar{R}, \bar{\xi})$ – псевдонормированные кольца, $\varphi: R \rightarrow \bar{R}$ – кольцевой изоморфизм. Изоморфизм $\varphi: (R, \xi) \rightarrow (\bar{R}, \bar{\xi})$ является полуизометрическим изоморфизмом слева тогда и только тогда, когда для любых $a, b \in R \setminus \{0\}$ справедливо неравенство

$$\frac{\xi(b \cdot a)}{\xi(a)} \leq \bar{\xi}(\varphi(b)) \leq \xi(b).$$

Теорема 4. Пусть (R, ξ) и $(\bar{R}, \bar{\xi})$ – псевдонормированные кольца, $\varphi: R \rightarrow \bar{R}$ – кольцевой изоморфизм. Изоморфизм $\varphi: (R, \xi) \rightarrow (\bar{R}, \bar{\xi})$ является полуизометрическим изоморфизмом справа тогда и только тогда, когда для любых $a, b \in R \setminus \{0\}$ справедливо неравенство

$$\frac{\xi(b \cdot a)}{\xi(b)} \leq \bar{\xi}(\varphi(a)) \leq \xi(a).$$

Следствие. Пусть (R, ξ) и $(\bar{R}, \bar{\xi})$ – псевдонормированные кольца, $\varphi: R \rightarrow \bar{R}$ – кольцевой изоморфизм. Если $\varphi: (R, \xi) \rightarrow (\bar{R}, \bar{\xi})$ является полуизометрическим изоморфизмом слева и полуизометрическим изоморфизмом справа, то $\varphi: (R, \xi) \rightarrow (\bar{R}, \bar{\xi})$ является полуизометрическим изоморфизмом.

Одной из важных конструкций в теории топологических колец является пополнение псевдонормированных колец. В работе [4] было рассмотрено следующее определение:

Определение 3. Пусть (R, ξ) – псевдонормированное кольцо. Псевдонормированное кольцо $(\tilde{R}, \tilde{\xi})$ называют пополнением псевдонормированного кольца (R, ξ) , если:

1) кольцо \tilde{R} является подкольцом кольца \tilde{R} ;

2) $\tilde{\xi}(r) = \xi(r)$ для всех $r \in R$;

3) $(\tilde{R}, \tilde{\xi})$ является полным псевдонормированным кольцом;

4) множество R всюду плотно в $(\tilde{R}, \tilde{\xi})$.

В работе [4] была доказана следующая теорема:

Теорема 5. Каждое псевдонормированное кольцо (R, ξ) имеет пополнение $(\bar{R}, \bar{\xi})$, и это пополнение единственно с точностью до изометрического изоморфизма, сохраняющего неподвижными элементы из R .

Также в работе [4] были рассмотрены понятия:

Определение 4. Элемент $a \in (R, \xi)$ называют левым топологическим делителем нуля, если найдется такая последовательность $\{x_n | n = 1, 2, \dots\} \subset (R, \xi)$, что:

- 1) $\xi(x_n) \not\rightarrow 0$; 2) $\xi(a \cdot x_n) \rightarrow 0$.

Определение 5. Элемент $a \in (R, \xi)$ называют правым топологическим делителем нуля, если найдется такая последовательность $\{x_n | n = 1, 2, \dots\} \subset (R, \xi)$, что:

- 1) $\xi(x_n) \not\rightarrow 0$; 2) $\xi(x_n \cdot a) \rightarrow 0$.

Определение 6. Элемент $a \in (R, \xi)$ называют топологическим делителем нуля, если a является и левым и правым топологическим делителем нуля.

В [4] изучены основные вопросы, связанные с конструкцией пополнения топологических и псевдонормированных колец. В настоящей работе рассматривается вопрос о сохранении полуизометрического изоморфизма (полуизометрического слева, полуизометрического справа) при переходе к пополнению псевдонормированных колец. Результаты исследования были анонсированы в [5].

Установим связь между фундаментальными последовательностями полуизометрически изоморфных (полуизометрически изоморфных слева, полуизометрически изоморфных справа) псевдонормированных колец.

Предложение. Пусть (R, ξ) и $(\bar{R}, \bar{\xi})$ – псевдонормированные кольца, $\varphi: R \rightarrow \bar{R}$ – кольцевой изоморфизм. Тогда справедливы следующие утверждения:

1. Если $\varphi: (R, \xi) \rightarrow (\bar{R}, \bar{\xi})$ – полуизометрический изоморфизм слева

и псевдонормированное кольцо (R, ξ) имеет элемент, не являющийся правым топологическим делителем нуля, то последовательность $\{r_n | n = 1, 2, \dots\}$ является фундаментальной в кольце (R, ξ) тогда и только тогда, когда последовательность $\{\bar{r}_n = \varphi(r_n) | n = 1, 2, \dots\}$ является фундаментальной в кольце $(\bar{R}, \bar{\xi})$.

2. Если $\varphi: (R, \xi) \rightarrow (\bar{R}, \bar{\xi})$ – полуизометрический изоморфизм справа и псевдонормированное кольцо (R, ξ) имеет элемент, не являющийся левым топологическим делителем нуля, то последовательность $\{r_n | n = 1, 2, \dots\}$ является фундаментальной в кольце (R, ξ) тогда и только тогда, когда последовательность $\{\bar{r}_n = \varphi(r_n) | n = 1, 2, \dots\}$ является фундаментальной в кольце $(\bar{R}, \bar{\xi})$.

3. Если $\varphi: (R, \xi) \rightarrow (\bar{R}, \bar{\xi})$ – полуизометрический изоморфизм и псевдонормированное кольцо (R, ξ) имеет элемент, не являющийся топологическим делителем нуля, то последовательность $\{r_n | n = 1, 2, \dots\}$ является фундаментальной в кольце (R, ξ) тогда и только тогда, когда последовательность $\{\bar{r}_n = \varphi(r_n) | n = 1, 2, \dots\}$ является фундаментальной в кольце $(\bar{R}, \bar{\xi})$.

Доказательство.

Докажем утверждение 1. Пусть $\varphi: (R, \xi) \rightarrow (\bar{R}, \bar{\xi})$ – полуизометрический изоморфизм слева, элемент $a \in (R, \xi)$ не является правым топологическим делителем нуля и $\{r_n | n = 1, 2, \dots\}$ – произвольная фундаментальная последовательность в кольце (R, ξ) . Рассмотрим последовательность $\{\bar{r}_n = \varphi(r_n) | n = 1, 2, \dots\}$ в кольце $(\bar{R}, \bar{\xi})$. Поскольку последовательность $\{r_n | n = 1, 2, \dots\}$ фундаментальна в (R, ξ) , то для любого действительного числа $\varepsilon > 0$ существует такой номер $N(\varepsilon)$, что для всех номеров n и m , начиная с номера $N(\varepsilon)$, выполнено неравенство $\xi(r_n - r_m) < \varepsilon$. Из теоремы 3 следует, что

$$\bar{\xi}(\varphi(r_n - r_m)) \leq \xi(r_n - r_m).$$

Так как $\varphi: R \rightarrow \bar{R}$ – изоморфизм, то $\varphi(r_n - r_m) = \varphi(r_n) - \varphi(r_m) = \bar{r}_n - \bar{r}_m$, и мы получаем неравенство

$$\bar{\xi}(\bar{r}_n - \bar{r}_m) = \bar{\xi}(\varphi(r_n - r_m)) \leq \xi(r_n - r_m) < \varepsilon.$$

Значит, каждой фундаментальной последовательности $\{r_n | n = 1, 2, \dots\}$ в кольце (R, ξ) соответствует фундаментальная последовательность $\{\bar{r}_n = \varphi(r_n) | n = 1, 2, \dots\}$ в кольце $(\bar{R}, \bar{\xi})$.

Обратно. Пусть $\{\bar{r}_n | n = 1, 2, \dots\}$ – произвольная фундаментальная последовательность в кольце $(\bar{R}, \bar{\xi})$. Рассмотрим в кольце (R, ξ) последовательность $\{r_n = \varphi^{-1}(\bar{r}_n) | n = 1, 2, \dots\}$. Покажем, что последовательность $\{r_n | n = 1, 2, \dots\}$ фундаментальна в кольце (R, ξ) . Согласно теореме 3 мы имеем неравенство

$$\frac{\xi((r_n - r_m) \cdot a)}{\xi(a)} \leq \bar{\xi}(\varphi(r_n - r_m)).$$

Так как $\varphi(r_n - r_m) = \varphi(r_n) - \varphi(r_m) = \bar{r}_n - \bar{r}_m$, то получаем

$$\begin{aligned} \xi((r_n - r_m) \cdot a) &\leq \bar{\xi}(\varphi(r_n - r_m)) \cdot \xi(a) = \\ &= \bar{\xi}(\bar{r}_n - \bar{r}_m) \cdot \xi(a). \end{aligned}$$

Поскольку последовательность $\{\bar{r}_n | n = 1, 2, \dots\}$ фундаментальна в кольце $(\bar{R}, \bar{\xi})$, то $\lim_{n, m \rightarrow \infty} \bar{\xi}(\bar{r}_n - \bar{r}_m) = 0$. Тогда из неравенства

$$\begin{aligned} \xi((r_n - r_m) \cdot a) &\leq \bar{\xi}(\varphi(r_n - r_m)) \cdot \xi(a) = \\ &= \bar{\xi}(\bar{r}_n - \bar{r}_m) \cdot \xi(a) \end{aligned}$$

мы получим $\lim_{n, m \rightarrow \infty} \xi((r_n - r_m) \cdot a) = 0$. И так как элемент a не является правым топологическим делителем нуля в кольце (R, ξ) , то из определения 5 следует, что $\lim_{n, m \rightarrow \infty} \xi(r_n - r_m) = 0$. Значит, каждой фундаментальной последовательности $\{\bar{r}_n | n = 1, 2, \dots\}$ в кольце $(\bar{R}, \bar{\xi})$ соответ-

ствует фундаментальная последовательность $\{r_n = \varphi^{-1}(\bar{r}_n) | n = 1, 2, \dots\}$ в кольце (R, ξ) . Утверждение 1 доказано.

Утверждение 2 предложения доказывается аналогично утверждению 1; утверждение 3 предложения следует из утверждений 1 и 2. \square

Следующая теорема изучает вопрос сохранения полуизометрического изоморфизма (полуизометрического слева, полуизометрического справа) при переходе к пополнению псевдонормированных колец.

Теорема 6. Пусть (R, ξ) и $(\bar{R}, \bar{\xi})$ – псевдонормированные кольца, $(\tilde{R}, \tilde{\xi})$ и $(\tilde{\bar{R}}, \tilde{\bar{\xi}})$ – пополнения колец (R, ξ) и $(\bar{R}, \bar{\xi})$ соответственно, $\varphi: R \rightarrow \bar{R}$ – кольцевой изоморфизм. Тогда справедливы следующие утверждения:

1. Если $\varphi: (R, \xi) \rightarrow (\bar{R}, \bar{\xi})$ – полуизометрический изоморфизм слева и псевдонормированное кольцо (R, ξ) имеет элемент, не являющийся правым топологическим делителем нуля, то тогда изоморфизм φ можно продолжить до $\tilde{\varphi}: (\tilde{R}, \tilde{\xi}) \rightarrow (\tilde{\bar{R}}, \tilde{\bar{\xi}})$ – полуизометрического изоморфизма слева.

2. Если $\varphi: (R, \xi) \rightarrow (\bar{R}, \bar{\xi})$ – полуизометрический изоморфизм справа и псевдонормированное кольцо (R, ξ) имеет элемент, не являющийся левым топологическим делителем нуля, то тогда изоморфизм φ можно продолжить до $\tilde{\varphi}: (\tilde{R}, \tilde{\xi}) \rightarrow (\tilde{\bar{R}}, \tilde{\bar{\xi}})$ – полуизометрического изоморфизма справа.

3. Если $\varphi: (R, \xi) \rightarrow (\bar{R}, \bar{\xi})$ – полуизометрический изоморфизм псевдонормированных колец и псевдонормированное кольцо (R, ξ) имеет элемент, не являющийся топологическим делителем нуля, то тогда изоморфизм φ можно продолжить до полуизометрического изоморфизма $\tilde{\varphi}: (\tilde{R}, \tilde{\xi}) \rightarrow (\tilde{\bar{R}}, \tilde{\bar{\xi}})$.

Доказательство.

Докажем утверждение 1. Пусть $\varphi: (R, \xi) \rightarrow (\bar{R}, \bar{\xi})$ – полуизометрический

изоморфизм слева и $a \in (R, \xi)$ – элемент, не являющийся правым топологическим делителем нуля.

Рассмотрим пополнения $(\tilde{R}, \tilde{\xi})$ и $(\tilde{\tilde{R}}, \tilde{\tilde{\xi}})$ псевдонормированных колец (R, ξ) и $(\bar{R}, \bar{\xi})$ соответственно. Построим отображение $\tilde{\varphi}: \tilde{R} \rightarrow \tilde{\tilde{R}}$. Пусть \tilde{r} – произвольный элемент кольца $(\tilde{R}, \tilde{\xi})$. Тогда по определению \exists элемент \tilde{r} можно представить в виде $\tilde{r} = \lim_{n \rightarrow \infty} r_n$ в кольце $(\tilde{R}, \tilde{\xi})$, где $\{r_n | n = 1, 2, \dots\}$ – некоторая фундаментальная последовательность в кольце (R, ξ) . Согласно предложению последовательность $\{\varphi(r_n) | n = 1, 2, \dots\}$ является фундаментальной в кольце $(\bar{R}, \bar{\xi})$, значит, имеет предел в кольце $(\tilde{\tilde{R}}, \tilde{\tilde{\xi}})$. Положим

$$\tilde{\varphi}(\tilde{r}) = \lim_{n \rightarrow \infty} \varphi(r_n) \text{ в } (\tilde{\tilde{R}}, \tilde{\tilde{\xi}}).$$

Покажем, что отображение $\tilde{\varphi}: \tilde{R} \rightarrow \tilde{\tilde{R}}$ является биективным. Действительно, пусть $\tilde{r} \in (\tilde{R}, \tilde{\xi})$ – произвольный элемент. Согласно определению \exists элемент \tilde{r} можно представить в виде $\tilde{r} = \lim_{n \rightarrow \infty} \tilde{r}_n$ в кольце $(\tilde{R}, \tilde{\xi})$, где $\{\tilde{r}_n | n = 1, 2, \dots\}$ – некоторая фундаментальная последовательность в кольце $(\bar{R}, \bar{\xi})$. Согласно предложению последовательность $\{\varphi^{-1}(\tilde{r}_n) | n = 1, 2, \dots\}$ является фундаментальной в кольце (R, ξ) , значит, имеет предел в кольце $(\tilde{R}, \tilde{\xi})$. Поэтому мы можем определить

$$\tilde{\varphi}^{-1}(\tilde{r}) = \lim_{n \rightarrow \infty} \varphi^{-1}(\tilde{r}_n) \text{ в } (\tilde{R}, \tilde{\xi}).$$

Отображение $\tilde{\varphi}^{-1}: \tilde{\tilde{R}} \rightarrow \tilde{R}$, построенное таким образом, является обратным к отображению $\tilde{\varphi}: \tilde{R} \rightarrow \tilde{\tilde{R}}$. Следовательно, $\tilde{\varphi}: \tilde{R} \rightarrow \tilde{\tilde{R}}$ – биекция.

Покажем, что $\tilde{\varphi}: \tilde{R} \rightarrow \tilde{\tilde{R}}$ – кольцевой изоморфизм. Действительно, пусть

$\tilde{r}, \tilde{q} \in \tilde{R}$ – произвольные элементы. Тогда $\tilde{r} = \lim_{n \rightarrow \infty} r_n$ и $\tilde{q} = \lim_{n \rightarrow \infty} q_n$ в кольце $(\tilde{R}, \tilde{\xi})$,

где $\{r_n | n = 1, 2, \dots\}$ и $\{q_n | n = 1, 2, \dots\}$ – некоторые фундаментальные последовательности в кольце (R, ξ) , и при этом $\tilde{r} + \tilde{q} = \lim_{n \rightarrow \infty} (r_n + q_n)$ и $\tilde{r} \cdot \tilde{q} = \lim_{n \rightarrow \infty} (r_n \cdot q_n)$

в кольце $(\tilde{R}, \tilde{\xi})$ согласно определению пополнения. Поскольку $\varphi: R \rightarrow \bar{R}$ – кольцевой изоморфизм, то по определению отображения $\tilde{\varphi}$ мы имеем:

$$\begin{aligned} \tilde{\varphi}(\tilde{r} + \tilde{q}) &= \lim_{n \rightarrow \infty} \varphi(r_n + q_n) = \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} (\varphi(r_n) + \varphi(q_n)) = \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \varphi(r_n) + \lim_{n \rightarrow \infty} \varphi(q_n) = \tilde{\varphi}(\tilde{r}) + \tilde{\varphi}(\tilde{q}); \\ \tilde{\varphi}(\tilde{r} \cdot \tilde{q}) &= \lim_{n \rightarrow \infty} \varphi(r_n \cdot q_n) = \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} (\varphi(r_n) \cdot \varphi(q_n)) = \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} \varphi(r_n) \cdot \lim_{n \rightarrow \infty} \varphi(q_n) = \tilde{\varphi}(\tilde{r}) \cdot \tilde{\varphi}(\tilde{q}). \end{aligned}$$

Следовательно, $\tilde{\varphi}: \tilde{R} \rightarrow \tilde{\tilde{R}}$ – кольцевой изоморфизм.

Покажем, что $\tilde{\varphi}: (\tilde{R}, \tilde{\xi}) \rightarrow (\tilde{\tilde{R}}, \tilde{\tilde{\xi}})$ – продолжение изоморфизма $\varphi: (R, \xi) \rightarrow (\bar{R}, \bar{\xi})$. Действительно, для элемента $r \in R$, рассматривая его как элемент кольца $(\tilde{R}, \tilde{\xi})$, возьмем последовательность $\{r_n = r | n = 1, 2, \dots\}$, фундаментальную в кольце (R, ξ) . Тогда по определению отображения $\tilde{\varphi}$ мы получим

$$\tilde{\varphi}(r) = \lim_{n \rightarrow \infty} \varphi(r_n) = \lim_{n \rightarrow \infty} \varphi(r) = \varphi(r).$$

Таким образом, $\tilde{\varphi}(r) = \varphi(r)$ для всех $r \in R$.

Покажем, что $\tilde{\varphi}: (\tilde{R}, \tilde{\xi}) \rightarrow (\tilde{\tilde{R}}, \tilde{\tilde{\xi}})$ – полуизометрический изоморфизм слева. Пусть $\tilde{r}, \tilde{q} \in \tilde{R}$ – произвольные элементы. Тогда $\tilde{r} = \lim_{n \rightarrow \infty} r_n$ и $\tilde{q} = \lim_{n \rightarrow \infty} q_n$

в кольце $(\tilde{R}, \tilde{\xi})$, где $\{r_n | n = 1, 2, \dots\}$ и $\{q_n | n = 1, 2, \dots\}$ – некоторые фундаментальные последовательности в кольце (R, ξ) . При этом согласно определению 3 имеют место соотношения:

$$\tilde{\xi}(\tilde{r}) = \lim_{n \rightarrow \infty} \xi(r_n),$$

$$\tilde{\xi}(\tilde{q}) = \lim_{n \rightarrow \infty} \xi(q_n),$$

$$\tilde{\xi}(\tilde{r} \cdot \tilde{q}) = \lim_{n \rightarrow \infty} \xi(r_n \cdot q_n)$$

$$\text{и } \tilde{\xi}(\tilde{\varphi}(\tilde{r})) = \lim_{n \rightarrow \infty} \bar{\xi}(\varphi(r_n)).$$

Так как $\varphi: (R, \xi) \rightarrow (\bar{R}, \bar{\xi})$ – полуизометрический изоморфизм слева, то по теореме 3 выполнены неравенства:

$$\xi(r_n \cdot q_n) \leq \bar{\xi}(\varphi(r_n)) \cdot \xi(q_n)$$

$$\text{и } \bar{\xi}(\varphi(r_n)) \leq \xi(r_n).$$

Тогда, переходя к пределу при $n \rightarrow \infty$, получим:

$$\begin{aligned} \tilde{\xi}(\tilde{r} \cdot \tilde{q}) &= \lim_{n \rightarrow \infty} \xi(r_n \cdot q_n) \leq \\ &\leq \lim_{n \rightarrow \infty} \bar{\xi}(\varphi(r_n)) \cdot \lim_{n \rightarrow \infty} \xi(q_n) = \tilde{\xi}(\tilde{\varphi}(\tilde{r})) \cdot \tilde{\xi}(\tilde{q}), \end{aligned}$$

$$\tilde{\xi}(\tilde{\varphi}(\tilde{r})) = \lim_{n \rightarrow \infty} \bar{\xi}(\varphi(r_n)) \leq \lim_{n \rightarrow \infty} \xi(r_n) = \tilde{\xi}(\tilde{r}).$$

Таким образом, для всех $\tilde{r}, \tilde{q} \in \tilde{R} \setminus \{0\}$ выполнено неравенство

$$\frac{\tilde{\xi}(\tilde{r} \cdot \tilde{q})}{\tilde{\xi}(\tilde{q})} \leq \tilde{\xi}(\tilde{\varphi}(\tilde{r})) \leq \tilde{\xi}(\tilde{r}).$$

Значит, по теореме 3 изоморфизм $\tilde{\varphi}: (\tilde{R}, \tilde{\xi}) \rightarrow (\tilde{\bar{R}}, \tilde{\bar{\xi}})$ является полуизометрическим изоморфизмом слева. Утверждение 1 доказано.

Утверждения 2 и 3 теоремы доказываются аналогично утверждению 1. \square

Замечание. Если каждый элемент псевдонормированного кольца (R, ξ) является топологическим делителем нуля (правым топологическим делителем нуля, левым топологическим делителем нуля) и $\varphi: (R, \xi) \rightarrow (\bar{R}, \bar{\xi})$ – полуизометрический изоморфизм (полуизометрический слева, полуизометрический справа), то тогда отображение $\tilde{\varphi}: (\tilde{R}, \tilde{\xi}) \rightarrow (\tilde{\bar{R}}, \tilde{\bar{\xi}})$, определенное соотношением

$$\tilde{\varphi}(\tilde{r}) = \lim_{n \rightarrow \infty} \varphi(r_n),$$

где $\tilde{r} \in (\tilde{R}, \tilde{\xi})$ и $\{r_n | n = 1, 2, \dots\}$ – некоторая фундаментальная последовательность в кольце (R, ξ) , не является биективным отображением псевдонормированного кольца $(\tilde{R}, \tilde{\xi})$ в псевдонормированное кольцо $(\tilde{\bar{R}}, \tilde{\bar{\xi}})$.

Цитированная литература

1. **Arnautov V.I.** Semitopological isomorphism of topological groups // Buletinul Academiei de Ştiinţe a Republicii Moldova. Matematica. – 2004. – № 1. – P. 15–25.
2. **Aleschenko S.A., Arnautov V.I.** Quotient rings of pseudonormed rings // Buletinul Academiei de Ştiinţe a Republicii Moldova. Matematica. – 2006. – № 2. – P. 3–16.
3. **Aleschenko S.A., Arnautov V.I.** Properties of one-sided ideals of pseudonormed rings when taking the quotient rings // Buletinul Academiei de Ştiinţe a Republicii Moldova. Matematica. – 2008. – № 3. – P. 3–8.
4. **Arnautov V.I., Glavatsky S.T., Mikhailev A.V.** Introduction to the theory of topological rings and modules. – N. Y.: Marcel Dekker, Inc. – 1996. – 502 p.
5. **Aleschenko S.A., Arnautov V.I.** Completion of pseudonormed rings and semi-isometric isomorphism // 7th International Algebraic Conference in Ukraine. – Kharkov: V.N. Karazin Kharkov State University, 2009. – P. 12–13.

УДК 517.518.13

НЕПРЕРЫВНОСТЬ СИНГУЛЯРНОГО ИНТЕГРАЛЬНОГО ОПЕРАТОРА В СЛУЧАЕ СЛОЖНОГО КОНТУРА В ПРОСТРАНСТВАХ L_p С ВЕСОМ

Г.И. Ворническу

Рассматривается вопрос о непрерывности сингулярного интегрального оператора в случае, когда контур интегрирования является сложным и состоит из конечного числа ограниченных и неограниченных кривых. Подробно изучается контур интегрирования, представляющий собой действительную ось.

Ключевые слова: контур Ляпунова, сингулярный интегральный оператор, пространства с весом, ограниченность оператора, обратимый оператор.

THE CONTINUITY OF A SINGULAR INTEGRAL OPERATOR IN THE CASE OF COMPLEX CONTOUR IN THE SPACES L_p WITH WEIGHT

G.I. Vornicescu

The article deals with the question of the continuity of a singular integral operator in the case when the contour of integration is complex and consists of a finite number of bounded and unbounded curves. The author studies in detail the contour of integration, representative by the real axis.

Keywords: the contour of Leapunov, a singular integral operator, spaces with weight, operator limitations, inversable operator.

Пусть Γ – некоторый неограниченный контур на расширенной комплексной плоскости. Примем, что контур является допустимым, если его образ в результате преобразования $t = (\xi - z_0)^{-1}$ ($\xi \in \Gamma, z_0 \notin \Gamma$) представляет собой кусочно-ляпуновский контур.

Для начала рассмотрим случай, когда контур Γ является действительной осью, т. е. $\Gamma = \mathbb{R}$. Роль весовой функции будет играть следующая функция:

$$\rho(x) = |x - i|^\beta \prod_{k=1}^n |x - x_k|^{\beta_k},$$

где x_1, x_2, \dots, x_n – различные точки действительной оси; $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ – некоторые действительные числа.

ТЕОРЕМА 1. Оператор сингулярного интегрирования

$$(S\varphi)(x) = \frac{1}{\pi i} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\varphi(y)}{y - x} dy \quad (1)$$

ограничен в пространстве $L_p(\Gamma, \rho)$ тогда и только тогда, когда числа $p, \beta, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ удовлетворяют условиям

$$\begin{aligned} 1 < p < \infty, -1 < \beta_k < p - 1, \\ -1 < \beta + \sum_{k=1}^n \beta_k < p - 1. \end{aligned} \quad (2)$$

Доказательство.

Достаточность. Пусть Γ_0 – единичная окружность, т. е. $\Gamma_0 = \{z \in \mathbb{C} \mid |z| = 1\}$. Обозначим через B следующий оператор:

$$(B\varphi)(t) = \frac{1}{t-1} \varphi\left(i \frac{t+1}{t-1}\right), \quad (\varphi \in L_p(\Gamma, \rho)).$$

Обозначим также

$$t_k = \frac{x_k + i}{x_k - i} \quad (k = 1, 2, \dots, n), \quad t_0 = 1,$$

$$\beta_0 = p - 2 - \beta - \sum_{k=1}^n \beta_k,$$

$$\rho_0 = \prod_{k=0}^n |t - t_k|^{\beta_k}, \quad t_0 \in \Gamma_0.$$

Покажем теперь, что оператор B ограничен и действует из пространства $L_p(\Gamma, \rho)$ в пространство $L_p(\Gamma_0, \rho_0)$.

Так как $\varphi \in L_p(\Gamma, \rho)$, то

$$\|B\varphi\|_{L_p(\Gamma_0, \rho_0)}^p = \int_{\Gamma_0} \left| \varphi \left(i \frac{t+1}{t-1} \right) \right|^p |t-1|^{-p} \prod_{k=0}^n |t-t_k|^{\beta_k} |dt|. \quad (3)$$

Сделаем в интеграле замену переменной

$$t = \frac{x+i}{x-i}, \quad (x \in \mathbb{R}).$$

Получим:

$$\begin{aligned} dt &= -\frac{2i}{(x-i)^2} dx; \\ t-t_k &= \frac{x+i}{x-i} - \frac{x_k+i}{x_k-i} = \\ &= \frac{2i(x_k-x)}{(x-i)(x_k-i)}, \quad k=1, 2, \dots, n; \\ t-1 &= \frac{x+i}{x-i} - 1 = \frac{2i}{x-i}. \end{aligned}$$

Следовательно,

$$\begin{aligned} &|t-1|^{-p} \prod_{k=0}^n |t-t_k|^{\beta_k} |dt| = \\ &= |t-1|^{-p} |t-1|^{\beta_0} \prod_{k=1}^n |t-t_k|^{\beta_k} |dt| = \\ &= |t-1|^{-p+\beta_0} \prod_{k=1}^n |t-t_k|^{\beta_k} |dt| = \\ &= C |x-i|^\beta \prod_{k=1}^n |x-x_k|^{\beta_k} dx = C \rho(x) dx, \quad (4) \end{aligned}$$

где $C - \text{const}$.

Подставим полученное в (3):

$$\begin{aligned} \|B\varphi\|_{L_p(\Gamma_0, \rho_0)}^p &= \int_{-\infty}^{+\infty} |\varphi(x)|^p C \rho(x) dx = \\ &= C \|\varphi\|_{L_p(\Gamma, \rho)}^p. \end{aligned}$$

Следовательно, оператор B ограничен и $\|B\| \leq C^{1/p}$. Более того, это доказывает, что оператор B обратимый, причем

$$(B^{-1}\psi)(x) = \frac{2i}{x-i} \psi \left(\frac{x+i}{x-i} \right). \quad (5)$$

Из условий (2) выводим, что числа $p, \beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$ удовлетворяют условиям

$$1 < p < \infty, -1 < \beta_k < p-1$$

и

$$\rho_0(t) = \prod_{k=0}^n |t-t_k|^{\beta_k}.$$

Тогда на основании теоремы 1 оператор

$$(S_0\varphi)(t) = \frac{1}{\pi i} \int_{\Gamma_0} \frac{\varphi(\tau)}{\tau-t} d\tau$$

ограничен в пространстве $L_p(\Gamma_0, \rho_0)$.

Из этого утверждения и из $B \in L(L_p(\mathbb{R}, \rho), L_p(\Gamma_0, \rho_0))$ получим, что оператор $B^{-1}S_0B$ ограничен в пространстве $L_p(\Gamma_0, \rho_0)$. Выведем аналитическое выражение для оператора $B^{-1}S_0B$.

Пусть φ – некоторая функция, определенная, конечная и дифференцируемая на $(-\infty; +\infty)$. Тогда

$$\begin{aligned} (B^{-1}S_0B)(t) &= \\ &= B^{-1} \left(\frac{1}{\pi i} \int_{\Gamma_0} \frac{1}{\tau-1} \varphi \left(i \frac{\tau+1}{\tau-1} \right) d\tau \right) (x) = \\ &= \frac{2i}{x-i} \frac{1}{\pi i} \int_{\Gamma_0} \frac{1}{\tau-1} \varphi \left(i \frac{\tau+1}{\tau-1} \right) d\tau. \end{aligned}$$

В последнем интеграле сделаем замену переменной:

$$\tau = \frac{y+i}{y-i}, \quad y \in \mathbb{R}, \quad d\tau = -\frac{2i}{(y-i)^2} dy.$$

Получим

$$\begin{aligned} (B^{-1}S_0B)(x) &= \\ &= \frac{1}{\pi i} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\varphi(y)}{y-x} dy = (S\varphi)(x). \end{aligned}$$

Следовательно, $S = B^{-1}S_0B$ и достаточность теоремы доказана.

Необходимость. Пусть оператор S ограничен в пространстве $L_p(\Gamma, \rho)$, где функция веса задана равенством

$$\rho(x) = |x-i|^\beta \prod_{k=1}^n |x-x_k|^{\beta_k}.$$

Очевидно, что оператор $\rho^p S \rho^{-p} I$ будет ограничен в пространстве $L_p(\mathbb{R})$ и

$$\|S\|_{L_p(\Gamma, \rho)} = \left\| \rho^p S \rho^{-p} I \right\|_{L_p(\mathbb{R})}.$$

Определим оператор

$$(H\varphi)(x) = \frac{1}{x+i} \varphi(x),$$

который является линейным и ограниченным в пространстве $L_p(\mathbb{R}, \rho)$. Из вышеизложенного и условия теоремы следует, что оператор

$$M = \pi i \rho^p H S \rho^{-p} I$$

ограничен в пространстве $L_p(\mathbb{R})$.

$$\begin{aligned} (M\varphi)(x) &= \\ &= \pi i \rho^p(x) \left(\frac{1}{\pi i} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[\frac{1}{x+i} - \frac{1}{y+i} \right] \rho^{-p}(y) \varphi(y) dy \right) = \\ &= \rho^p(x) \frac{1}{x+i} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\rho^{-p}(y) \varphi(y)}{y+i} dy. \end{aligned} \quad (6)$$

Из равенства (6), полученного для оператора M , и его непрерывности в пространстве $L_p(\mathbb{R})$ следует:

$$\rho^{\frac{1}{p}}(x) \frac{1}{x+i} \in L_p(\mathbb{R}),$$

$$\rho^{-\frac{1}{p}}(x) \frac{1}{x+i} \in L_q(\mathbb{R}), \quad \left(\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1 \right).$$

Таким образом, учитывая, что

$$\rho(x) = |x-i|^\beta \prod_{k=1}^n |x-x_k|^{\beta_k},$$

получим:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{|x-i|^{\frac{\beta}{p}}}{|x+i|^{\frac{1}{p}}} \prod_{k=1}^n |x-x_k|^{\frac{\beta_k}{p}} dx < \infty;$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{|x-i|^{\frac{\beta q}{p}}}{|x+i|^q} \prod_{k=1}^n |x-x_k|^{\frac{\beta_k q}{p}} dx < \infty.$$

Из равенства (4) имеем:

$$\beta_k > -1 \quad (k=1, 2, \dots, n) \quad \text{и} \quad p - \rho - \sum_{k=1}^n \beta_k > 1,$$

а из равенства (5) следует:

$$-\frac{\beta_k q}{p} > -1 \quad (k=1, 2, \dots, n)$$

$$\text{и} \quad q \left(1 + \frac{\beta}{p} + \frac{1}{p} \sum_{k=1}^n \beta_k \right) > 1.$$

Таким образом, числа β_k удовлетворяют условиям

$$-1 < \beta_k < p-1, \quad (k=1, 2, \dots, n),$$

$$-1 < \beta + \sum_{k=1}^n \beta_k < p-1.$$

Теорема доказана.

Теперь рассмотрим случай произвольного допустимого контура Γ . Для упрощения предположения (без нарушения общности) примем, что точка $z_0 = 0$ не лежит на контуре, т. е. $z_0 = 0 \notin \Gamma$. Обозначим через $\rho(t)$ функцию

$$\rho(t) = |t|^\beta \prod_{k=1}^n |t-t_k|^{\beta_k}.$$

ТЕОРЕМА 2. Оператор S ограничен в пространстве $L_p(\Gamma, \rho)$ тогда и только тогда, когда числа $\beta, \beta_k (k=1, 2, \dots, n)$ удовлетворяют условиям

$$\begin{aligned} -1 < \beta_k < p-1, \quad (k=1, 2, \dots, n), \\ -1 < \beta + \sum_{k=1}^n \beta_k < p-1. \end{aligned} \quad (7)$$

Доказательство. Пусть γ – образ контура Γ , получающийся в результате преобразования $z = t^{-1}$. Обозначим:

$$z_k = t_k^{-1}, \quad k=1, 2, \dots, n, \quad z_0 = 0,$$

$$\beta_0 = p-2 - \sum_{k=1}^n \beta_k, \quad h(z) = \prod_{k=0}^n |t-t_k|^{\beta_k}.$$

Покажем, что оператор B , определенный условием $(B\varphi)(z) = \frac{1}{z} \varphi\left(\frac{1}{z}\right)$, есть линейный и ограниченный оператор, действующий из пространства $L_p(\Gamma, \rho)$ в пространство $L_p(\gamma, h)$.

Пусть $\varphi \in L_p(\Gamma, \rho)$, тогда

$$\begin{aligned} \|B\varphi\|_{L_p(\gamma, h)} &= \int_{\gamma} \left| \varphi\left(\frac{1}{z}\right) \right|^p h(z) |z|^{-p} |dz| = \\ &= C \int_{\Gamma} |\varphi(t)|^p \rho(t) |dt| = C \|\varphi\|_{L_p(\Gamma, \rho)}, \end{aligned}$$

где C – постоянная.

Дополнительно оператор B является обратимым:

$$(B^{-1}\psi)(t) = \frac{1}{t} \psi\left(\frac{1}{t}\right).$$

Сингулярный интегральный оператор S_{γ} ограничен в пространстве $L_p(\gamma, h)$ тогда и только тогда, когда числа $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$ удовлетворяют условиям

$$-1 < \beta_k < p-1, \quad (k=0, 1, \dots, n).$$

Отсюда вытекает, что оператор $B^{-1}S_{\gamma}B$ ограничен в пространстве

$L_p(\Gamma, \rho)$ тогда и только тогда, когда числа $\beta, \beta_1, \dots, \beta_n$ удовлетворяют условиям (7). Так как $\varphi \in L_p(\Gamma, \rho)$, то в сингулярном интеграле с плотностью φ можно совершить замену переменной:

$$\begin{aligned} (B^{-1}S_{\gamma}B)(x) &= \frac{1}{\pi i} \int_{\gamma} \frac{\varphi\left(\frac{1}{z}\right)}{z\left(t-\frac{1}{z}\right)} dz = \\ &= \frac{1}{\pi i} \int_{\Gamma} \frac{\varphi(\tau)}{\tau-t} d\tau = (S\varphi)(t). \end{aligned}$$

Таким образом, имеет место равенство $S = B^{-1}SB$, следовательно, оператор S ограничен в пространстве $L_p(\Gamma, \rho)$ тогда и только тогда, когда выполняются условия (5).

Рассмотрим контур Γ , состоящий из конечного числа замкнутых и незамкнутых кривых $\Gamma_0, \Gamma_1, \dots, \Gamma_n$, причем $\Gamma_j \cap \Gamma_k = \emptyset$ и все $\Gamma_j (j=0, 1, 2, \dots, n)$ являются ляпуновскими.

ТЕОРЕМА 3. Оператор S_{Γ}

$$(S_{\Gamma})(t) = \frac{1}{\pi i} \int_{\Gamma} \frac{\varphi(\tau)}{\tau-t} d\tau = \sum_{j=0}^n \frac{1}{\pi i} \int_{\Gamma_j} \frac{\varphi(\tau)}{\tau-t} d\tau \quad (8)$$

ограничен в пространстве $L_p(\Gamma, \rho)$ с весом

$$\rho(t) = |t|^{\beta} \prod_{k=1}^n |t-t_k|^{\beta_k}$$

тогда и только тогда, когда числа $\beta, \beta_k (k=1, 2, \dots, n)$ удовлетворяют условиям

$$-1 < \beta_k < p-1, \quad (k=1, 2, \dots, n),$$

$$-1 < \beta + \sum_{k=1}^n \beta_k < p-1.$$

Для доказательства теоремы сначала докажем лемму.

Лемма. Пусть Γ – ограниченный или неограниченный незамкнутый контур. Тогда оператор S_Γ ограничен в $L_p(\Gamma, \rho)$ тогда и только тогда, когда числа β, β_k ($k = 1, 2, \dots, n$) удовлетворяют условиям

$$-1 < \beta_k < p - 1, \quad (k = 1, 2, \dots, n),$$

$$1 < \beta + \sum_{k=1}^n \beta_k < p - 1.$$

Доказательство. Дополним контур Γ до замкнутого контура $\tilde{\Gamma}$ (ограниченного или неограниченного в зависимости от Γ) таким образом, чтобы полученный контур был кусочно-ляпуновским (в случае ограниченности контура Γ) или допустимым (в случае неограниченности Γ).

Обозначим через P проектор:

$$(P\varphi)(t) = \begin{cases} \varphi(t), & \text{если } t \in \Gamma, \\ 0, & \text{если } t \in \tilde{\Gamma} \setminus \Gamma. \end{cases}$$

Тогда можем писать

$$(PS_\Gamma P\varphi)(t) = P \frac{1}{\pi i} \int_{\tilde{\Gamma}} \frac{\varphi(\tau)}{\tau - t} d\tau = (S_\Gamma \varphi)(t).$$

Следовательно, $PS_\Gamma P = S_\Gamma$, что и доказывает лемму.

Доказательство теоремы. Из равенства (8) вытекает

$$S_\Gamma = \sum_{j=0}^n S_{\Gamma_j} = \sum_{j=0}^n P_j S_{\tilde{\Gamma}_j} P_j,$$

где

$$(P_j \varphi)(t) = \begin{cases} \varphi(t), & \text{если } t \in \Gamma_j, \\ 0, & \text{если } t \in \tilde{\Gamma} \setminus \Gamma_j. \end{cases}$$

Для $j = 0$ оператор $P_0 S_\Gamma P_0 = S_{\Gamma_0}$ ограничен согласно теореме 2 и лемме. Если $j \neq 0$, то $P_j S_\Gamma P_j = S_{\Gamma_j}$ также является ограниченным согласно лемме и теореме Аткинсона 2 в $L_p(\Gamma, \rho)$.

Теорема доказана.

УДК 514.124

К-МЕРНЫЕ ПЛОСКОСТИ

Ю.С. Чубарова

Построена теория многомерных пространств на основе аксиоматики Вейля. Указаны способы определения k -мерных плоскостей в многомерных пространствах при $k = 0, 1, 2, \dots, n$.

Ключевые слова: точка, прямая, плоскость, пространство, размерность, система, аксиома, уравнение, базис, вектор.

K-DIMENSIONAL PLANES

Yu.S. Chubarova

The article deals with the theory of multidimensional space, that based on the axiomatic of Weil. The methods for determining of k -dimensional planes in multidimensional spaces are pointed out for $k = 0, 1, 2, \dots, n$.

Keywords: point, line, subspace, space, dimension, system, axiom, equation, basis, vector.

Курс геометрии, читаемый всем специальностям физико-математического факультета ПГУ, призван дать студентам-

педагогам наиболее адекватное представление о преподавании этого предмета в школе.

В основу курса геометрии для будущих учителей надо поставить такую аксиоматику, из которой без особых затруднений можно получить любую возможную аксиоматику школьного курса. В настоящее время при частом изменении содержания школьного учебника геометрии ею выступает аксиоматика Вейля. Чтобы обосновать целесообразность выбора, рассмотрим всевозможные способы однозначного определения прямой на плоскости и плоскости в пространстве.

Положение прямой на плоскости определяется однозначно, если даны:

1) ее направляющий вектор $\vec{p}\{\alpha, \beta\}$ и конкретная точка $M_0(x_0, y_0)$, называемая исходной, $l(M_0, \vec{p})$;

2) две различные точки $M_1(x_1, y_1)$, $M_2(x_2, y_2)$, $l(M_1, M_2)$;

3) отрезки a и b , отсекаемые прямой на осях координат, $l(a, b)$;

4) в прямоугольно-декартовой системе координат исходная точка M_0 и ее нормальный вектор $\vec{n}\{A, B\}$, $l(M_0, \vec{n})$.

При различных способах определения имеем различные уравнения, но все они являются уравнениями первой степени $Ax + By + C = 0$, где $A^2 + B^2 \neq 0$ [1, с. 58–61].

Положение плоскости в пространстве определяется однозначно, если даны:

1) исходная точка $M_0(x_0, y_0, z_0)$ и два неколлинеарных вектора $\vec{p}\{p_1, p_2, p_3\}$ и $\vec{q}\{q_1, q_2, q_3\}$, $\pi(M_0, \vec{p} \parallel \vec{q})$;

2) три неколлинеарные точки, $\pi(M_1, M_2, M_3)$;

3) отрезки a , b и c , отсекаемые плоскостью на осях координат, $\pi(a, b, c)$;

4) исходная точка $M_0(x_0, y_0, z_0)$ и нормальный вектор $\vec{n}\{A, B, C\}$, $\pi(M_0, \vec{n})$.

Как и в случае прямой на плоскости, получаем различные уравнения плоскости в пространстве. Все они являются уравнениями первой степени. В частности, уравнение $Ax + By + Cz + D = 0$, где $A^2 + B^2 + C^2 \neq 0$ называется общим уравнением плоскости [1, с. 176–179].

Таким образом, приходим к выводу, что между заданиями прямой на плоскости и плоскости в пространстве прослеживается общий подход. Аналогия объясняется тем, что как прямая, так и плоскость являются частными случаями k -мерной плоскости в многомерном пространстве.

В 1915 году Герман Вейль предложил такую систему аксиом, на основе которой можно построить евклидову геометрию как трехмерного, так и n -мерного пространства. Основными объектами в аксиоматике Вейля являются векторы и точки, а также считается известной теория множества действительных чисел R . Между основными объектами существуют основные отношения, сводящиеся к сумме двух векторов, произведению вектора на число, скалярному произведению и принадлежности упорядоченной пары точек и вектора. Взаимосвязь между основными объектами и основными отношениями задается условиями четырех групп аксиом: линейного векторного пространства, размерности, принадлежности и скалярного произведения.

Для построения основ многомерной геометрии приведем обзор основных факторов теории векторных пространств. Множество V элементов $\{a, b, c, \dots\}$ называется линейным векторным пространством над полем действительных чисел $R = \{\alpha, \beta, \gamma, \dots\}$, если для любых двух его элементов a, b определена сумма $a + b \in V$ и для каждого числа $\alpha \in R$ определено произведение $\alpha a \in V$ с выполнением восьми условий первой группы аксиом [2, с. 62–76].

Элементами векторных пространств могут служить не только векторы (направленные отрезки), но и решения некоторой системы линейных однородных уравнений, множество многочленов, а также упорядоченные наборы (строки), состоящие из n чисел (x_1, x_2, \dots, x_n) .

На основе первой группы аксиом вводятся понятия линейной зависимо-

сти и независимости системы векторов $(\underline{a}_1, \underline{a}_2, \dots, \underline{a}_n)$, а также линейной комбинации векторов системы.

Векторное пространство V называется n -мерным V_n , если в нем выполняются две аксиомы второй группы. Так как именно вторая группа аксиом позволяет построить пространство любой размерности, то приведем их содержание:

Аксиомы размерности:

1. В пространстве V существует система n линейно независимых векторов.

2. Любая система из $n + 1$ векторов линейно зависима. Размерность пространства – это максимальное число содержащихся в нем линейно независимых векторов.

Базисом векторного пространства V_n называется упорядоченная система векторов, для которой выполняются следующие два условия:

1) система линейно независима;

2) любой вектор пространства V_n линейно выражается через векторы системы.

Если $B = (\underline{e}_1, \underline{e}_2, \dots, \underline{e}_n)$ – базис, то система $(\underline{e}_1, \underline{e}_2, \dots, \underline{e}_n, \underline{a})$ – линейно зависима, а следовательно, вектор \underline{a} можно представить в виде линейной комбинации векторов базиса B . Однозначные коэффициенты $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ в разложении вектора \underline{a} по векторам базиса называются координатами вектора \underline{a} в данном базисе. Если $\underline{a} = \alpha_1 \underline{e}_1 + \alpha_2 \underline{e}_2 + \dots + \alpha_n \underline{e}_n$, то $\underline{a} \{ \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n \}$ [2, с. 67].

На прямой V_1 существует сколько угодно линейно независимых (ненулевых) векторов, но любые два уже линейно зависимы. На плоскости V_2 – бесконечное множество пар линейно независимых (неколлинеарных) векторов, но любые три вектора плоскости линейно зависимы. В трехмерном пространстве V_3 любых три некопланарных вектора линейно независимы, а четыре – уже линейно зависимы. Базисы (\underline{e}) , $(\underline{e}_1, \underline{e}_2)$, $(\underline{e}_1, \underline{e}_2, \underline{e}_3)$... $(\underline{e}_1, \underline{e}_2, \dots, \underline{e}_n)$ определяют векторные пространства размерностей один, два, три, ..., n .

Пусть V^k – непустое множество векторов из V_n , где $k \leq n$. V^k называется векторным подпространством пространства V_n , если V^k само образует векторное пространство относительно введенных в V_n операций сложения векторов и умножения вектора на число. Размерность любого подпространства пространства V_n не превосходит размерности пространства, так как линейно независимые векторы подпространства будут линейно независимыми и во всем пространстве V_n . Например, в пространстве V_3 подпространствами будут все плоскости V_2 и все прямые V_1 , проходящие через начало координат. Подпространствами любого пространства будут само пространство V_n и множество, состоящее из одного нулевого вектора. Они называются тривиальными.

Если $\underline{a}_1, \underline{a}_2, \dots, \underline{a}_k$ – линейно независимые векторы пространства V_n , то множество всевозможных линейных комбинаций этих векторов $t_1 \underline{a}_1 + t_2 \underline{a}_2 + \dots + t_k \underline{a}_k$ является подпространством пространства V_n . Оно называется подпространством, натянутым на векторы $\underline{a}_1, \underline{a}_2, \dots, \underline{a}_k$, и обозначается $L_k(\underline{a}_1, \underline{a}_2, \dots, \underline{a}_k)$. Размерность этого подпространства $k = n - r$, где r – ранг матрицы, составленной из координат векторов $\underline{a}_1, \underline{a}_2, \dots, \underline{a}_k$, т. е. число линейно независимых векторов [3, с. 419].

Для определения аффинного пространства A_n необходимо дополнение векторного пространства V_n множеством точек $E = \{A, B, C, \dots\}$. Называем аффинным n -мерным точно векторным пространством над полем действительных чисел совокупность множеств V_n и E , для которых определено отображение $E \cdot E \rightarrow V_n$, согласно которому каждая упорядоченная пара точек A и B сопоставляется с определенным вектором из V_n с выполнением двух аксиом третьей группы (принадлежности) [2, с. 82–84].

Зафиксируем в A_n точку O и произвольный базис $(\underline{e}_1, \underline{e}_2, \dots, \underline{e}_n)$ пространства

V_n . Геометрический образ R , состоящий из $(\overline{O, e_1, e_2, e_3})$, называется аффинной системой координат, или аффинным репером. Если M – произвольная точка A_n , то вектор \overline{OM} называется радиус-вектором точки M . Из биективности соответствия между точками M и их радиус-векторами \overline{OM} и из того, что V_n – бесконечное множество, имеем бесконечное множество точек в аффинном n -мерном пространстве A_n . Координатами точки M в репере R называем координаты ее радиус-вектора в базисе $(\overline{e_1, e_2, \dots, e_n})$. Таким образом, аффинное пространство A_n – это множество элементов двух родов точек и векторов, связь между которыми определяется операцией откладывания вектора. Произвольный вектор \overline{b} можно отложить от любой точки A , получив при этом определенную точку B , и тогда $\overline{AB} = \overline{b}$. Точка A называется началом, а точка B – концом вектора \overline{b} .

Пусть A – произвольная точка A_n , а L_k – векторное k -мерное подпространство пространства A_n . Множество всех точек $M \in A_n$, для которых $\overline{AM} \in L_k$, а также множество всех векторов подпространства L_k называются k -плоскостью, определяемой точкой A и подпространством L_k . Обозначим $\pi_k(A, L_k)$. Заметим, что $A \in \pi_k$, так как $\overline{AA} = \overline{0} \in L_k$. Понятие k -мерной плоскости аффинного пространства A_n совпадает с понятием аффинного подпространства A_k пространства A_n . При этом $0 \leq k \leq n$. Если $k=0$ получаем нульмерную плоскость π_0 , состоящую из единственной точки A ; в ней лежит лишь нулевой вектор. При $k=1$ получаем прямую π_1 , при $k=2$ – плоскость π_2 , при $k=3$ – пространство π_3 . Если $k=n-1$, то π_{n-1} называется гиперплоскостью, если $k=n$, то единственной k -мерной плоскостью пространства A_n является само пространство A_n .

В качестве примера рассмотрим геометрическое и аналитическое задание k -плоскости при $k=1$. Пусть в n -мерном

аффинном пространстве A_n дана точка $A(a_1, a_2, \dots, a_n)$ и ненулевой вектор $\overline{p} \{ \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n \}$. Этими условиями определена прямая, состоящая из всех точек $M(x_1, x_2, \dots, x_n)$ таких, что $\overline{AM} = t\overline{p}$ – векторное уравнение прямой. Здесь t – числовой параметр. Точка M является концом вектора $\overline{AM} = t\overline{p}$ и имеет координаты

$$\begin{cases} x_1 = a_1 + \alpha_1 t \\ x_2 = a_2 + \alpha_2 t \\ x_n = a_n + \alpha_n t \end{cases}$$

– параметрическое уравнение прямой.

Исключая параметр t , получаем $\frac{x_1 - a_1}{\alpha_1} = \frac{x_2 - a_2}{\alpha_2} = \dots = \frac{x_n - a_n}{\alpha_n}$ – каноническое уравнение прямой. Если $A(a_1, a_2, \dots, a_n)$ и $B(b_1, b_2, \dots, b_n)$ – две различные точки прямой, то, считая точку A исходной, а вектор $\overline{AB} = \{b_1 - a_1, b_2 - a_2, \dots, b_n - a_n\}$ направляющим, получаем уравнение прямой, проходящей через две точки $\frac{x_1 - a_1}{b_1 - a_1} = \frac{x_2 - a_2}{b_2 - a_2} = \dots = \frac{x_n - a_n}{b_n - a_n}$, которое может быть записано в виде:

$$\begin{cases} x_1 = (b_1 - a_1)t + a_1, \\ x_2 = (b_2 - a_2)t + a_2, \\ x_n = (b_n - a_n)t + a_n. \end{cases}$$

При $t=0$ получаем точку A , при $t=1$ – точку B .

Если даны отрезки, отсекаемые на осях координат, то определение прямой сводится к случаю $\pi_1(A, \overline{p} \neq \overline{0})$. Определение прямой точкой и нормальным вектором имеет место в евклидовом n -мерном точечно-векторном пространстве [1, с. 256].

Геометрически произвольная k -плоскость однозначно определяется следующими двумя способами:

1) наличием исходной точки M_0 и k линейно независимых векторов a_1, a_2, \dots, a_k . В этом случае $\pi(M_0, L_k)$, где L_k – подпространство, натянутое на векторы a_1, a_2, \dots, a_k ;

2) наличием $k + 1$ линейно независимых точек M_0, M_1, \dots, M_k . В этом случае считаем M_0 исходной, а L_k – подпространством, натянутым на векторы $M_0M_1, M_0M_2, \dots, M_0M_k$.

Если точку M_0 и векторы a_1, a_2, \dots, a_k задать координатами, то можно задать k -плоскость аналитически.

Пусть относительно аффинной системы координат точка $M_0(x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0n})$, векторы $\overline{a_1} \{a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1n}\}$, $\overline{a_2} \{a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2n}\}$, \dots , $\overline{a_k} \{a_{k1}, a_{k2}, \dots, a_{kn}\}$. Тогда, если $M(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – текущая точка, то по определению k -плоскости $M_0M \in L_k$, т. е. $M_0M = t_1 a_1 + t_2 a_2 + \dots + t_k a_k$ – векторное уравнение k -плоскости.

Параметрическое уравнение π_k будет иметь вид:

$$\begin{cases} x_1 = x_{01} + a_{11}t_1 + a_{21}t_2 + \dots + a_{k1}t_k, \\ x_2 = x_{02} + a_{12}t_1 + a_{22}t_2 + \dots + a_{k2}t_k, \\ \dots \\ x_n = x_{0n} + a_{1n}t_1 + a_{2n}t_2 + \dots + a_{kn}t_k. \end{cases} \quad (3)$$

В этом уравнении коэффициентами при t_1, t_2, \dots, t_k являются координаты векторов a_1, a_2, \dots, a_k соответственно. Эти векторы линейно независимы, т. е. матрица, составленная из координат векторов a_1, a_2, \dots, a_k , имеет ранг k , а следовательно, определитель этой матрицы Δ не равен 0. Так как $\Delta \neq 0$, то подсистема из k уравнений с k неизвестными t_1, t_2, \dots, t_k имеет ненулевое решение. Подставляя эти k значений t_1, t_2, \dots, t_k в остальные $n - k$ уравнений из (3), получаем аналитическое задание k -плоскости. Таким образом, k -плоскость π_k определяется $n - k$ уравнениями. Если $k = n - 1$, то π_{n-1} задается одним уравнением $a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n + a_0 = 0$, где a_1, a_2, \dots, a_n не равны нулю одновременно – общее уравнение гиперплоскости [3, с. 430]. Так, π_1 и π_2 , заданные уравнениями $Ax + By + C = 0$ и $Ax + By + C + D = 0$, являются гиперплоскостями в A_2 и A_3 соответственно.

В школе изучается евклидовое точечно-векторное трехмерное пространство E_3 . Аффинное пространство A_n отличается от E_n тем, что в нем отсутствуют такие понятия, как модуль вектора, длина отрезка, перпендикулярность, угол между двумя векторами и т. д., иными словами, отсутствует метрика. Метрика в векторном пространстве V_n аффинного пространства A_n вводится посредством понятия скалярного произведения векторов.

N -мерное векторное пространство V_n называется евклидовым E_n , если каждым двум векторам \overline{a} и $\overline{b} \in V_n$ соответствует число $\alpha = (\overline{a}\overline{b})$, называемое скалярным произведением этих векторов, т. е. задан внешний закон композиции $V \cdot V \rightarrow R$ с выполнением четырех аксиом четвертой группы (скалярного произведения) [2, с. 145].

Два вектора a и b называются ортогональными, если их скалярное произведение равно 0. Из этого определения следует, что нулевой вектор ортогонален любому вектору пространства.

Система ненулевых векторов a_1, a_2, \dots, a_n называется ортогональной, если любые два вектора системы ортогональны. В евклидовом E_n существует ортогональный базис. Базис называется ортонормированным, если он ортогонален и все его векторы единичные. Ортонормированный базис обозначается (g_1, g_2, \dots, g_n) .

Точечно-векторное аффинное пространство A_n называется евклидовым n -мерным пространством, если для векторов этого пространства выполняются аксиомы четвертой группы. В итоге получаем, что евклидовое n -мерное пространство – это совокупность векторов и точек, для которых выполняются аксиомы первой-четвертой групп. Обозначается через E_n . Поскольку векторы пространства E_n принадлежат векторному пространству E_n , то все метрические свойства E_n , такие как $|\overline{a}|$, $\cos \alpha$, перпендикулярность и т. д., сохраняются и в E_n . В пространстве E_n

введена прямоугольная система координат $(O, \underline{g}_1, \underline{g}_2, \dots, \underline{g}_n)$, относительно которой многие задачи решаются проще, чем в аффинной системе координат $(O, \underline{e}_1, \underline{e}_2, \dots, \underline{e}_n)$.

Определение k -плоскости и ее аффинные свойства сохраняются и в пространстве \overline{E}_n . Однако в \overline{E}_n возникают понятия, которых нет в A_n . Например, определение прямой и плоскости наличием исходной точки и нормальным вектором имеет место именно в \overline{E}_3 .

Две плоскости π_k и π_m называются ортогональными, если их векторные подпространства L_k и L_m ортогональны. Так, гиперплоскость π_{n-1} называется ортогональной к прямой π_1 , если подпространство L_{n-1} ортогонально какому-либо вектору прямой. Если π_k – произвольная плоскость, а M_0 – произвольная точка пространства, то существует единственная $(n-k)$ -плоскость, проходящая через M_0 ортогонально к π_k . В этом случае плоскость $\pi_k(M_0, L_{n-k})$. В случае \overline{E}_2 : $\pi_1(M_0, L_1)$ – прямая $l(M_0, \vec{n})$ уравнения $Ax + By + C = 0$; в случае \overline{E}_3 : $\pi_2(M_0, L_1)$ – плоскость $\pi(M_0, \vec{n})$ уравнения $Ax + By + C + D = 0$ [3, с. 436].

В заключение следует отметить, что если пространство более чем трехмерное, то в нем наряду с обычными двухмерными плоскостями есть другие фигуры, также называемые плоскостями (пустое множество, точка, прямая и т. д.). В четырехмерном пространстве существуют трехмерные плоскости: каждая из них представляет собой евклидово пространство. Если две такие плоскости имеют общую точку, то их пересечением является двумерная плоскость [4, с. 392].

Цитированная литература

1. Атанасян Л.С., Базылев В.Т. Геометрия: учебное пособие для студентов физ.-мат. фак. пед. ин-тов. Ч. 1. – М.: Просвещение, 1986.
2. Половина Л.И. Линейная алгебра и некоторые ее приложения. – М.: Наука, 1979.
3. Атанасян Л.С. Геометрия: учебное пособие для студентов физ.-мат. фак. пед. ин-тов. Ч. 1. – М.: Просвещение, 1973.
4. Александров А.Д., Нецветаев Н.Ю. Геометрия: учебное пособие. – М.: Наука, 1990.

УДК 51-7:334

ПРОЦЕСС РЕСУРСООБМЕНА В ОТКРЫТОЙ МИКРОЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ, СОСТОЯЩЕЙ ИЗ ДВУХ ФИРМ, ПРИ НЕЛИНЕЙНЫХ ФУНКЦИЯХ СПРОСА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Г.В. Спиридонова, Е.И. Белая, О.Ю. Запольская

Рассмотрена модель процесса ресурсообмена (товарообмена) в открытой микроэкономической системе параллельной структуры, состоящей из двух фирм. Функции спроса и предложения являются нелинейными. В аналитической форме выведены формулы, характеризующие процесс. Приведен пример расчета характеристик системы.

Ключевые слова: процесс ресурсообмена, микроэкономическая система, нелинейные функции спроса и предложения.

THE PROCESS OF RESOURCE EXCHANGE IN OPEN MICROECONOMIC SYSTEM OF THE PARALLEL STRUCTURE, CONSISTING OF TWO FIRMS IN THE NON-LINEAR FUNCTIONS OF SUPPLY AND DEMAND

G.V. Spiridonova, E.I. Belaia, O.Yu. Zapolskaia

The article deals with the model of the process of resource exchange (barter) in an open microeconomic system of parallel structure, consisting of two firms. Supply and demand functions are nonlinear. The formulae are derived in analytical form, describing the process. An example of calculation of the system characteristics is given.

Keywords: *Processes of resource exchange, microeconomic system, nonlinear functions of supply and demand.*

В работах [1, 2] проведено исследование процесса ресурсообмена в открытых микроэкономических системах при линейных функциях спроса и предложения.

Рассмотрим задачу определения максимальной прибыли в системе параллельной структуры, состоящей из двух фирм. Функции спроса и предложения являются нелинейными [3]. Для решения задачи применим методику, описанную в работах [1–5]. Схема параллельной структуры системы приведена на рис. 1.

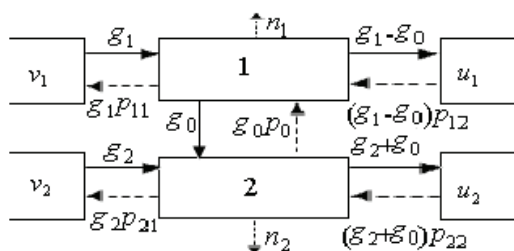


Рис. 1. Схема параллельной структуры системы

Постановка задачи

Фирмы в стационарном режиме не могут накапливать запас ресурса, поэтому интенсивности потоков ресурсов на входе и выходе фирмы должны быть равны. Обозначим интенсивности потоков ресурсов (товаров) g_1 и g_2 , прибыли фирм n_1 , n_2 , цены покупки-продажи ресурсов фир-

мами p_{11} , p_{12} , p_0 , p_{21} , p_{22} . Каждая фирма определяет цены покупки-продажи ресурса (товара), обеспечивающие ей максимальную прибыль.

Фирма 1 покупает g_1 единиц ресурса по цене p_{11} на рынке предложения, платит за покупку $g_1 p_{11}$ единиц. Этот ресурс в количестве g_0 она продает фирме 2 по цене p_0 и получает выручку $g_0 p_0$. Оставшаяся часть ресурса в количестве $(g_1 - g_0)$ фирма 1 продает по цене p_{12} на рынке спроса и получает выручку $(g_1 - g_0) p_{12}$. Аналогично фирма 2 покупает g_2 единиц ресурса по цене p_{21} и несет затраты $g_2 p_{21}$. Одновременно фирме 1 она платит $g_0 p_0$ единиц за покупку у нее g_0 единиц ресурса. Количество ресурса $(g_2 + g_0)$ она продает на рынке спроса по цене p_{22} и получает выручку $(g_2 + g_0) p_{22}$.

Математическая модель задачи

Определим цены покупки-продажи товара, обеспечивающие максимальную прибыль каждой из фирм, работающих на рынке, при ограничениях, наложенных кривыми предложения и спроса:

$$n_1 = (g_1 - g_0) p_{12} + g_0 p_0 - g_1 p_{11} \rightarrow \max, (1)$$

$$n_2 = (g_2 + g_0) p_{22} - g_0 p_0 - g_2 p_{21} \rightarrow \max. (2)$$

Рассмотрим случай, когда кривые предложения и спроса заданы в нелинейном виде:

$$g_1 = \beta(p_{11} - v_1)^2, \quad (3)$$

$$g_2 = \beta(p_{21} - v_2)^2, \quad (4)$$

$$g_1 - g_0 = \alpha(u_1 - p_{12})^2, \quad (5)$$

$$g_2 + g_0 = \alpha(u_2 - p_{22})^2, \quad (6)$$

где v, u – оценки ресурсов на рынках.

Алгоритм решения

1. Решаем задачи (2), (4), (6). Получаем зависимости $p_{21}(p_0), p_{22}(p_0), g_0(p_0)$ и промежуточное значение цены p_{02} .

2. Используем полученную зависимость $g_0(p_0)$ для решения задач (1), (3), (5). Находим оптимальную ценовую стратегию первой фирмы $p_0^*, p_{11}^*, p_{12}^*$ и ее максимальную прибыль.

3. Подставляем значение p_0^* в найденные на первом шаге зависимости. Находим ценовую стратегию второй фирмы и ее максимальную прибыль.

1. Для нелинейных функций спроса и предложения решаем задачи (2), (4), (6):

$$\begin{aligned} n_2 &= (g_2 + g_0)p_{22} - g_0p_0 - g_2p_{21} \rightarrow \\ &\rightarrow \max \begin{cases} g_2 = \beta(p_{21} - v_2)^2 \\ g_2 + g_0 = \alpha(u_2 - p_{22})^2 \end{cases} \Rightarrow \\ \Rightarrow n_2 &= \alpha(u_2 - p_{22})^2 p_{22} - \beta(p_{21} - v_2)^2 p_{21} - \\ &- p_0(\alpha(u_2 - p_{22})^2 - \beta(p_{21} - v_2)^2) \rightarrow \max. \end{aligned}$$

Чтобы найти максимум, вычислим частные производные, приравняем их к нулю и решим полученную систему уравнений:

$$\frac{\partial n_2}{\partial p_{21}} = -\beta(2(p_{21} - v_2)p_{21} +$$

$$+ (p_{21} - v_2)^2) + \beta p_0 2(p_{21} - v_2) = 0,$$

$$\frac{\partial n_2}{\partial p_{22}} = \alpha(-2(u_2 - p_{22})p_{22} +$$

(7)

$$+ (u_2 - p_{22})^2) - \alpha p_0(-2(u_2 - p_{22})) = 0,$$

$$\frac{\partial n_2}{\partial p_0} = \beta(p_{21} - v_2)^2 - \alpha(u_2 - p_{22})^2 = 0.$$

Решая первое уравнение из (7) относительно p_0 , получаем два решения:

1) $p_{21} = v_2$, которое не удовлетворяет условию задачи;

$$2) p_{21}(p_0) = \frac{v_2 + 2p_0}{3}.$$

Для второго уравнения из (7) также найдем два решения:

1) $p_{22} = u_2$, которое не удовлетворяет условию задачи;

$$2) p_{22}(p_0) = \frac{u_2 + 2p_0}{3}.$$

Далее определяем потоки товаров:

$$g_2(p_0) = \beta(p_{21} - v_2)^2 = \frac{4}{9}\beta(p_0 - v_2)^2,$$

$$g_0(p_0) = \alpha(u_2 - p_{22})^2 - g_2 =$$

$$= \frac{4}{9}(\alpha(u_2 - p_0)^2 - \beta(p_0 - v_2)^2).$$

Из третьего уравнения из (7) найдем решение, удовлетворяющее условию задачи: $p_{02} = \frac{u_2 \sqrt{\alpha} + v_2 \sqrt{\beta}}{\sqrt{\alpha} + \sqrt{\beta}}$.

2. Решим задачи (1), (3), (5):

$$n_1 = (g_1 - g_0)p_{12} + g_0p_0 - g_1p_{11} \rightarrow$$

$$\rightarrow \max \begin{cases} g_0 = \frac{4}{9}(\alpha(u_2 - p_0)^2 - \beta(p_0 - v_2)^2), \\ g_1 = \beta(p_{11} - v_1)^2, \\ g_1 - g_0 = \alpha(u_1 - p_{12})^2. \end{cases}$$

Аналогично вышеописанному найдем частные производные, приравняем их к нулю, решим систему уравнений и получим:

$$p_{11}(p_0) = \frac{v_1 + 2p_0}{3}, \quad p_{12}(p_0) = \frac{u_1 + 2p_0}{3},$$

$$p_{01} = \frac{u_1\sqrt{\alpha} + v_1\sqrt{\beta}}{\sqrt{\alpha} + \sqrt{\beta}}.$$

Значение p_0^* найдем по формуле

$$p_0^* = 0,5(p_{01} + p_{02}) = \frac{u_1\sqrt{\alpha} + v_1\sqrt{\beta}}{2(\sqrt{\alpha} + \sqrt{\beta})} +$$

$$\frac{u_2\sqrt{\alpha} + v_2\sqrt{\beta}}{2(\sqrt{\alpha} + \sqrt{\beta})}.$$

3. С учетом p_0^* значения цен ресурсов (товаров) p_{11}^* , p_{12}^* , p_{21}^* , p_{22}^* , объемы ресурсов g_1^* , g_2^* , прибыли фирм n_1^* , n_2^* и прибыль всей системы $N^* = n_1^* + n_2^*$ находим по формулам:

$$p_{11}^* = \frac{v_1 + 2p_0^*}{3}, \quad p_{12}^* = \frac{u_1 + 2p_0^*}{3},$$

$$p_{21}^* = \frac{v_2 + 2p_0^*}{3}, \quad p_{22}^* = \frac{u_2 + 2p_0^*}{3};$$

$$g_1^* = \beta(p_{11}^* - v_1)^2, \quad g_2^* = \beta(p_{21}^* - v_2)^2,$$

$$g_0(p_0) = \alpha(u_2 - p_{22})^2 - g_2;$$

$$n_1^* = (g_1^* - g_0^*)p_{12}^* + g_0^*p_0^* - g_1^*p_{11}^*,$$

$$n_2^* = (g_2^* + g_0^*)p_{22}^* - g_0^*p_0^* - g_2^*p_{21}^*.$$

При проведении расчетов для фиксированных значений $u_i, v_i, i=1, 2$; α, β было выяснено, что при возрастании отношения α/β объемы ресурсов и суммарная прибыль системы увеличиваются. Наибольшую прибыль при этом имеет фирма 1, управляющая ценами продажи ресурса (товара) (рис. 2, 3).

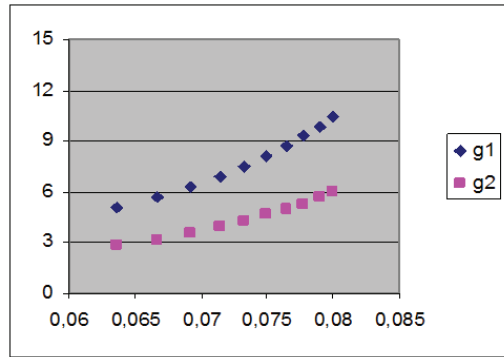


Рис. 2. Зависимость объемов ресурсов g_1, g_2 от спроса

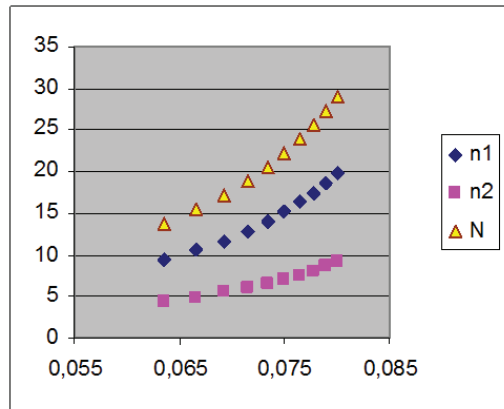


Рис. 3. Зависимость прибылей фирм n_1, n_2 и прибыли системы N от спроса

Цитированная литература

1. Амелькин С.А. Предельные возможности процесса ресурсообмена в неоднородной открытой микроэкономической системе // Математическое моделирование. – 2004. – № 4. – С. 96–104.

2. Спиридонова Г.В., Запольская О.Ю., Топор Е.С. Задача определения предельных возможностей процесса ресурсообмена в открытой системе параллельной структуры // Матер. VI Международ. научно-метод. конф. 29–30 сентября 2010 г. – Тирасполь: Литера, 2010. – С. 124–129.

3. Спиридонова Г.В., Семенова Н.В. Задача оптимизации ресурсообмена в от-

крытой системе последовательной структуры при нелинейных функциях спроса и предложения // Интеграционные процессы в естественнонаучном и математическом образовании: сб. науч. тр. участников международ. конф. – М.: РУДН, 2013. – С. 394–397.

4. Спиридонова Г.В., Топор Е.С. Оптимизация прибыли в открытой системе смешанной структуры для случая s фирм // Вестник Приднестр. ун-та. Сер.: Физ.-мат. и техн. науки. – 2011. – № 3(39). – С. 76–80.

5. Цирлин А.М. Оптимальное управление обменом ресурсами в экономических системах // АиТ. – 1995. – № 3. – С. 116–126.

УДК 004.9:378.146

СИМВОЛЬНЫЙ ВВОД В СИСТЕМАХ ОНЛАЙН-ТЕСТИРОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ

В.И. Великодный, А.В. Бугаенко

Дано решение задачи организации символического ввода формул в системах тестирования математических знаний. Предложена грамматика упрощенного языка описания формул, а также методы визуализации ввода формулы и проверки ее соответствия ответу.

Ключевые слова: *формальная грамматика, MathML, система компьютерной алгебры, тестирование знаний.*

SYMBOLIC INPUT IN TESTING SYSTEMS OF MATHEMATICAL KNOWLEDGE

V.I. Velikodnii, A.V. Bugaenko

The article is devoted to the organization of symbolic formula input into testing systems of mathematical knowledge. The authors propose a formal grammar of simplified language of definition of formulae, and methods of formula visualizing and correctness checking.

Keywords: *formal grammar, MathML, computer algebra system, knowledge testing.*

Актуальность и цель исследования

Для массовой проверки знаний учащихся широко применяются компьютерные тестирующие системы. Они часто

построены на основе клиент-серверной архитектуры, где роль клиента играет веб-браузер. Это значительно упрощает разработку соответствующего программного обеспечения и автоматически делает систему кроссплатформенной.

Несмотря на то что системы тестирования предоставляют разработчикам тестов возможность использовать широкий класс тестовых заданий с различными видами ответов (одиночный и множественный выбор, свободный ответ и другие), как правило, в них не поддерживается символьный математический ввод. То есть, если правильный ответ на задании « $x + 1$ », а тестируемый дал ответ « $1 + x$ », то ответ будет отмечен как неверный. Редким исключением является тестирующая система, используемая в онлайн-курсах edX [1].

Средства компьютерной алгебры предоставляют возможность символьного ввода. Кроме того, для упрощения ввода текста пользователями необходимо разработать язык ввода математических формул, который будет достаточно простым, чтобы неподготовленный пользователь мог записать на нем сложные выражения.

Основной целью проведенного исследования было изучение возможностей создания подсистемы символьного ввода математических выражений, а также разработка соответствующего программного обеспечения для дальнейшего использования в разрабатываемых на физико-математическом факультете тестирующих системах.

Требования к грамматике

Существуют различные варианты символьного ввода. Например, для визуализации можно использовать уже имеющиеся языки разметки математических формул LaTeX или AsciiMath [2].

Было принято решение разработать собственную грамматику математических выражений, написать синтаксический анализатор для преобразования в удобную для визуализации форму, а также интегрировать тестирующую систему с системой компьютерной алгебры.

Требования к грамматике:

- выражения, записываемые в линию, записываются так, как есть;
- знак умножения можно опускать;
- операция деления отображается как обыкновенная дробь;
- возведение в степень обозначается символом « \wedge »;
- математические константы записываются заглавными буквами Π и E ;
- квадратный корень записывается как функция `sqrt`;
- после названия функции скобки не обязательны.

Разработка клиентской части

Исходя из изложенных требований была разработана формальная грамматика. На ее основе функционирует подсистема визуализации ввода (в клиентской части) и подсистема проверки корректности ответа (серверная часть).

Так как система тестирования работает онлайн, то в качестве клиентской части используется веб-браузер. Для снижения нагрузки на сервер визуализацию формул имеет смысл выполнять непосредственно в браузере. Поэтому основную разработку необходимо вести на языке JavaScript (ECMAScript) [3].

Для построения синтаксического анализатора выбран генератор анализаторов Jison [4]. Рассматриваемый в качестве альтернативы генератор ANTLR [5] требует подключения сторонних библиотек, в то время как Jison генерирует самодостаточный код, что и определило выбор.

Построенный анализатор выполняет синтаксически управляемую трансляцию вводимых выражений в MathML [6] и LaTeX. Поддержка первого языка разметки есть во всех современных браузерах, а преобразовывать выражения в LaTeX

можно динамически с помощью популярных библиотек MathJax [7] или KaTeX [8]. Библиотека KaTeX создавалась для использования в проекте Khan Academy и, несмотря на меньшую популярность, работает быстрее при сравнимых возможностях.

Фрагмент описания грамматики с семантическими правилами для трансляции в LaTeX приведен в таблице. (Лексический анализатор и таблица ассоциативности / приоритета не приводятся.)

Приоритет операций определяется самим построением грамматики. Операции,

которые находятся ниже в синтаксическом дереве, полученном на этапе анализа, выполняются первыми. В предложенной грамматике приоритет соответствует принятому в математике (умножение выполняется раньше сложения и т. д.).

Все бинарные операции за исключением возведения в степень левоассоциативны, т. е. вычисляются слева направо.

Необязательные скобки в числителе и знаменателе дроби нет смысла устранять в грамматике, так как это приведет к неоправданному усложнению анализатора. Лучше перенести данное действие в этап

**Фрагмент грамматики для анализатора выражений
с правилами преобразования в LaTeX**

Продукция	Семантическое правило
expression \rightarrow expr EOF	return \$1;
expr \rightarrow term	\$\$ = \$1;
expr \rightarrow expr '+' term	\$\$ = \$1 + '+' + \$3;
expr \rightarrow expr '-' term	\$\$ = \$1 + '-' + \$3;
term \rightarrow factor	\$\$ = \$1;
term \rightarrow term '*' factor	\$\$ = \$1 + '\cdot' + \$3;
term \rightarrow term factorx	\$\$ = \$1 + '\cdot' + \$2;
term \rightarrow term '/' factor	\$\$ = '\frac{' + pstrip(\$1) + '}' + pstrip(\$3) + '}';
factor \rightarrow factorx	\$\$ = \$1;
factor \rightarrow '-' factorx	\$\$ = '-' + \$2;
factor \rightarrow '+' factorx	\$\$ = '+' + \$2;
factorx \rightarrow primary	\$\$ = \$1;
factorx \rightarrow primary '^' factorx	\$\$ = '{' + \$1 + '^{' + \$3 + '}';
primary \rightarrow '(' expr ')'	\$\$ = '\left({' + \$2 + '}\right)';
primary \rightarrow efun	\$\$ = \$1;
primary \rightarrow lit	\$\$ = \$1;
lit \rightarrow num	\$\$ = \$1;
lit \rightarrow var	\$\$ = \$1;
efun \rightarrow fun '(' expr ')'	\$\$ = \$1 + '{' + \$3 + '}';
efun \rightarrow fun lit	\$\$ = \$1 + '{' + \$2 + '}';
efun \rightarrow fun efun	\$\$ = \$1 + \$2;
fun \rightarrow SQRT	\$\$ = '\sqrt{';
fun \rightarrow SIN	\$\$ = '\sin{';
...	...
num \rightarrow NUMBER	\$\$ = yytext.replace(/./g, '{,}');
var \rightarrow E	\$\$ = '\mathrm{e}';
var \rightarrow PI	\$\$ = '\pi';
var \rightarrow VARIABLE	\$\$ = yytext;

постобработки. Для этого в семантических правилах используется функция `pstrip`.

Разработка серверной части

Для разработки серверной части системы онлайн-тестирования может применяться широкий спектр технологий и языков программирования. В частности, в настоящее время популярны:

- язык программирования веб-приложений PHP, для которого существует большое количество фреймворков, упрощающих разработку;
- язык программирования C# и технология ASP.NET;
- язык программирования Java;
- язык программирования Python и фреймворки, такие как Django, Flask и др.;
- язык программирования JavaScript и среда исполнения Node.js и многие другие.

Тем не менее требование к наличию достаточно мощной в смысле возможностей библиотеки, реализующей систему компьютерной алгебры, значительно сужает круг средств.

Как один из методов решения проблемы можно использовать библиотеки, написанные на других языках программирования (например, Giac [9]), и вызывать их функции при помощи механизмов FFI соответствующего языка. Либо можно использовать средства межпроцессного взаимодействия для связи с самостоятельными системами компьютерной алгебры (например, Maxima [10]). Но оба эти решения усложнят разработку, развертывание и эксплуатацию тестирующей системы.

Итак, был выбран язык программирования Python [11], что обусловлено следующими причинами:

- простотой изучения и распространенностью;
- наличием развитых средств для построения веб-приложений любой слож-

ности (в частности, использовался веб-фреймворк Flask [12]);

- наличием библиотеки SymPy [13], предоставляющей функции для символического упрощения и сравнения математических выражений.

Фреймворк Flask используется как серверная часть одностраничного приложения (SPA, single-page application). Взаимодействие между клиентом и сервером выполняется посредством фонового обмена данными в формате JSON. Для построения пользовательского интерфейса применяется JS-фреймворк Vue.js [14].

Основным направлением использования библиотеки SymPy является сравнение выражений. Оно реализуется как символическое сравнение с нулем разности двух выражений. Так как вычитание по умолчанию не подразумевает упрощения, то дополнительно вызывается функция `simplify()`, использующая различные стратегии для выполнения преобразований.

Несмотря на то что задача упрощения в общем случае эффективно не решается для двух произвольных выражений, если выражения близки и сравнительно просты (как в случае задач из тестов), то, как показали эксперименты, результат всегда корректный.

Для использования библиотеки потребовалось реализовать второй синтаксический анализатор, формирующий на основе вводимой пользователем строки объект, пригодный для преобразований средствами библиотеки.

Для построения анализатора по грамматике была использована библиотека PLY [15], использующая алгоритм LALR(1) для выполнения разбора.

Все строчные латинские буквы были объявлены как переменные, математические операции заменялись результатом их выполнения над символами. Числа и математические константы также подставлялись как символы, чтобы избежать потери точности.

Пример работы

Результат работы визуализатора представлен на рисунке.

```
5 a + (x^2+sqrt 2)/2 * sin sqrt (y/2)
```

$$5 \cdot a + \frac{x^2 + \sqrt{2}}{2} \cdot \sin \sqrt{\frac{y}{2}}$$

Результат визуализации
математического выражения

Визуализация осуществлялась трансляцией в LaTeX с последующим рендерингом библиотекой KaTeX. Браузер – Firefox 53.0, операционная система – GNU/Linux (дистрибутив Ubuntu 17.04).

Заключение

В результате проведенного анализа был выбран набор технологий, которые позволяют организовать символьный ввод математических выражений в веб-приложениях, написанных с использованием веб-фреймворка Flask. Далее планируется реализовать плагин для фреймворка Flask.

Основные пути дальнейшего развития разработанного программного обеспечения:

- генерация синтаксических анализаторов на основе единственного описания грамматики для упрощения изменения грамматики;

- поддержка ограничений, накладываемых на переменные;
- динамическое формирование задач и проверка правильности ответа при помощи вычислений (например, проверка решения уравнения подстановкой);
- оценка ошибки, если результат не совпадает с верным.

Цитированная литература

1. edX | Free online courses // <http://www.edx.org/>
2. AsciiMath // <http://asciimath.org/>
3. Standard ECMA-262 // <https://www.ecma-international.org/publications/standards/Ecma-262.htm>
4. Jison // <https://github.com/zaach/jison>
5. ANTLR3 // <http://www.antlr3.org/>
6. MathML // <https://www.w3.org/Math/>
7. MathJax // <https://www.mathjax.org/>
8. KaTeX // <https://github.com/Khan/KaTeX>
9. Giac/Xcas, a free computer algebra system // <https://www-fourier.ujf-grenoble.fr/~parisse/giac.html>
10. Maxima, a Computer Algebra System // <http://maxima.sourceforge.net/>
11. Python // <https://www.python.org/>
12. Flask (A Python Microframework) // <http://flask.pocoo.org/>
13. SymPy // <http://www.sympy.org>
14. Vue.js The Progressive JavaScript Framework // <https://vuejs.org/>
15. PLY (Python Lex-Yacc) // <http://www.dabeaz.com/ply/>

ИНЖЕНЕРИЯ. ИНФОРМАТИКА

УДК 621.357

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ТОКА С ОБРАТНЫМ РЕГУЛИРУЕМЫМ ИМПУЛЬСОМ НА СТРУКТУРУ И МИКРОТВЕРДОСТЬ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ПОКРЫТИЙ

Н.И. Корнейчук, Ф.М. Ерхан, Е.В. Бомешко

Представлены сравнительные результаты исследований влияния катодной плотности тока (D_k), параметров периодических токов, состава и температуры электролита ($T_{эл}$) на микроструктуру и микротвердость железных покрытий. Показано, что варьируя величину D_k и параметры периодического тока с обратным регулируемым импульсом, можно управлять процессом формирования покрытий и осаждают покрытия с мелко- и крупнозернистой, волокнистой, столбчатой и слоистой структурой, с микротвердостью 3920–6370 МПа.

Ключевые слова: ток, постоянный, периодический, импульс, прямой, обратный, структура, микротвердость, железо, электролит.

EFFECT OF PARAMETERS OF PERIODIC CURRENT WITH REVERSE REGULATED IMPULSE ON THE STRUCTURE AND MICROHARDNESS OF ELECTROLYTIC IRON COATINGS

N.I. Korneichuk, F.M. Erhan, E.V. Bomeshko

The article presents the comparative results of studies of the effect of cathode current density (D_k), the parameters of periodic currents, electrolyte composition and temperature on the microstructure and microhardness of iron coatings. It is shown, that variation of the magnitude D_k and the parameters of periodic current with reverse regulated impulse allow managing the process of coating formation and precipitating coating with short and coarse-grained, fibrous, columnar and layered structure, with microhardness 3920–6370 MPa.

Keywords: current, direct, periodic, impulse, direct, inverse, structure, microhardness, iron, electrolyte.

Введение

Одним из основных резервов повышения надежности и ресурса, а также снижения себестоимости ремонта машин является восстановление изношенных де-

талей. Применяемые в настоящее время технологические процессы восстановления не всегда удовлетворяют современным требованиям, предъявляемым к ремонту деталей машин, особенно работающих при знакопеременных и ударных контакт-

ных нагрузках. Поэтому поиск способов восстановления, обеспечивающих регламентные показатели надежности, является актуальным.

Современная наука и ремонтное производство располагают множеством способов восстановления изношенных деталей машин. Критический анализ позволил выявить, что наибольшее распространение в ремонтной практике получили различные способы наплавки. Однако исходя из анализа конструктивно-технологических особенностей автотракторных деталей следует отметить, что применение наплавки не всегда обеспечивает необходимое качество их восстановления по причине несовершенства структуры наплавленных слоев, изменения структуры материала деталей, накопления больших остаточных напряжений растяжения, которые приводят к деформации и искажению взаимного расположения рабочих поверхностей и геометрической формы деталей.

Известно, что предельная величина износа у более 90 % деталей тракторов и автомобилей не превышает 0,3–0,4 мм, поэтому с экономической точки зрения нанесение покрытий методом наплавки не всегда целесообразно. В работах Ю.Н. Петрова, М.П. Мелкова и других авторов [1–4] обоснована целесообразность восстановления таких деталей электролитическим железнением благодаря высоким физико-механическим свойствам и производительности процесса нанесения покрытий. Несмотря на достоинства электролитического железнения, которое в большинстве случаев осуществляется на постоянном токе, покрытия осаждаются преимущественно с выраженной слоистой структурой. Наличие слоистости в покрытиях может быть уменьшено, если процесс осуществлять при малых плотностях тока и высокой температуре электролита, но это приводит к существенному снижению производительности процесса. На-

личие слоистости облегчает зарождение и развитие очагов разрушения покрытия, особенно при циклических и ударных нагрузках тяжело нагруженных деталей.

Разработанные на кафедре ремонта машин Кишиневского сельскохозяйственного института источники периодического тока с обратным регулируемым импульсом (ПТОРИ) [1, 2] позволяют интенсифицировать процесс электроосаждения железа и получать осадки с высокими физико-механическими свойствами. В то же время в литературе отсутствуют данные о свойствах покрытий, осаждаемых с использованием ПТОРИ применительно к восстановлению тяжело нагруженных деталей.

С учетом условий работы тяжело нагруженных деталей можно предположить, что для их восстановления эффективными могут быть те покрытия железа, у которых структура бесслоистая. На основании вышеизложенного представляется необходимым исследование влияния параметров источника периодического тока, состава и температуры электролита на структуру и микротвердость осаждаемых покрытий.

Методика исследований

В качестве объекта исследований использовали износостойкие гальванические железные покрытия, осажденные в электролитах, получившие наибольшее применение в ремонтном производстве, составы которых приведены в табл. 1.

Для изучения микроструктуры и микротвердости электролитического железа использовали образцы диаметром 12 мм и длиной 25 мм, изготовленные из стали 20Х, цементированные и закаленные до HRC58–63, на которые наносили железные покрытия из электролитов, указанных в табл. 1. Толщина покрытий при этом составляла 900 ± 10 мкм.

Составы электролитов железнения

№	Тип электролита	Состав электролита	
		Наименование и формула компонентов	Концентрация, г/л
1	Метилсульфатно-хлористый	Метилсульфатное железо $\text{Fe}(\text{CH}_2\text{OSO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	300
		Хлористое железо $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	150
2	Хлористый	Хлористое железо $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	400
		Соляная кислота HCl	1

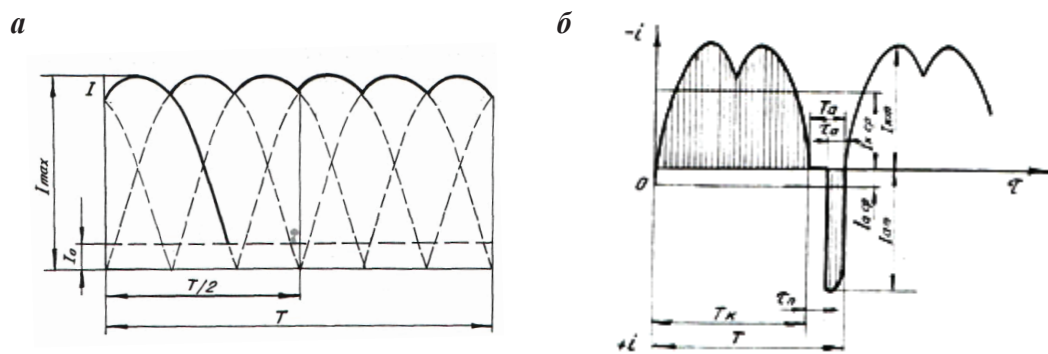


Рис. 1. Формы токов, применяемых для питания гальванической ванны электролитического железнения: а – трехфазный двух полупериодно выпрямленный; б – ПТОРИ

При железнении питание гальванической ванны осуществляли от трехфазного двух полупериодно выпрямленного источника тока (рис. 1, а) и специального устройства, преобразующего трехфазный переменный ток промышленной частоты в периодический ток с обратным регулируемым импульсом (рис. 1, б). Режимы электролиза изменяли в следующих пределах: плотность тока прямого импульса D_k – от 20 до 80 А/дм², относительную длительность прямого и обратного импульсов $\alpha = \frac{T_k}{T_a}$ – от 5 до 20 А/дм², показатель катодно-анодного отношения амплитудных значений составляющих тока $\beta = \frac{I_{k_{\max}}}{I_{a_{\max}}}$ – от 0,5 до 4. Перед нанесением исследуемых покрытий образцы подвергали обезжириванию в венской извести и анодному трав-

лению в 30%-ном растворе серной кислоты с добавлением 15 г/л сернистого железа при температуре 293 К.

Для выявления структуры покрытия проводили химическое травление шлифов в 5%-ном растворе азотной кислоты в этиловом спирте. Микроструктуру и морфологию поверхности покрытия исследовали на микроскопе МИМ-8М. Измерение микротвердости покрытий производили с помощью микротвердомера ПМТ-3 с нагрузкой на индентор 0,98Н (в соответствии с ГОСТ 9450-76).

Результаты исследований

Результаты проведенных исследований показали, что микротвердость электролитических покрытий в указанных

электролитах (см. табл. 1) находится в тесной взаимосвязи со структурой этих покрытий, которая зависит от состава электролита, формы и параметров тока. Металлографическими исследованиями установлено, что покрытиям железа, осажденным в широком диапазоне плотностей тока, присуща трещиноватость (рис. 2–3).

В большинстве случаев трещины зарождаются в местах наличия посторонних включений и ориентированы преимущественно перпендикулярно покрываемой поверхности. Количество и размер трещин зависят от условий электролиза. Так, увеличение катодной плотности тока во всех случаях приводит к увеличению числа микротрещин на единицу длины подложки (см. рис. 2), способствует уменьшению размеров образующихся микротрещин и развитию их сетки на поверхности покрытия (см. рис. 3). Такой характер развития

трещиноватости можно объяснить тем, что в процессе кристаллизации гальванических покрытий возникают растягивающие напряжения, величина которых превышает предел его прочности, в результате чего образуются трещины.

При высоких температурах электролита и низких значениях D_k осаждаются менее напряженные, более мягкие покрытия, внутренние напряжения в которых достигают своей предельной величины при сравнительно больших толщинах покрытия. При этом образуются более редкие, но глубокие микротрещины. При более жестких режимах реализация растягивающих напряжений происходит в сравнительно малых слоях покрытия (см. рис. 2).

Так, характерной особенностью структуры железа, осажденного при высоких плотностях тока ($D_k = 40\text{--}60 \text{ А/дм}^2$) и невысоких температурах электролита

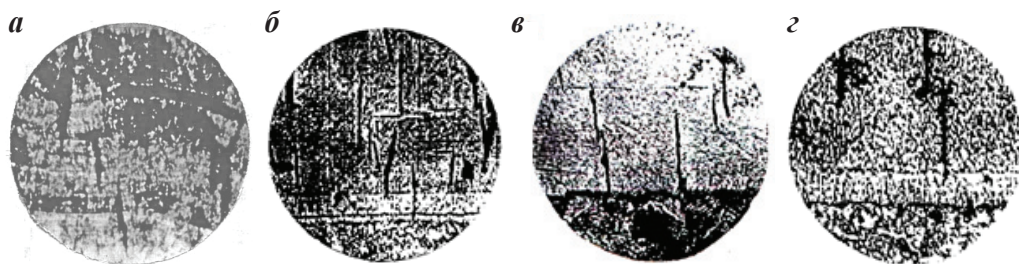


Рис. 2. Влияние условий электролиза на структуру железных покрытий при $D_k = 40 \text{ А/дм}^2$ и $t_{эл} = 293 \text{ К}$:
 а – электролит № 1, ток постоянный; б – $\alpha = 10$, $\beta = 2$; в – $\alpha = 10$, $\beta = 1$; г – $\alpha = 5$, $\beta = 1$;
 б, в и г – покрытия нанесены в электролите № 2 с использованием ПТОРИ ($\times 500$)

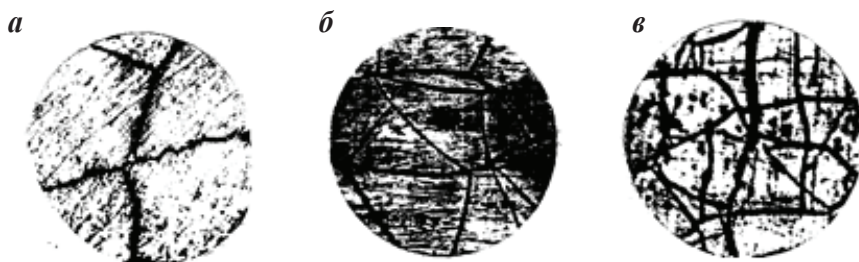


Рис. 3. Влияние плотности катодного тока на характер трещиноватости поверхности железных покрытий, полученных в исследуемом электролите при $\alpha = 10$, $\beta = 1$, $t_{эл} = 313 \text{ К}$:
 а – $D_k = 20 \text{ А/дм}^2$; б – $D_k = 40 \text{ А/дм}^2$; в – $D_k = 60 \text{ А/дм}^2$ ($\times 300$)

($T_{эл} = 293\text{--}298\text{ К}$), является то, что на покрываемой поверхности формируется покрытие в виде слоистых отложений (см. рис. 2, а).

Аналогичные результаты были получены также в других исследованиях [1, 2]. Это, вероятно, происходит по той причине, что во время электролиза прикатодный слой обедняется ионами водорода, что приводит к его защелачиванию. Образовавшаяся гидроокись железа адсорбируется на поверхности осаждающегося железа и вызывает перерыв в росте кристаллов. Затем этот процесс повторяется. Только с увеличением температуры электролита слоистость уменьшается.

Однако применение ПТОРИ способствует, при прочих равных условиях электролиза, значительному снижению слоистости покрытия. Так, с увеличением среднего значения плотности тока обратного импульса (за счет уменьшения величины параметров α и β) слоистость осадков становится менее заметной, а количество образовавшихся трещин на единицу длины подложки сокращается (см. рис. 2, б–г). Наряду с этим было установлено, что с увеличением показателя катодно-анодного отношения амплитудных значений на микрошлифах наблюдается значительное снижение количества посторонних включений, что также подтверждено в работе [2]. Объяснить происходящие явления можно так: с ростом плотности тока обратного импульса (за счет изменения α и β) наблюдается снижение катодного потенциала [2] и активация поверхности электрода за счет ионизации водорода в анодной части цикла, что, вероятно, должно привести к уменьшению внутренних напряжений и микротвердости покрытия.

С уменьшением относительной длительности прямого и обратного импульсов происходит укрупнение структуры железного осадка (см. рис. 2, в, г), которое можно объяснить растравливанием более мелких кристаллов в анодной части цик-

ла. Аналогичный характер формирования структуры наблюдается и при уменьшении параметра β (см. рис. 2, б, в).

Исследованиями выявлено, что нанесение покрытий в электролите № 2 при постоянных значениях параметров ПТОРИ α и β и температуре электролита с увеличением катодной плотности тока от 20 до 60 А/дм² приводит к осаждению трещиноватых покрытий с более развитой, густой сеткой трещин (см. рис. 3), что подтверждает ранее высказанное предположение о характере формирования и развития микротрещин.

Исследование микротвердости ($H\mu$) железных покрытий, осажденных в метилсульфатно-хлористом электролите № 1 (см. табл. 1) на постоянном токе, показало, что наиболее мягкие покрытия формируются при высоких температурах электролита, низких плотностях катодного тока и малых значениях рН электролита (рис. 4).

Так, при температуре 333 К, $pH_{эл} = 0,9$ и плотности тока 10 А/дм² (рис. 4, кривая 1) микротвердость покрытий составляет 4500 МПа. Постоянное увеличение плотности тока при этом приводит к росту

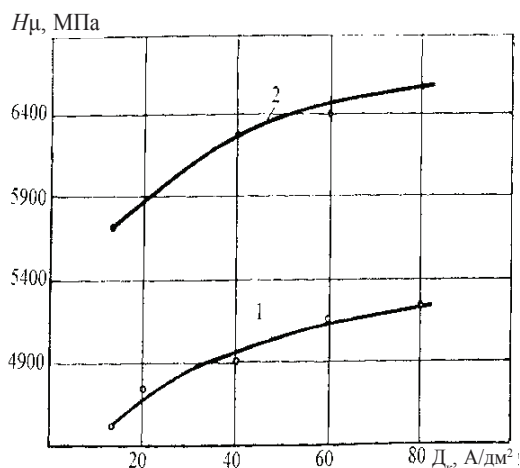


Рис. 4. Влияние плотности катодного тока на микротвердость железных покрытий в метилсульфатно-хлористом электролите, $pH = 0,9$: кривая 1 – $t_{эл} = 333\text{ К}$; кривая 2 – $t_{эл} = 293\text{ К}$

микротвердости, и при $D_k = 80 \text{ А/дм}^2$ H_μ железного покрытия достигает значения 5300 МПа. Снижение температуры электролита до 293 К способствует увеличению микротвердости, и при $D_k = 10$ и 80 А/дм^2 ($pH_{эл} = 0,9$) H_μ соответственно составляет 5800 и 6600 МПа (рис. 4, кривая 2).

Согласно представлениям, приведенным в работах [1, 3, 4, 5], повышенная твердость электролитических осадков обусловлена искажениями кристаллической решетки и включением в осадок различных чужеродных частиц. Исходя из этих представлений, можно объяснить влияние условий электролиза на микротвердость покрытий. Повышение катодной плотности тока и pH электролита, а также понижение температуры электролита приводят к росту катодной поляризации и обеднению электролита ионами железа и водорода в прикатодном слое. Это способствует защелачиванию прикатодного слоя и увеличивает возможность захвата формирующимися покрытиями гидроокиси железа и чужеродных включений, присутствующих в электролите.

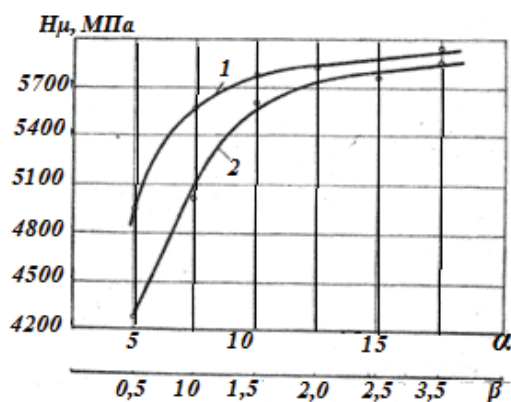


Рис. 5. Влияние относительной длительности прямого и обратного импульсов (кривая 1) и показателя катодно-анодного отношения амплитуд тока (кривая 2) на микротвердость железных покрытий, полученных в электролите № 2 при $D_k = 50 \text{ А/дм}^2$ и $t_{эл} = 313 \text{ К}$: кривая 1 – $\beta = 1$; кривая 2 – $\alpha = 5$

Значительное влияние на микротвердость железных покрытий, осажденных в электролите № 2 (см. табл. 1) с использованием ПТОРИ, при прочих равных условиях электролиза оказывают его параметры (рис. 5). При этом в общем случае наблюдается идентичность закономерности изменения микротвердости покрытий в зависимости от величины показателя катодно-анодного отношения амплитуд составляющих токов (β) и относительной длительности прямого и обратного импульса (α).

Анализ результатов исследований показывает, что при данной плотности катодного тока уменьшение среднего значения плотности обратного импульса за счет увеличения показателей β (см. рис. 5, кривая 1) или α (см. рис. 5, кривая 2) приводит к более интенсивному росту микротвердости в интервалах изменения β от 0,5 до 2 при $\alpha = 5$ и α от 5 до 10 при $\beta = 1$, после чего она достигает своего максимального значения. Дальнейшее увеличение параметров не оказывает заметного влияния на изменение микротвердости. Например, с увеличением β от 0,5 до 2 при $D_k = 50 \text{ А/дм}^2$ (см. рис. 5, кривая 2) значение микротвердости возрастает на 1400 МПа, а дальнейшее увеличение β до 4 приводит к росту H_μ на 120 МПа. С увеличением α от 5 до 10 при $D_k = 50 \text{ А/дм}^2$ (см. рис. 5, кривая 1) величина H_μ возрастает от 4950 до 5800 МПа, а затем она изменяется всего на 100 МПа.

Такое влияние параметров ПТОРИ на микротвердость железных покрытий можно объяснить тем, что при имеющихся значениях α и β может происходить ионизация водорода, а следовательно, и подкисление прикатодного слоя, что приведет к снижению его защелачиваемости и уменьшению адсорбции гидроокисей железа на катоде. Действие этих факторов способствует активированию поверхности катода и снижению микротвердости покрытий.

Таким образом, из анализа результатов исследований следует, что, варьируя параметры процесса электроосаждения, можно управлять в широких пределах формированием структуры и микротвердости покрытий, благодаря чему их можно использовать для восстановления деталей, работающих при различных условиях нагружения.

Выводы

- Установлено, что состав электролита, форма поляризующего тока и соотношение его параметров оказывают существенное влияние на характер формирования структуры электролитических покрытий железа. Обнаружено, что с повышением катодной плотности тока происходит измельчение зерен и увеличение трещиноватости покрытий.
- Выявлено, что увеличение длительности обратного импульса и амплитудной плотности тока способствует укрупнению зерен, уменьшению слоистости и трещиноватости железных покрытий.
- Установлено, что в зависимости от параметров ПТОРИ микротвердость элек-

тролитических железных покрытий можно изменять в пределах 3920–6370 МПа. Выявлена корреляция между структурой и микротвердостью осаждаемых железных покрытий.

Цитированная литература

1. Петров Ю.Н., Косов В.П., Стратулат М.П. Ремонт автотракторных деталей гальваническими покрытиями. – Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1976. – 296 с.
2. Эрлих Д.М. Исследование процесса и разработка способа восстановления автотракторных деталей железнением на периодическом токе с обратным регулируемым импульсом: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Кишинев, 1975.
3. Кудрявцев Н.Т. Электролитические покрытия металлами. – М.: Химия, 1979. – 352 с.
4. Мелков М.П., Швецов А.Н., Мелкова И.М. Восстановление автомобильных деталей твердым железнением. – М.: Транспорт, 1982. – 198 с.
5. Гамбург Ю.Д. Электрохимическая кристаллизация металлов и сплавов. – М.: Янус-К, 1997. – 384 с.

УДК 621.311.1.014.019

ВЛИЯНИЕ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Ф.М. Ерхан, Т.Б. Кондратюк, Н.И. Корнейчук

Исследованы уровни токов короткого замыкания в электрических сетях различного класса напряжений, которые носят вероятностный характер, дискретно изменяются и зависят от ряда факторов, как определенных, так и неопределенных, и имеют решающее значение при выборе электрооборудования, графа развития электрических сетей и уровней напряжения.

Ключевые слова: электроэнергетические системы, уровни токов короткого замыкания, функциональная надежность электрооборудования, граф электрической сети, вероятностный характер изменения показателей надежности, несимметричные режимы работы.

EFFECT OF SHORT CIRCUIT CURRENTS ON INDEXES OF RELIABILITY OF DISTRIBUTIVE SYSTEMS

F.M. Erhan, T.B. Kondratuc, N.I. Korneichuk

The authors explored the levels of short circuit currents in electric networks of different classes of voltage. They have stochastic nature, discretely change and depend on some factors, have decisive importance in choosing of electrical equipment, graph of development of electrical networks and voltage levels.

Keywords: *electrical power system, currents of the short circuit, functional reliability of electrical equipment, graph of electrical network, stochastic nature of change of reliability indexes, asymmetrical regimen of work.*

Введение

Динамика роста электропотребления весьма высока. Это приводит к повышению установленных генерирующих мощностей, что вызывает изменение структуры электрических схем генерации и уровней токов короткого замыкания (ТКЗ) в электроэнергетических системах (ЭЭС). Согласно [1, 2] электроэнергетические и распределительные системы являются искусственными техническими системами, развитие которых происходит существенными темпами по сравнению с другими техническими системами. Показатели надежности таких систем носят вероятностный характер и являются функциями от ряда как определенных, так и неопределенных факторов.

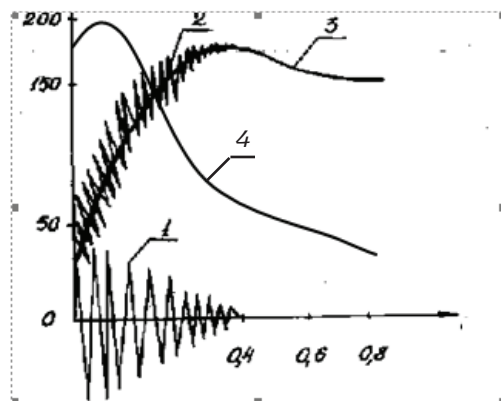
Факторами, наиболее значительно влияющими на показатели функциональной надежности элементов электроэнергетических систем, являются уровни ТКЗ. Токи короткого замыкания изменяются во времени в зависимости от принципиальных электрических схем и установленной мощности системы.

Постановка задачи

Исходя из анализа динамики развития ряда электроэнергетических систем и согласно [1, 2] можно утверждать, что динамика изменения уровней токов короткого замыкания в электрических сетях и узлах

электроэнергетических систем носит вероятностный характер и зависит от ряда определенных и неопределенных факторов. Анализ изменения уровней токов короткого замыкания и повторно восстанавливающегося напряжения ($U_{\text{ПВ}}$) показал, что их изменение во времени носит нелинейный характер (см. рисунок).

Уровни как токов короткого замыкания, так и восстанавливающегося напряжения ($U_{\text{ПВ}}$) оказывают существенное влияние на функциональную надежность установленного электрооборудования и на структурную надежность электроэнергетических систем.



Полное $U_{\text{ПВ}}$ в системе 110 кВ при коротком замыкании на расстоянии 1,5 км от шин трансформаторной подстанции и выключателя:

- 1 – составляющая $U_{\text{ПВ}}$ со стороны линии;
2 – полное $U_{\text{ПВ}}$ на выключателе; 3 – составляющая $U_{\text{ПВ}}$ со стороны источника; 4 – кривая изменения тока короткого замыкания

Также от ожидаемых уровней токов короткого замыкания зависят графы развития электрических сетей и уровней напряжения.

Проблемы оптимизации и координации ожидаемых уровней токов короткого замыкания в узлах электроэнергетических систем являются весьма актуальными. Поэтому особенно важным представляется определение основных факторов, влияющих на значения уровней токов короткого замыкания и темпы их изменения в электрических сетях и влияние ТКЗ на функциональную надежность составных элементов распределительных систем.

Поскольку технические параметры установленного электрооборудования в узлах электрических систем известны, можно принять технические меры по ограничению роста ожидаемых токов короткого замыкания с изменением структуры выдачи генерирующих мощностей.

Анализ составляющих уровней токов короткого замыкания в узлах системы (см. рисунок) позволяет утверждать, что как со стороны источника питания точки короткого замыкания, так и со стороны линии токи короткого замыкания меняются во времени нелинейно. В таком случае результирующее значение ТКЗ, который должен быть отключен, тоже нелинейно, поэтому функциональная надежность соответствующего электрооборудования носит вероятностный характер, поскольку зона действия и ТКЗ, и соответствующего оборудования является неопределенной.

Короткое замыкание может возникнуть при самых разнообразных режимах работы системы. Поэтому при разработке математических моделей необходимо учитывать только те факторы, которые детерминированы и математически могут быть описаны соответствующими уравнениями [3].

Математическую функцию, описывающую зависимость скорости изменения

ожидаемых уровней токов короткого замыкания от ряда основных определенных факторов, можно представить следующим уравнением:

$$\frac{di_{к.з}}{dt} = f\left[\left(\frac{du_{RT}}{dt}\right)_И; \left(\frac{du_{RT}}{dt}\right)_Л; \left(\frac{dS_{к.з}}{dt}\right)_И; \left(\frac{dS_{к.з}}{dt}\right)_Л; \left(\frac{dZ}{dt}\right)_Л\right], \quad (1)$$

где $\frac{di_{к.з}}{dt}$ – скорость изменения ожидаемых уровней токов короткого замыкания в заданном узле системы; $\left(\frac{du_{RT}}{dt}\right)_И$ – скорость изменения повторно восстанавливающегося напряжения в точке короткого замыкания со стороны источников питания; $\left(\frac{du_{RT}}{dt}\right)_Л$ – скорость изменения повторно восстанавливающегося напряжения в точке короткого замыкания со стороны нагрузки; $\left(\frac{dS_{к.з}}{dt}\right)_И$ – скорость изменения мощности короткого замыкания в точке короткого замыкания со стороны источников питания; $\left(\frac{dS_{к.з}}{dt}\right)_Л$ – скорость изменения мощности короткого замыкания в точке короткого замыкания со стороны потребителей; $\left(\frac{dZ}{dt}\right)_Л$ – скорость изменения эквивалентного волнового сопротивления в точке короткого замыкания.

Чаще всего процесс короткого замыкания практически сопровождается возникновением электрической дуги, поэтому скорость прохождения процесса короткого замыкания и скорость изменения тока короткого замыкания $\frac{di_{к.з}}{dt}$ зависят от скорости изменения повторно восстанавливающегося напряжения $U_{ПВ}$ в точке короткого замыкания [2].

Изменение составляющих повторно восстанавливающегося напряжения $U_{ПВ}$

во времени в зависимости от места, где происходило короткое замыкание, приведено на рисунке.

Результирующее значение повторно восстанавливающегося напряжения $U_{ПВ}$ имеет две составляющие: со стороны источника питания $(\frac{du_{RT}}{dt})_{И}$ и со стороны линии, на которой осуществляется переходный процесс $(\frac{du_{RT}}{dt})_{Л}$.

Эти составляющие определяются с помощью следующих расчетных выражений, учитывая замкнутые контуры и их волновые сопротивления:

$$\left(\frac{du_{RT}}{dt}\right)_{Л} = Z \frac{di_{к.з.}}{dt}; \quad (2)$$

$$\left(\frac{du_{RT}}{dt}\right)_{И} = \frac{Z}{n-1} \frac{di_{к.з.}}{dt}, \quad (3)$$

где Z – эквивалентное волновое сопротивление контура, где происходит процесс короткого замыкания; n – число линий электропередачи, присоединенных к шинам источника, от которых может быть подпитана точка короткого замыкания.

Результирующее значение повторно восстанавливающегося напряжения $U_{ПВ}(t)$ с учетом скорости его изменения определяется выражением

$$\frac{du_{RT}}{dt} = \left(\frac{du_{RT}}{dt}\right)_{И} + \left(\frac{du_{RT}}{dt}\right)_{Л} = Z \frac{n}{n-1} \frac{di_{к.з.}}{dt}. \quad (4)$$

Способность электрооборудования (в частности, выключателя) отключать любой вид короткого замыкания характеризуется скоростью изменения тока короткого замыкания на контактах выключателя $di_{к.з.}/dt$.

Если $0 < \frac{di_{к.з.}}{dt} < 10$ А/мкс, то продолжительность горения дуги минимальна и выключатель способен отключить любой вид короткого замыкания.

Если $25 < \frac{di_{к.з.}}{dt} < 30$ А/мкс, то отключение любого вида короткого замыкания

становится проблематичным для любых типов выключателей, находящихся в настоящее время в эксплуатации, кроме воздушных и элегазовых. В зависимости от величины ожидаемого тока короткого замыкания место его возникновения относительно выключателя и процесс отключения тока характеризуются коэффициентом тяжести отключения, который приведен в табл. 1.

Коэффициент тяжести характеризует степень влияния различных факторов на процесс срабатывания выключателей и вероятность их срабатывания в момент короткого замыкания [1, 2]. К таким факторам можно отнести значение ожидаемого тока короткого замыкания, амплитуду и скорость его изменения, начальную скорость изменения амплитуды $\frac{du_{RT}}{dt}$ первого пика переходного восстанавливающегося напряжения $U_{ПВ}$, динамические усилия, действующие на контактах выключателя, температуру окружающей среды, скорость распространения электрической дуги и др.

Исследование динамики изменения уровней токов короткого замыкания в электрических сетях различного напряжения (6, 10, 35, 110 кВ) показывает, что она является функцией от ряда факторов, приведенных в уравнении (1).

Согласно [4, 5] определяющее влияние на значения ожидаемых уровней токов

Таблица 1

Зависимость надежности срабатывания выключателей и количества циклов до вывода их в ремонт от значения отключаемого тока короткого замыкания

$I_{от}/I_{к.з.}$	0,08	0,16	0,25	0,50	0,75	1,0
$N(t)$	32	26	20	15	12	10
$R(t)$	0,996	0,998	0,999	0,999	0,993	0,991
$R^1(t)$	25,0	50,0	100	100	14,3	11,1

Примечание. $N(t)$ – количество циклов срабатывания выключателей; $R(t)$ – надежность выключателей, рассчитанная по классическому методу; $R^1(t)$ – надежность выключателей, рассчитанная по интегральному критерию.

короткого замыкания и динамику их изменения имеет установленная мощность генерирующих узлов и структурная схема соединения элементов в узлах системы. От этих факторов зависит и мощность подпитки точки короткого замыкания как со стороны источника, так и со стороны линии электропередачи в случае возникновения короткого замыкания. От физических параметров и значения мощностей короткого замыкания зависит активное сопротивление проводников во время короткого замыкания, а также процесс теплодинамического влияния тока короткого замыкания на установленное электрооборудование [4].

Повышение установленной мощности в узлах системы приводит к росту максимальных токов короткого замыкания в сетях различного уровня напряжения. В исследуемой электроэнергетической системе с учетом динамики ее развития за 5 лет изменение ТКЗ составило: в сетях напряжением 10 кВ – до 16 %, а в сетях 35 кВ – в среднем до 20 %.

Из проведенного анализа следует, что динамика изменения уровней токов короткого замыкания в сетях различного класса

напряжений ЭЭС разная, так как передаваемый поток мощностей меняется, поэтому установленное электрооборудование подвергается воздействию ТКЗ различной формы, величины и продолжительности [5].

При этом переходные восстанавливающиеся напряжения имеют различные величины и скорости изменения. Для исследования динамики изменения уровней ТКЗ были исследованы распределительные сети реальных ЭЭС, содержащие более 1600 узлов различного класса напряжений, в процессе их развития с интервалом в 5 лет. Максимальные значения ожидаемых уровней токов однофазного и трехфазного короткого замыкания в сетях различного напряжения (во время зимних максимумов) и отключающая способность установленных выключателей приведены в табл. 2.

Расчетные значения ожидаемых уровней ТКЗ получены с учетом наличия в ЭЭС точек секционирования сетей. Секционирование электрических сетей напряжением 110 и 330 кВ способствует снижению роста ожидаемых уровней ТКЗ примерно на 25–40 % по сравнению с сетью, в которой деление не осуществлялось.

Таблица 2

Изменение уровня однофазного и трехфазного токов короткого замыкания

Год	Кол-во узлов N , шт.	Минимальное значение уровней ТКЗ, кА		Максимальное значение уровней ТКЗ, кА		Отключающая способность установленных выключателей $I_{от. ном.},$ кА
		$I_{к.з.}^{(3)}$	$I_{к.з.}^{(1)}$	$I_{к.з.}^{(3)}$	$I_{к.з.}^{(1)}$	
$U_{ном} = 10$ кВ						
1970	145	0,42	–	3,56	–	10–20
1975	178	0,50	–	4,24	–	
1980	246	0,61	–	5,12	–	
1985	312	0,73	–	6,19	–	
1990	392	0,90	–	7,43	–	
1995	405	1,13	–	6,32	–	
$U_{ном} = 35$ кВ						
1970	105	0,51	–	4,96	3,6	6,6–16,5
1975	128	0,72	–	6,39	5,8	
1980	142	0,87	–	10,7	8,7	
1985	175	0,92	–	14,3	12,6	
1990	201	1,12	–	18,7	15,4	
1995	276	0,96	–	15,4	11,9	

Из табл. 2 следует, что уровни ТКЗ за период исследования ЭЭС в сетях номинального напряжения 10 и 35 кВ возросли в 2,5 и 3,1 раза соответственно. На узловых подстанциях ЭЭС токи однофазного короткого замыкания на 5–15 % выше, чем токи трехфазного короткого замыкания, а на шинах электростанций – на 15–30 %. Это приводит к резкому утяжелению условий работы электрооборудования (особенно выключателей), так как частота однофазных коротких замыканий в 20–30 раз выше, чем трехфазных. Поэтому требования к электрооборудованию в электроэнергетических системах становятся все более определенными и жесткими.

В связи с тем что темпы роста ожидаемых уровней ТКЗ в ЭЭС высокие, возникает проблема согласования параметров электрооборудования с существующими и ожидаемыми уровнями токов короткого замыкания.

Таким образом, актуальной становится задача оценки минимально необходимых затрат на повышение коммутационной способности выключателей и другого электрооборудования при отключении токов короткого замыкания и сравнения их с затратами, требующимися на использование различных методов ограничения роста уровней токов короткого замыкания.

В исследуемой электроэнергетической системе узлы с максимальными уровнями токов короткого замыкания находятся вблизи мощных источников, и с развитием ЭЭС возможно их изменение по сети. Результаты аналитических расчетов показывают, что из общего количества установленного электрооборудования в узлах исследуемой ЭЭС около 15–18 % подвергаются воздействию максимальных уровней токов короткого замыкания. Во всей остальной части системы уровни токов короткого замыкания значительно ниже максимальных значений, поэтому отключающая способность установлен-

ных выключателей и электрооборудования соответствует техническим параметрам токов короткого замыкания и в таких узлах рост ТКЗ не создает дополнительных проблем, а способствует повышению жесткости схемы электроснабжения.

В соответствии с аналитическими расчетами табл. 2 можно утверждать, что величины ТКЗ, воздействующие на электрооборудование и воздушные и кабельные линии, различаются по модулю, амплитуде, форме кривой, продолжительности и скорости изменения. Исходя из этого в реальных условиях необходимо выделить наиболее характерные режимы работы электрооборудования при различных значениях ожидаемых токов короткого замыкания.

Анализ динамики изменения уровней ТКЗ показал, что как в распределительных сетях, так и в сетях высокого напряжения электроэнергетических систем они имеют тенденцию к постоянному росту с дискретным характером, хотя динамика их роста в распределительных сетях более низкая по известным причинам.

Рост уровней токов короткого замыкания приводит к изменению условий работы установленного электрооборудования в некоторых узлах электроэнергетической системы. Условия становятся более тяжелыми и поэтому возникает задача согласования или координации параметров электрооборудования данного уровня напряжения с существующими и ожидаемыми уровнями токов короткого замыкания. Все отмеченные явления и факторы, которые чаще всего носят неопределенный характер, влияют на функциональную надежность электрооборудования распределительных сетей.

Для решения этой задачи необходима достоверная информация о параметрах установленного электрооборудования, значениях ожидаемых уровней токов трехфазных и однофазных коротких замыканий и об основных факторах, влияющих на их значения.

Итак, изучение полученных значений и соотношений, отмеченных на рисунке, и аналитических расчетов из табл. 2 показало, что между уровнями токов однофазного и трехфазного короткого замыкания существует линейная зависимость, которая может быть представлена зависимостью

$$I_{к.з.}^{(l)} = \frac{3}{2+n} I_{к.з.}^{(3)}. \quad (5)$$

Аналитическая зависимость (5) справедлива при условии, что сопротивления прямой и обратной последовательностей в точке короткого замыкания равны между собой $Z_{01} = Z_{02}$. Максимальное значение токов однофазного короткого замыкания может достичь $I_{к.з.}^{(l)} = 1,5 I_{к.з.}^{(3)}$. В идеальном случае в нормальных условиях они изменяются в пределах

$$0,5 I_{к.з.}^{(3)} \leq I_{к.з.}^{(l)} \leq 1,2 I_{к.з.}^{(3)}. \quad (6)$$

Уравнение (5) показывает, что между токами трехфазного и однофазного короткого замыкания может быть установлена линейная зависимость, а минимальные и максимальные значения описываются аналитическим выражением (6).

Выводы

Из проведенного анализа следует, что динамика изменения передаваемой мощности непосредственно приводит к изменению уровней токов короткого замыкания в электрических сетях. Так как установленные мощности дискретно растут, то это приводит к изменению значения уровней токов короткого замыкания, которые зависят от мощности, передаваемой по сетям данного класса напряжений. Ожидаемые значения уровней ТКЗ зависят от ряда факторов:

– скорости изменения повторно восстанавливающегося напряжения $U_{ПВ}$ в точке короткого замыкания со стороны источников питания;

– скорости изменения повторно восстанавливающегося напряжения $U_{ПВ}$ в точке короткого замыкания со стороны нагрузки;

– величины и скорости изменения мощности короткого замыкания в точке короткого замыкания со стороны источников питания;

– величины и скорости изменения мощности короткого замыкания в точке короткого замыкания со стороны потребителей;

– значения эквивалентного сопротивления в точке короткого замыкания.

Изменение уровней токов короткого замыкания приводит к изменению функциональной надежности электрооборудования и структурной надежности электроэнергетических систем.

Цитированная литература

1. Неклепаев Б.Н. Координация и оптимизация уровней токов короткого замыкания в электрических системах. – М.: Энергия, 1978. – 151 с.
2. Ерхан Ф.М., Неклепаев Б.Н. Токи короткого замыкания и надежность энергосистем. – Кишинев: Штиинца, 1985. – 207 с.
3. Отключение токов в сетях высокого напряжения / под ред. К. Рагаллера. – М.: Энергатоиздат, 1981. – 326 с.
4. Ерхан Ф.М., Мельник С.Н. Исследование влияния уровней токов короткого замыкания на надежность узлов электроэнергетических систем // Труды III Межд. симп. «Токи короткого замыкания в электроэнергетических системах». – Польша, 1988.
5. Ерхан Ф.М. Взаимосвязь между уровнями токов к.з. и надежностью электрооборудования // Известия вузов – Энергетика. – 1991. – № 11. – С. 13–17.

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКТОВАНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

*И.Ф. Анисимов, С.Ф. Чернобрисов, В.С. Михайлов,
А.В. Димогло, В.Г. Бадюл, В.П. Молоченко*

Изложены требования к выбору типа и состава машинно-тракторного агрегата в конкретных условиях. Приведены основы расчета ресурсосберегающих мобильных агрегатов на базе имеющейся в хозяйстве техники.

Ключевые слова: *машинно-тракторный парк, машинно-тракторный агрегат, ресурсосбережение, производительность, критерий, баланс мощности, оптимизация, прицепной тяговый агрегат, навесной тяговый агрегат, транспортный агрегат, комбинированный агрегат, тяговое сопротивление.*

SCIENTIFIC BASIS OF RESOURCE-SAVING TRACTOR UNITS

*I.F. Anisimov, S.F. Chernobrisov, V.S. Mikhailov,
A.V. Dimoglo, V.G. Badul, V.P. Molochenko*

The article describes the basic requirements for the choice of a type and structure of the machine and the tractor unit under specific conditions. The calculations are given for resource-saving mobile units on the basis own units in household.

Keywords: *machine and tractor park, tractor unit, resource-saving, productivity, criterion, balance of power, optimization, trailers traction unit, mounted traction unit, transport unit, combined unit, traction resistance.*

Основные требования к выбору типа и состава агрегата для конкретных условий

Эффективное использование машинно-тракторного парка в агрофирмах ПМР неразрывно связано с рациональным комплектованием агрегатов (трактор + сельскохозяйственная машина).

Под комплектованием агрегата подразумевают научно обоснованный процесс выбора (для конкретной операции) состава агрегата и рабочей скорости в соответствии с агротехническими требованиями к выполнению данной операции. Такой процесс называют агрегатированием, имея в виду решение задач комплектования машинно-тракторного агрегата (МТА).

При комплектовании МТА учитывают следующие важнейшие требования:

- высокое качество выполняемых технологических операций;
- максимальную производительность при минимальных удельных затратах ресурсов (трудовых, топливно-энергетических, финансовых, материальных);
- наименьшее отрицательное воздействие на окружающую среду;
- обеспечение условий для длительного высокопроизводительного труда механизатора без ущерба его здоровью [1].

Удовлетворение всех указанных требований возможно только при комплексном решении задач комплектования МТА как на стадии конструирования, так и непосредственно в условиях эксплуатации в хозяйствах. Практически энергетические средства (трактор) и рабочие машины необходимо проектировать одновременно в составе основных вариантов агрегатов

применительно к наиболее вероятным производственным условиям. При этом комплектование агрегатов в условиях конкретной агрофирмы сводится к выбору уточненного оптимального варианта. Только на базе комплексного системного подхода можно добиться максимальной эффективности от использования техники.

Основы расчета ресурсосберегающих мобильных агрегатов

При комплектовании агрегатов на базе имеющейся в хозяйствах техники основной задачей является выбор состава и скоростного режима. Ее решают в два этапа.

На первом этапе в зависимости от конкретных условий выполнения операции (длины гона, размера поля, удельного сопротивления рабочих машин) выбирают трактор, удовлетворяющий требованиям ресурсосбережения, высокой производительности, охраны окружающей среды.

Для решения задач этого уровня в качестве критериев оптимальности необходимо выбирать производительность и соответствующие эксплуатационные затраты.

На втором этапе для выбранного энергетического средства по соответствующему критерию ресурсосбережения рассчитывают оптимальные значения рабочей скорости и ширины захвата агрегата с последующим выбором числа машин и сцепки. Для тракторных транспортных средств вместо ширины захвата определяют массу перевозимого груза и число прицепов. Критериями оптимальности в этом случае являются минимум удельных энергозатрат и расхода топлива [2]:

$$\mathcal{E}_n = \frac{N_e^h \eta}{B_v} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где \mathcal{E}_n – удельные энергозатраты при рабочем ходе МТА, Дж/м²; N_e^h – мощность

энергомашин, Вт; η – коэффициент использования мощности (полный КПД энергомашин); B – ширина захвата агрегата, м; v – скорость движения агрегата, м/с.

Величина $B_v = W$ – производительность агрегата в единицу чистого времени (м²/с).

Соответственно критерий (1) эквивалентен максимуму удельной (в расчете на единицу мощности) чистой производительности агрегата:

$$W_N = \frac{B_v}{N_e^h \eta} \rightarrow \max. \quad (2)$$

При заданной мощности энергосредства в качестве критерия оптимальности можно рассматривать максимум чистой производительности:

$$W = B_v \rightarrow \max. \quad (3)$$

Критерий (1) эквивалентен также минимуму удельного расхода топлива q_p , необходимого для обработки единицы площади:

$$q_p = \frac{G}{B_v} = \frac{q_e N_e^h \eta}{B_v} \rightarrow \min. \quad (4)$$

Удельный расход топлива q_e при номинальной нагрузке двигателя приблизительно можно принять постоянным.

Тот или иной эквивалентный критерий выбирают по соображениям удобства решения конкретной задачи. Кроме того, для обеспечения работоспособности агрегата в качестве условия связи должен соблюдаться баланс мощности двигателя и всех сил сопротивления:

$$N_e^h \eta = N_{кр} + N_{в\text{ом}}. \quad (5)$$

Должны также удовлетворяться возможные ограничения на буксование δ , рабочую скорость v и ширину захвата B с учетом их допустимых значений δ_d, v_d, B_d :

$$\delta \leq \delta_d; v \leq v_d; B \leq B_d. \quad (6)$$

Если необходимо, то возможен учет и других ограничений, включая уплотняющее воздействие на почву и т. п.

Равенства (1), (5) и соотношение (6) представляют собой исходную обобщенную математическую модель для расчета МТА любых типов в определенной последовательности. Сначала подставляют в выражение (5) значения слагаемых $N_{кр}$ и $N_{ВОМ}$ в функции скорости v и ширины захвата B . Затем на основе полученного баланса мощности записывают B в виде функции

$$B = f(N_e^n \eta, v). \quad (7)$$

В результате получают критерий оптимальности (1) в виде

$$\Theta_n = \frac{N_e^n \eta}{f(N_e^n \eta v) v} \rightarrow \min, \quad (8)$$

на основании которого по условию $\frac{d\Theta_n}{dv} = 0$ определяют оптимальную скорость v_{opt} МТА при $\Theta_n = \Theta_n^{\min}$.

Схема такого численного решения показана на рисунке.

Подставив v_{opt} в выражение (7), рассчитывают оптимальную ширину захвата B_{opt} . Для многомашинных агрегатов по значению B_{opt} определяют расчетное число машин в агрегате:

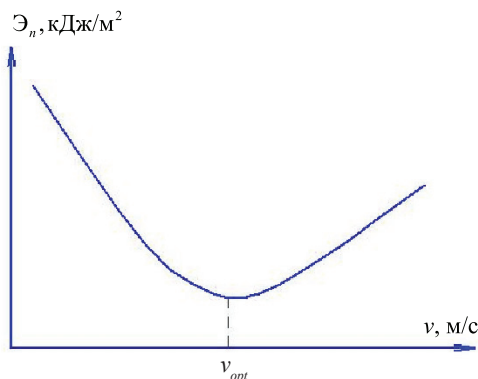


Схема оптимальной скорости агрегата

$$n_{pm} = \frac{B_{opt}}{b_m}, \quad (9)$$

где b_m — ширина захвата одной машины.

Фактическое число машин n_m получают округлением до целого значения по условию

$$n_m \leq n_{pm}. \quad (10)$$

Затем вычисляют расчетный фронт сцепки

$$\Phi_{сч.р} = (n_m - 1)b_m, \quad (11)$$

по которому выбирают сцепку с фронтом $\Phi_{сч}$, удовлетворяющим условию

$$\Phi_{сч} \geq \Phi_{сч.р}. \quad (12)$$

По фактическим значениям B и v определяют тяговую мощность N и мощность, передаваемую через ВОМ энергосредства $N_{ВОМ}$.

Завершают расчет МТА определением расчетного значения полного КПД энергосредства:

$$\eta = \frac{N_{кр} N_{ВОМ}}{N_e^n}. \quad (13)$$

Если при этом значение η намного меньше допустимого (оптимального), то следует выявить возможность работы МТА на более высокой скорости с учетом допустимого значения v_d [3].

При отсутствии такой возможности рекомендуется работать на более высокой передаче при пониженной подаче топлива, в результате чего достигается некоторая экономия топлива.

Практическое применение такой обобщенной математической модели с использованием ЭВМ наиболее эффективно на стадии проектирования перспективных МТА.

Для оперативных инженерных расчетов более удобны упрощенные варианты, рассматриваемые далее.

Расчет характеристик машинно-тракторных агрегатов

Таблица 1

Значения коэффициента $\eta_{иорт}$
для тракторов разных марок

Марка трактора	$\eta_{иорт}$	
	На вспашке	На остальных работах
Т-150К	0,89	0,91
Т-150, Т-4А, Т-40М, Т-25А	0,90	0,92
К-701, ДТ-75М, ВТ-100Д, МТЗ-80(82), ЮМЗ-6М(Л)	0,91	0,93

В производственных условиях при расчетах МТА основным критерием оптимизации является

$$\eta_{и} \rightarrow \eta_{иорт}, \quad (14)$$

где $\eta_{и}$ – расчетный коэффициент использования тягового усилия трактора; $\eta_{иорт}$ – оптимальный коэффициент использования тягового усилия трактора.

В этом случае обеспечивается выполнение и ранее указанных критериев ресурсосбережения (табл. 1).

Многомашинные агрегаты рассчитывают в такой последовательности:

- устанавливают интервал агротехнически допустимых скоростей движения агрегата при выполнении заданной работы;
- определяют передачи трактора, скорость на которых входит в установленный интервал;
- определяют значения номинальных тяговых усилий $P_{кpi}^н$ для выбранных передач по тяговым характеристикам трактора с учетом условий работы агрегата;
- рассчитывают ориентировочное число машин в агрегате на каждой из выбранных передач:

$$n_{mi} = \frac{P_{кpi}^н - G \frac{i}{100}}{b_m k_m + q_m \frac{i}{100}}, \quad (15)$$

где $G \frac{i}{100} = P_a$ – усилие, затрачиваемое трактором на преодоление подъема (при его наличии), кН; G – вес трактора, кН; i – подъем, %; b_m – ширина захвата машины, м; k_m – удельное тяговое сопротивление машины, кН/м (определяют с учетом изменения скорости движения агрегата); q_m – вес машины, приходящийся на 1 м ширины захвата, кН:

$$q_m = \frac{G_m}{b_m}. \quad (16)$$

Полученное значение n_{mi} округляют до целого числа в сторону уменьшения.

Если в результате расчетов получилось, что число машин в агрегате две и более, то следует выбрать сцепку по расчетному фронту

$$\Phi_{сц,р} = (n_m - 1)b_m. \quad (17)$$

Фронт выбранной сцепки $R_{сц}$ должен удовлетворять условию

$$\Phi_{сц} \geq \Phi_{сц,р}.$$

Тяговое сопротивление выбранной сцепки $R_{сц}$ определяется на общих основаниях.

Уточняют число машин в агрегате n_{mi} с учетом сопротивления сцепки

$$n_{omi} = \frac{P_{кpi}^н - G \frac{i}{100} - R_{сц}}{b_m k_m + q_m \frac{i}{100}}. \quad (18)$$

Значения n_{mi} также округляют до целого меньшего числа.

Определяют суммарное тяговое сопротивление прицепной части агрегата

$$R_{ari} = k_m b_m n_{mi} + R_{сц} + (G_m n_{mi} + G_c) \cdot \frac{i}{100}. \quad (19)$$

Обычно R_{ar} рассчитывают для случая, когда агрегат движется на подъем, так как сила тяги $P_{кр}$ должна обеспечить этот более тяжелый режим.

Определяют рациональный состав и основную рабочую передачу трактора по значению коэффициента использования тягового усилия

$$\eta_{иi} = \frac{R_{ari}}{P_{кри} - G \frac{i}{100}}. \quad (20)$$

Полученные при расчете значения коэффициента сравнивают с оптимальным $\eta_{иопт}$. Тот вариант состава агрегата с соответствующей ему передачей трактора, для которого значение $\eta_{иi}$ наиболее близко к $\eta_{иопт}$ (но не превышает его), является рациональным.

Расчет нахотного агрегата отличается тем, что возможное число корпусов плуга определяют с учетом глубины обработки почвы:

$$\eta_{ки} = \frac{P_{кри} - G \frac{i}{100}}{k_{пл} b_k a + q_k \frac{i}{100}}, \quad (21)$$

где $k_{пл}$ – удельное сопротивление плуга, определяемое с учетом скорости движения, кН/м² (МПа); b_k – ширина захвата одного корпуса, м; a – глубина вспашки, м; q_k – вес плуга, приходящийся на один корпус, кН:

$$q_k = \frac{G_{пл}}{n_k}.$$

Значения $n_{ки}$ округляют до целого меньшего числа.

Тяговое сопротивление плуга на выбранных передачах рассчитывают по формуле

$$R_{иi} = k_{пл} b_k a n_{ки} + q_k n_{ки} \frac{i}{100}. \quad (22)$$

Далее по коэффициенту использования тягового усилия трактора

$$\eta_{иi} = \frac{R_{иi}}{P_{кри} - G \frac{i}{100}} \quad \text{в сравнении с } \eta_{иопт}$$

делают вывод об основной рабочей передаче трактора и рациональном числе корпусов на плуге.

Для **одномашинных агрегатов** с известной шириной захвата расчет сводится лишь к определению основной рабочей передачи трактора. Поэтому после установления допустимого агротребованиями диапазона скоростей движения, соответствующих ему передач трактора и номинальных тяговых усилий рассчитывают тяговое сопротивление машины:

$$R_m = k_m b + G_m \frac{i}{100}. \quad (23)$$

Затем, опираясь на сравнение расчетных значений коэффициентов

$$\eta_{иi} = \frac{R_m}{P_{кри} - G \frac{i}{100}} \quad \text{с оптимальным } \eta_{иопт},$$

делают вывод о рациональности той или иной передачи трактора.

Для **комбинированных агрегатов**, которые включают машины (рабочие органы), обеспечивающие одинаковую ширину захвата, удельные тяговые сопротивления суммируют, и формула для расчета тягового сопротивления выглядит так:

$$R_{ar} = B_{ar} \sum_{i=1}^n k_{mi} + \sum_{i=1}^n G_{mi} \cdot \frac{i}{100}, \quad (24)$$

где B_{ar} – ширина захвата агрегата, м; k_{mi} – удельное тяговое сопротивление машин i -го вида, входящих в состав агрегата, кН/м; G_{mi} – вес машин i -го вида, входящих в состав агрегата, кН.

Оптимальную рабочую передачу трактора у таких агрегатов определяют аналогично.

Расчет навесных тяговых агрегатов выполняют в той же последовательности, что и прицепных, с учетом того, что часть

веса машин передается на трактор. В связи с этим увеличивается сопротивление качению трактора и уменьшается сопротивление машины. Следует иметь в виду, что коэффициенты качения трактора и навесной машины различны.

Таким образом, тяговое сопротивление рассчитывается по формуле:

для навесной машины

$$R_M^H = k_M^H b_M + G_M^H \left(\lambda f + \frac{i}{100} \right), \quad (25)$$

для навесных плугов

$$R_{пл}^H = k_{пл}^H b_{к} a_{н} + G_{пл}^H \left(\lambda f + \frac{i}{100} \right), \quad (26)$$

где G_M^H и $G_{пл}^H$ – вес навесной машины и навесного плуга соответственно, кН; λ – коэффициент, учитывающий догрузку движителя трактора за счет части веса навесной машины и вертикальных составляющих реакций почвы.

Для **тракторных транспортных агрегатов** в первую очередь определяют максимально допустимый вес прицепа с грузом с учетом преодоления повышенного сопротивления при трогании с места и на подъемах, кН:

$$G_{пр\max} = \frac{P_{кр}^H G_{mi} \left[f(a_{тр} - 1) + \frac{i}{100} \right]}{f_{пр} a_{пр} + \frac{i}{100}}, \quad (27)$$

где $P_{кр}^H$ – номинальное тяговое усилие трактора на выбранной передаче, кН; G_{mi} – вес трактора, кН; $f, f_{пр}$ – коэффициент сопротивления качению трактора и прицепа соответственно; i – подъем, %; $a_{тр}, a_{пр}$ – коэффициент повышения сопротивления движению трактора и прицепа соответственно при трогании с места на различной дороге (табл. 2).

Исходя из веса прицепа $G_{пр}$ и веса груза G_r определяют общий вес груженого прицепа $G_{пр}^r$. Возможное число прицепов в тракторном транспортном агрегате рассчитывают по формуле

Таблица 2
Коэффициенты повышения сопротивления движению трактора и прицепа соответственно при трогании с места на различной дороге

Агрегат	Дорога		
	Сухая грунтовая	Переувлажненная	Вспаханное поле
$a_{тр}$	1,8	1,76	1,87
$a_{пр}$	2,48	1,84	2,12

$$n_{пр} = \frac{G_{пр\max}}{G_{пр}^T}. \quad (28)$$

Достаточность силы сцепления F_{\max} трактора на выбранной наименьшей передаче проверяют, пользуясь неравенством

$$\begin{aligned} F_{\max} - G \left(f a_{тр} + \frac{i}{100} \right) &\geq \\ &\geq G_{пр}^T n_{пр} \left(f_{пр} a_{пр} + \frac{i}{100} \right). \end{aligned} \quad (29)$$

Максимальную силу сцепления F_{\max} для тракторов с прицепами вычисляют по известному уравнению, а с полуприцепами – по формуле

$$F_{\max} = \left(G_{сц} + \frac{L + l_{пр}}{L} G_{доп} \right) \mu, \quad (30)$$

где L – база трактора, м; $l_{пр}$ – расстояние от прицепной серьги до вертикальной плоскости, проходящей через ось ведущих колес трактора, м; $G_{доп}$ – нагрузка от полуприцепа на прицепную серьгу трактора, кН.

Для определения среднего тягового сопротивления транспортного агрегата используют выражение

$$\bar{R}_{тр} = G_{пр}^T n_{пр} \left(f_{пр} + \frac{i}{100} \right) \text{ (кН)}. \quad (31)$$

При этом расчетный коэффициент использования тягового усилия трактора определяют с помощью формулы

$$\eta_{и} = \frac{\bar{R}_{тр}}{P_{кр}^H - G_{mi} \frac{i}{100}}. \quad (32)$$

Выводы

1. Приведены расчеты тягового сопротивления пахотных и транспортных машинно-тракторных агрегатов по критерию сцепления трактора с почвой.

2. Данные расчетов не выходят из зоны потенциальной тяговой мощности трактора и соответствуют допустимому критерию буксования не более 14 %.

Цитированная литература

1. **Кленин Н.И.** Сельскохозяйственные машины. – М.: Колос, 2003. – С. 761.

2. **Устинов А.Н.** Сельскохозяйственные машины: учебник – М.: Академия, 2006. – С. 269.

3. **Сергеев В.С.** Технология механизированных работ в растениеводстве: учебное пособие. – Минск: Экосперспектива, 2009. – С. 120.

УДК 664.002.5

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ CIP-МОЙКИ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

И.Ф. Анисимов, Т.Н. Немазенко, Т.Б. Кондратюк

Рассмотрен такой способ эффективной санитарной обработки оборудования, трубопровода и тары на предприятиях пищевой промышленности, как CIP-мойка. Обоснована актуальность ее применения.

Ключевые слова: *мойка, оборудование, дезинфекция, готовый продукт, санитария, микроорганизмы.*

PROSPECTS OF APPLICATIONS OF CIP-WASHING FOR FOOD INDUSTRY EQUIPMENT

I.F. Anisimov, T.N. Nemazenko, T.B. Kondratuk

The article considers such way of effective sanitation machining of equipment, piping and packing at food industry enterprises as CIP-washing. The actuality of its application is argued.

Keywords: *washing, equipment, disinfection, finished product, sanitation, microorganisms.*

Производство продуктов питания высокого в санитарном отношении качества зависит от эффективности процесса санитарной обработки оборудования, трубопроводов и тары.

В целях избежания размножения вредных микроорганизмов нужно вовремя проводить мойку и дезинфекцию всех поверхностей, с которыми соприкасаются продукты.

На эффективность санитарной обработки существенно влияют следующие факторы:

- вид и состав загрязнений;
- качество и химический состав используемой воды;
- характеристики и условия использования моющих средств (концентрация, температура, скорость и продолжительность обработки);

• методы, способы и режимы санитарной обработки.

Clean-in-place (CIP, или СИП) – это способ очистки внутренних плоскостей труб, емкостей, технологического оборудования, фильтров и связанной с ними аппаратуры в отсутствие разборки.

До 1950-х годов закрытые системы подвергались разборке и вычищались вручную. Возникновение CIP стало огромным благом для секторов промышленности, в которых требуется частая внутренняя очистка из-за специфичных технологических процессов. К отраслям пищевой промышленности, которые уже немислимы без СИП-мойки, относятся:

• пивобезалкогольная промышленность;

- производство молочных продуктов;
- хлебопекарная промышленность;
- пищевое упаковочное оборудование;
- винодельческие предприятия;
- кондитерские предприятия и др. [1].

Наиболее важное значение санитарная обработка имеет на молочном комбинате, поскольку сырье является продуктом скоропортящимся. В молочной индустрии широко используется химический метод дезинфекции. При этом дезсредства должны быть нетоксичными, не иметь запаха, не вызывать ржавчину, не воздействовать на вкус и свойства молока и обладать мощным бактерицидным действием. Среди дезинфицирующих средств особенно распространены вещества, имеющие в составе хлор (хлорная известь, гипохлориты, хлорамин, трихлоризоциануровая кислота и т. п.).

Процесс мойки может быть ручным и автоматическим.

Ручной способ, как правило, используется на предприятиях, где отсутствуют CIP-станции, либо на простом производстве, где изготовление растворов и мойка осуществляются оператором, а также в случае, если оборудование не имеет замкнутого контура.

Автоматический процесс фактически не требует участия оператора. Ему нужно нажать лишь нескольких клавиш на CIP-станции и/или оборудовании, потому что оборудование и CIP-станция соединены не только трубопроводами и пневмоуправляемыми кранами, но и PLC (Power Line Communication – коммуникация, построенная на линиях электропередачи) с поддержкой модулей взаимосвязи.

Основные задачи CIP-мойки:

- контроль микробиологического состояния производственной среды;
- обеспечение стерильных условий последующих технологических операций;
- удаление грязи и отложений.

Кроме подачи воды под давлением инновационная CIP-мойка обеспечивает подготовку нужного раствора, химическую и горячую дезинфекцию.

Одним из главных критериев высочайшего качества выпускаемых продуктов питания считается выполнение санитарно-гигиенических требований во всех технологических процессах, что достигается лишь за счет правильно выбранных режимов мойки оборудования [2].

Скорость и эффективность мойки оборудования пищевой промышленности важны не только для минимизации эксплуатационных затрат, но и для сокращения времени простоев оборудования, от чего напрямую зависят финансовые затраты предприятия. При этом главной задачей считается оптимизация циклов CIP-мойки.

Эффективность CIP-мойки емкостного оборудования находится в зависимости главным образом от его системы. В молочной промышленности, например, добиться наибольшей эффективности мойки с меньшими расходами позволит возврат к классической системе проектирования «сверху».

Лучших результатов с точки зрения соблюдения санитарно-гигиенических стандартов и снижения единых (капитальных

и эксплуатационных) издержек можно добиться путем проектирования и конструирования резервуаров с учетом требований к их мойке, а также технологических требований.

Расположение каждого элемента арматуры внутри резервуара вначале следует тщательно продумать в плане санитарии и гигиены.

Здесь любое, даже незначительное отступление от правил может повлечь катастрофические последствия, так как возможности санитарной обработки оборудования, заложенные еще до начала выпуска продукции, оказывают огромное влияние на первоначальную стоимость и условия эксплуатации мойки [3].

При проектировании резервуаров с СІР-мойкой важное значение имеют несколько условий:

- необходимо учесть все требования санитарно-гигиенических стандартов и процедур мойки;
- все приспособления и вспомогательные устройства для СІР-мойки следует выбирать с учетом особенностей оборудования;
- систему СІР необходимо конструировать с учетом технологических требований и норм конкретных процессов, машин и аппаратов;
- осуществление СІР-мойки должно быть эффективным, с минимальными затратами и соблюдением санитарно-гигиенических требований и норм, а также быть рассчитанным на вспомогательные процессы, оборудование и ведение мониторинга;
- следует определить возможности стандартных рабочих режимов конкретного моющего устройства в данном оборудовании при определенных условиях эксплуатации и монтажа, а также установить четкие критерии регистрации и оценки любых отклонений от этих режимов;
- необходимо определить требования и нормы как для операторов СІР-установки,

так и для специалистов, занимающихся ее техническим обслуживанием.

Для молокоперерабатывающих компаний важной и нужной является надежная сквозная документация с описанием процессов мойки и ее характеристик. Данная документация нужна для введения групповых программ управления качеством и санитарно-гигиеническим состоянием предприятия (в настоящее время необходимых для предприятий пищевой промышленности) как части единой системы отслеживания качества продукции. В итоге важной частью СІР-систем в молочной промышленности являются датчики, программное обеспечение и инновационные информационные технологии, подсоединенные к единой системе управления предприятием [1].

Для развития СІР-мойки техническое обслуживание и ремонт машин и агрегатов имеют не меньшую значимость, чем производственные процессы и процедуры мойки. Снизить единые эксплуатационные издержки и предотвратить недешевые простои позволяет точное, структурированное управление службами технического обслуживания и ремонта, чему способствует эффективная профессиональная подготовка операторов СІР-оборудования. Несмотря на то что работа вращающихся распылительных и струйных головок автоматизирована, роль оператора и ремонтника не становится меньше.

Сегодня на производствах устанавливаются два вида СІР-станций. Деление происходит по принципу применения воды и растворов.

СІР-станции первого вида используют моющие средства и воду для промывки несколько раз. Чаще всего такая мойка состоит из трех-четырех контейнеров, которые содержат воду, щелочной раствор, моющее средство, кислотный раствор и резервуар для стока. Она непременно бережет средства, поскольку много раз употребляет одну и ту же воду и растворы, и экономит время за счет внедрения чистящих концентратов.

В СІР-станциях второго вида для каждой чистки используется новый раствор. В этом случае производственные линии очищаются одинаково качественно и мойка не накапливает частиц загрязнений от предыдущих операций. Однако время и затраты существенно возрастают, так как каждый раз требуется чистая вода, а растворы имеют наименьшую концентрацию.

Как уже было сказано, СІР-мойка представляет собой автоматический процесс. Оператору необходимо лишь установить характеристики для конкретного процесса, к примеру программу изготовления раствора для мойки и дезинфекции, и выбрать цель. Так как на предприятиях требуется очистка разных производственных линий, СІР-мойка изготовлена и сконструирована таким образом, чтобы она позволяла подавать воду и растворы для очищения к любому виду оборудования. Эта возможность достигается путем установки разных вентилях и клапанов на линии, высококачественных дозаторов и за счет правильно рассчитанной конструкции трубопроводов и месторасположения самой мойки. Трубы для подачи и возвращения жидкостей оборудованы контролирующи-

ми системами и системами поддержания температуры. Кроме того, отдельно рассчитанные программы мойки и некоторое количество подающих насосов позволяют выполнять очистку нескольких объектов сразу, что экономит время [4].

Все эти функции делают мойку важным элементом любого пищевого предприятия. Она не только существенно экономит время, так как отсутствует необходимость проводить очистку оборудования вручную, предварительно разобрав его, но и уменьшает затраты на процесс удаления загрязнений. На передовых предприятиях, где экономия и повышение производительности играют важную роль для снижения затрат, а также для повышения конкурентоспособности, СІР-мойка является необходимой составляющей производства.

Цитированная литература

1. <http://www.molmash.ru/>
2. **Тамим А.И.** СІР-мойка на пищевых производствах. – СПб.: Профессия, 2009. – С. 288.
3. <http://www.gea-pe.ru>
4. <http://www.pishevka.ru/>

УДК 62-83:681.51

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИЗИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

В.М. Погорлецкий, Ф.А. Избаи

Описываются физические модели для исследования установок трехфазных электрических сетей в переходных и установившихся режимах. Модели используются для исследования электронных приборов и электрических сетей в лабораторных работах по дисциплинам «Силовая электроника» и «Электромагнитные переходные процессы».

Ключевые слова: *комплексный стенд, датчики тока и напряжения, несимметричные режимы электрической сети.*

MODELING OF SOME ELEMENTS OF ELECTRIC NETWORKS WITH THE USE OF PHYSICAL OBJECTS

V.M. Pogorletskii, F.A. Izbash

The article describes the physical models for research of installations of three phase power electrical networks in transitional and steady states. The models are used for study of electronic devices and electrical networks in the laboratory works on the disciplines "Power electronics" and "Electromagnetic transitional processes".

Keywords: *complex stand, current and voltage sensors, asymmetrical modes of electrical network.*

В современную науку и систему высшего образования широко и ускоренными темпами внедряются информационные технологии и компьютерная техника. Интеграция новых технологий в учебный процесс повышает качество образования [1].

На кафедре электроэнергетики и электротехники ИТИ ПГУ им. Т.Г. Шевченко при изучении дисциплин «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины», «Электрические станции и подстанции», «Электроэнергетические сети и системы» и других применяются программы MatCAD, MatLAB+Simulink, Multisim, RastrWin, MUSTANG, что способствует повышению уровня подготовки будущих специалистов.

Однако известно, что математическое моделирование при всех его преимуществах имеет целый ряд особенностей, которые влияют на соответствие математической модели физическому объекту, на точность и быстродействие выполнения расчетов. Например, моделированию устройств силовой преобразовательной техники присущи следующие особенности:

1. Как правило, поведение устройств во временной области описывается «жесткими» дифференциальными уравнениями, т. е. уравнениями, постоянные времени которых различаются в сотни и тысячи раз. Для интегрирования таких уравнений необходимы адаптивные алгоритмы, позволяющие варьировать величину шага интегрирования в зависимости от характера изменения переменной.

2. Схемы преобразователей содержат ключевые элементы, имеющие резко нелинейные характеристики. Это в ряде случаев приводит к проблемам сходимости решения или к низкой точности получаемых результатов.

3. Модели силовых электронных приборов на сайтах фирм-изготовителей часто отсутствуют. Самостоятельная разработка модели требует глубокого знания процессов, происходящих в приборе. Кроме того, справочная информация, необходимая для построения модели, нередко также отсутствует. Кроме этого, виртуальное моделирование обладает существенным недостатком: в нем нет «эффекта присутствия», очень важного для формирования компетенций будущего специалиста, так как при компьютерном моделировании отсутствует возможность работы с физическими схемами и приборами, с которой в большинстве случаев сталкиваются выпускники, когда приходят на производство [2].

Если рассматривать электрические машины (ЭМ), то в них в отличие от статических элементов переходные процессы имеют наряду с электромагнитной еще и электромеханическую составляющую, которая характеризуется изменениями скоростей вращения роторов и взаимного положения контуров, расположенных на статоре и роторе. Поэтому особенностью алгоритма моделирования переходных процессов в электрических машинах являются электромеханические составляющие

переходных процессов, которые определяются уравнением движения роторов ЭМ, что затрудняет адекватное приведение математической модели в соответствие с физическим устройством.

По указанным выше причинам наряду с виртуальным моделированием целесообразно использовать в учебном процессе и физическое моделирование.

На кафедре электроэнергетики и электротехники ИТИ собраны с использованием физических элементов и внедрены в учебный процесс лабораторные работы по исследованию устройств силовой электроники и преобразовательной техники:

1. Исследование однофазного однополупериодного неуправляемого выпрямителя с фильтром и без фильтра.
2. Исследование однофазного двухполупериодного неуправляемого выпрямителя с фильтром и без фильтра.
3. Исследование трехфазного однополупериодного неуправляемого выпрямителя с нулевым выводом.
4. Исследование однофазного двухполупериодного управляемого выпрямителя со средней точкой.

5. Исследование однофазного управляемого тиристорного регулятора переменного напряжения.

Элементы стенда силовой электроники, платы управления и трансформаторное оборудование размещены на одной панели с выходными клеммами. В зависимости от типа лабораторной работы к выходным клеммам подключаются измерительные приборы и нагрузка устройств силовой электроники.

Второй комплект разработанного и изготовленного стендового оборудования предназначен для исследования статических и динамических режимов простейшей электрической сети (см. рисунок).

Стенд состоит из следующих основных элементов: входного автоматического выключателя SF1, приборов для замера входных параметров (тока, мощности и напряжения) PVW1, силового трехфазного трансформатора TV1, автоматического выключателя, установленного на выходе трансформатора SF2, имитатора линии электропередачи RL1...RL3, измерительных приборов для контроля параметров нагрузки (напряжения, мощности и тока)

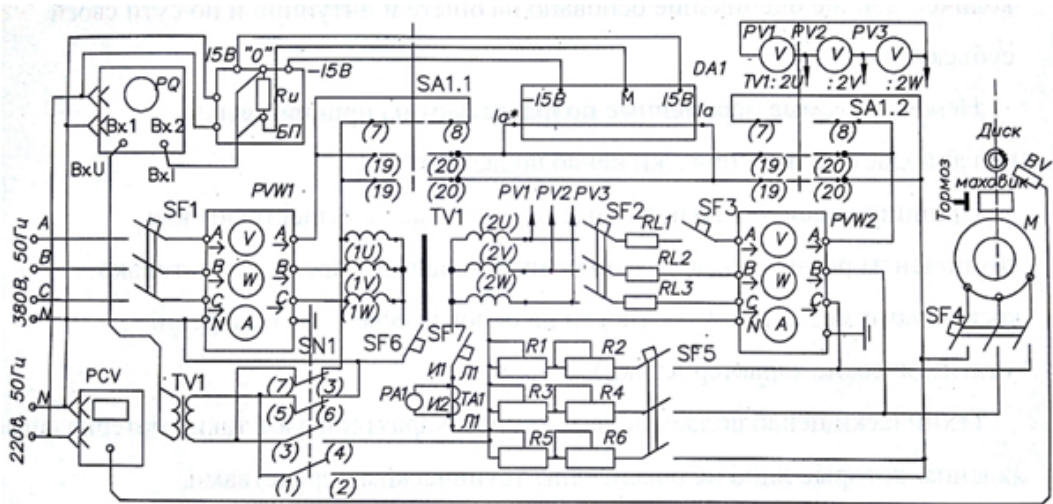


Схема стенда для исследования статических и динамических режимов простейшей электрической сети

PVW2, выключателей активной SF5 и активно-индуктивной SF4 нагрузок.

В качестве активно-индуктивной нагрузки использован асинхронный короткозамкнутый электродвигатель М, в качестве активной нагрузки – переменные резистивные реостаты R1...R6. Нагрузка на валу электродвигателя создана посредством механического тормоза, который воздействует на вращающийся маховик, установленный на валу электродвигателя. На валу электродвигателя также установлен металлический зубчатый диск. Около диска с зазором 1,5 мм закреплен индуктивный датчик скорости, импульсы с которого поступают на цифровой прибор контроля скорости PSV. Обмотки силового трансформатора соединены по схеме звезда-звезда, нулевая точка первичной обмотки включена через выключатель на заземляющий проводник, цепи вторичной обмотки и нагрузки соединены по схеме с изолированной нейтралью. В цепь нейтрали вторичной обмотки включены: выключатель, трансформатор тока и амперметр. В цепи нагрузки одной из фаз установлен выключатель SF3 для создания продольной несимметрии в системе. Для создания поперечной несимметрии использованы переменные реостаты в каждой фазе: по

фазе А – R5, R6; по фазе В – R3, R4; по фазе С – R1, R2.

Измерение режимов трансформатора, электродвигателя и нагрузки осуществляется двумя комплектами измерительных приборов типа К540, установленных соответственно на входе силового трансформатора и в цепях нагрузки. Данные комплекты позволяют выполнять измерения фазных токов, напряжений и мощности. Для измерения линейных напряжений на выходе трансформатора установлены вольтметры типа Э365-1. Амперметр, включенный в цепь нулевого провода, используется при исследовании несимметричных режимов. Для измерения параметров переходных режимов, углов сдвига фаз напряжений и токов применяется двухлучевой осциллограф типа С1-103. Гальваническая развязка первичных и вторичных цепей обеспечивается датчиком тока и трансформатором напряжения. В качестве датчика тока используется компенсированный датчик на эффекте Холла швейцарской фирмы LEM, типа LT 100-P/SP67. Основные технические характеристики датчика представлены в таблице.

Датчики тока фирмы LEM [3] имеют высокую точность, хорошую линейность (нелинейность менее 0,1 %), низкий тем-

Основные технические характеристики датчика тока фирмы LEM

Обозначение	Наименование параметра	Показатель параметра		Ед. изм.
I_{PN}	Номинальный входной ток, эфф. значение	100		А
I_P	Диапазон преобразования	0–150		А
R_M	Величина нагрузочного резистора Питание ± 15 В при ± 100 А при ± 150 А	$R_{M \min}$	$R_{M \max}$	
		30 30	85 45	Ом Ом
I_{SN}	Номинальный аналоговый выходной ток	100		мА
K_N	Коэффициент преобразования	1:1000		
X_G	Ошибка преобразования при $I_{PN}, T_A = 25$ °С	$\pm 0,5$		%
I_{OT}	Температурный дрейф I_o -25 °С... +75 °С	$\pm 0,3$		мА
f	Частотный диапазон	0...150		кГц
V_P	Электрическая прочность изоляции 50 Гц, 1 мин	3		кВ

пературный дрейф, широкий частотный диапазон, высокую электрическую прочность изоляции, что предопределило их использование в лабораторном стенде для исследования электромагнитных переходных процессов. Датчики также нашли широкое применение в частотнорегулируемых электроприводах переменного тока, в преобразовательной части статических и бесщеточных систем возбуждения и во многих других устройствах, где требуется использование датчиков тока.

Стенд работает следующим образом: с помощью переключателя датчик тока включается в первичную цепь трансформатора или в фазу нагрузки и электродвигателя, соответственно переключается цепь измерения напряжения, что позволяет контролировать фазовый угол, форму кривой тока установившегося и переходного процессов, изменения тока и напряжения при включении-отключении трансформатора, электродвигателя и нагрузки. Несимметричные режимы реализуются разрывом линии в одной из фаз на вторичной обмотке трансформатора и изменением сопротивлений переменными реостатами фаз нагрузки.

Создание описанного комплектного стенда позволяет ввести в учебный процесс дисциплины «Электромагнитные переходные процессы» следующие лабораторные работы:

1. Исследование переходных процессов в простейшей системе, вызванных прямым пуском асинхронного двигателя. Эта работа дает возможность определить влияние параметров асинхронного двигателя на характер электромагнитных переходных процессов в простейшей системе при прямом пуске асинхронного двигателя.

2. Исследование переходных процессов в схеме с трансформатором на холостом ходу и при коротком замыкании. В этой работе определяется влияние трехфазного трансформатора на характер электромагнитных переходных процессов при

его включении на холостом ходу и при коротком замыкании.

3. Исследование работы простейшей системы передачи электрической энергии при несимметричном режиме работы.

При выполнении указанных лабораторных работ студенты получают более углубленные знания по устройству и принципу действия изделий силовой преобразовательной техники и переходным процессам в электрических сетях и, главное, приобретают навыки в сборке электрических схем, состоящих из трансформаторов, силовых элементов вентильных преобразователей, нагрузки и измерительных приборов, приобретают умения работать с измерительными приборами и выполнять измерения с использованием электронного осциллографа.

Непосредственное участие в проведении лабораторной работы дает студентам практические знания по методике выполнения опытов и обработке их результатов, позволяет научиться правильно оценивать свойства и режимы работы элементов электрической сети и силовой электроники. Важнейшим условием получения хороших практических знаний является предварительная подготовка студентов к каждой лабораторной работе, а также понимание ее цели и содержания.

Цитированная литература

1. **Феррари Д.** Оценка производительности вычислительных систем: пер. с англ. / под ред. В.Э. Фигурнова – М.: Мир, 1981. – 576 с.

2. **Гельман М.В., Хусаинов Р.З., Дудина М.М. и др.** Комплексный автоматизированный стенд для изучения физических основ электроники и преобразовательной техники // Вестник ЮУрГУ. Сер.: Энергетика. – 2005. – Вып. 7. – С. 19–24.

3. Каталог фирмы LEM // <http://www.lem.com>

ОСОБЕННОСТИ СХЕМНО-КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ ВЕНТИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Ф.А. Избаи

Приведены технические характеристики и особенности схемно-конструктивных исполнений бесщеточной системы возбуждения вентильного двигателя. Определены зависимости тока возбуждения двигателя от изменения напряжения на входе асинхронного возбудителя.

Ключевые слова: *вентильный двигатель, асинхронный возбудитель, тиристорный регулятор, коэффициент форсировки.*

FEATURES OF THE CIRCUIT-STRUCTURAL VERSIONS AND INVESTIGATION OF THE EXCITATION SYSTEM OF VALVE MOTOR

F.A. Izbash

The technical characteristics and features of the circuit-structural versions of the brushless excitation system of valve motor are given. The dependences of the excitation current of the motor on change of the voltage at the input of asynchronous exciter are determined.

Keywords: *valve motor, asynchronous exciter, thyristor regulator, forcing coefficient.*

Вентильные двигатели (ВД) средней и большой мощности по электромеханической части конструктивно аналогичны синхронным двигателям. Одной из особенностей принципа работы вентильных двигателей является то, что в начальный момент пуска при неподвижном роторе в обмотке возбуждения должен протекать ток.

В двигателях с контактными кольцами этот вопрос решается просто: постоянный ток от управляемого выпрямителя через щеточно-контактный узел поступает в обмотку возбуждения. В бесконтактных вентильных двигателях для передачи электромагнитной мощности в ротор нашли применение вращающиеся трансформаторы и асинхронные возбудители, в которых первичная обмотка неподвижна и к ней подводится питающее напряжение, а вторичная обмотка, расположенная на вращающемся роторе, подключена к вращающемуся выпрямителю, выходное напряже-

ние которого питает обмотку возбуждения вентильного двигателя [1, 2].

Для того чтобы компенсировать размагничивающее действие продольной реакции якоря с изменением нагрузки, ток возбуждения вентильного двигателя необходимо регулировать в функции тока якоря. Применительно к вентильным двигателям регулирование тока возбуждения также позволяет создать необходимый запас коммутационной устойчивости коммутатора вентильного двигателя [3]. Для этих же целей при перегрузках двигателя в системе возбуждения должна быть предусмотрена возможность форсировки тока возбуждения.

С учетом указанных требований и технического задания заказчика для привода ферментатора был разработан и изготовлен вентильный двигатель ВДУ-500-0,1 мощностью 500 кВт в комплекте с системой возбуждения, силовая часть которой состоит из трехфазного тиристорно-

го регулятора напряжения (ТТРН); асинхронного возбудителя (АВ), включающего статор с трехфазной обмоткой L_A, L_B, L_C и вращающийся ротор с обмоткой L_a, L_b, L_c ; вращающегося трехфазного выпрямителя (ВТВН), собранного по нулевой схеме с диодами 7, 8, 9; блока защиты (БЗ) от перенапряжений на обмотке возбуждения, состоящего из тиристора 11, стабилитрона 10 и балластного резистора R_6 (рис. 1).

Технические характеристики вентильного двигателя, в составе которого применена описываемая система возбуждения, следующие:

- номинальная мощность – 500 кВт;
- номинальная частота вращения – 100 об/мин;
- диапазон регулирования частоты вращения – 40–100 об/мин;
- номинальный момент – 47,7 кНм.

В качестве коммутатора якорных обмоток двигателя применен преобразователь с непосредственной связью на 18 силовых тиристорах, двигатель конструктивно выполнен вертикально.

На рис. 2 представлена структурная схема системы возбуждения, в состав которой входит электромеханическая часть

ВД (ЭМЧ); система управления возбуждением (СУВ); переменный резистор задания тока возбуждения (R); трансформатор тока (ТТ); асинхронный возбудитель (АВ); вращающийся выпрямитель (ВВ); обмотка возбуждения (ОВ).

Технические характеристики системы возбуждения:

- номинальная мощность возбуждения – 18 кВт;
- номинальный ток возбуждения ВД – 154 А;
- коэффициент форсировки тока возбуждения – 1,4;
- напряжение питания системы возбуждения – 660 В, 50 Гц.

Регулирование тока возбуждения вентильного двигателя осуществляется посредством изменения углов зажигания тиристорных регулятора напряжения. ТТРН (см. рис. 1) состоит из трех тиристорных ключей двухсторонней проводимости. В состав каждого ключа входят два встречно-включенных тиристора 1–2, 3–4, 5–6.

Асинхронный возбудитель выполнен на базе асинхронной машины с фазным ротором, работающей в заторможенном режиме со скольжением $S = 1 \pm 0,1$.

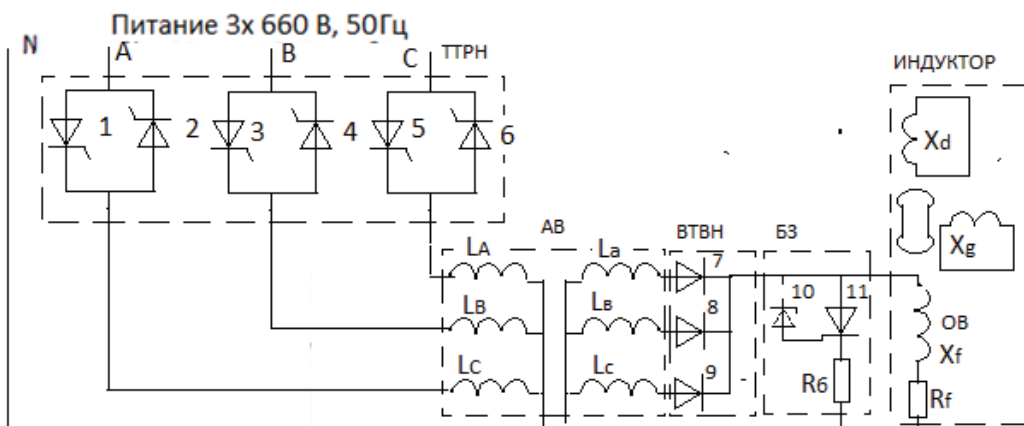


Рис. 1. Схема силовой части системы возбуждения ВДУ-500-0,1,

где индуктор – ротор вентильного двигателя с обмоткой возбуждения и демферными контурами X_d и X_g

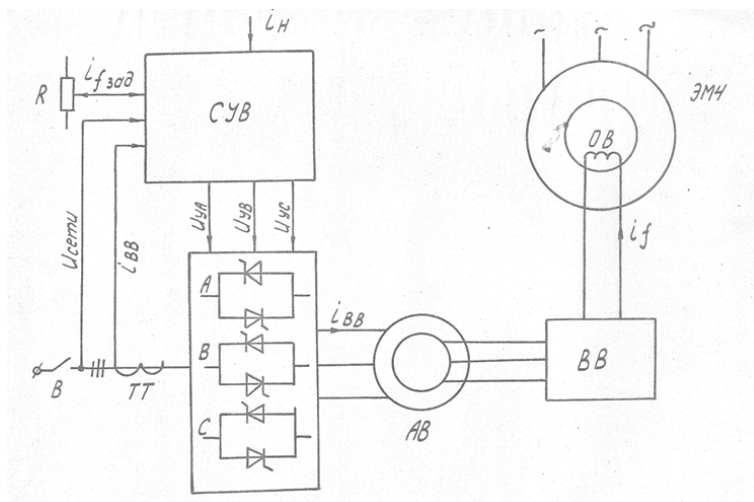


Рис. 2. Структурная схема системы возбуждения ВДУ-500-0,1, где $i_{зад}$ – заданное значение тока возбуждения; $i_{ВВ}$ – ток на входе асинхронного возбудителя (АВ); i_f – ток возбуждения вентильного двигателя; i_H – ток, пропорциональный току якоря (нагрузки двигателя)

Соединение обмоток статора и ротора выполнено по схеме звезда-звезда.

Основные конструктивные особенности асинхронного возбудителя:

- наружный диаметр статора – 740 мм;
- внутренний диаметр статора – 550 мм;
- активная длина возбудителя – 160 мм;
- воздушный зазор – 1 мм;
- число пазов статора – 90;
- число пазов ротора – 72;
- число пар полюсов – 3.

Обмотки статора и ротора выполнены всыпными, двухслойными, петлевыми.

Вращающийся выпрямитель собран по трехфазной нулевой схеме с использованием специальных силовых диодов 7, 8, 9 (вентили) типа В6-200-10УХЛ2. В блоке защиты применен тиристор Т2-160 (см. рис. 1). Эти силовые вентили и тиристор специально разработаны для применения во вращающихся выпрямителях систем бесщеточного возбуждения турбогенераторов, синхронных компенсаторов, синхронных электродвигателей. Силовые диоды и тиристор установлены на изолированном от вала металлическом сталь-

ном охладителе. На этом же охладителе размещен блок защиты со стабилитронами и $R-C$ -цепями (на схеме не показаны), предназначенными для защиты вентиля и обмотки возбуждения от перенапряжений. Стальной охладитель конструктивно объединен с вращающимся цилиндрическим сектором датчика положения ротора.

Схема регулятора напряжения с использованием встречно-включенных тиристорov на первичной стороне асинхронного возбудителя позволяет реализовать достаточно простую систему автоматического регулирования тока возбуждения в зависимости от тока статора ВД. Однако при широком диапазоне регулирования тока кривая тока характеризуется повышенным составом высших гармонических напряжения и тока, что приводит к искажению токов и дополнительным потерям в системе. Для подавления гармоник, кратных трем, регулятор питается от согласующего трансформатора, первичная обмотка которого соединена в треугольник, что позволяет снизить влияние регулятора напряжения на сеть.

Конструктивно регулятор тока возбуждения выполнен в двух блоках: в блоке тиристорном (БТ) и блоке системы управления возбудителем (БСВ). БСВ состоит из трех плат фазоимпульсных каналов управления тиристорами, платы питания и платы обратной связи по входному току регулятора, току якоря и входному напряжению вентильного двигателя. Блок тиристорный выполнен на вентилях Т-160-12 с естественным охлаждением. Платы блока системы управления возбуждением расположены в кассете второго габарита унифицированных конструкций БУК-б, которая установлена на поворотной раме вместе с блоками системы управления силовыми тиристорами коммутатора.

Исследования и испытания разработанных образцов вентильных двигателей ВДУ-500-0,1 проводились на испытательном стенде ЗАО «Электромаш» г. Тирасполя, где для создания нагрузки использовалась электромеханическая часть второго образца, при этом выходные концы валов двигателей соединялись цепной передачей. Второй образец двигателя работал в режиме генератора.

Целями экспериментальных исследований стали:

- 1) определение работоспособности системы возбуждения при работе в схеме вентильного двигателя;
- 2) снятие регулировочных характеристик системы возбуждения;
- 3) определение потерь в системе возбуждения в установившихся режимах.

Исследования системы возбуждения проведены в комплекте с вентильным двигателем. Поскольку напряжение на выходе вращающегося асинхронного возбудителя мало зависит от скорости вращения двигателя (соотношение номинальной скорости вращения вала двигателя и поля статора асинхронного возбудителя равно $(1 \pm 0,1) : 10$, поэтому изменение скорости вращения незначительно влияет на изменения тока возбуждения), некоторые исследования системы возбуждения были проведены при неподвижном роторе.

На рис. 3 приведены экспериментальные характеристики системы возбуждения зависимости тока в первичной обмотке $I_{1\phi}$ асинхронного возбудителя, тока возбуждения вентильного двигателя I_f и по-

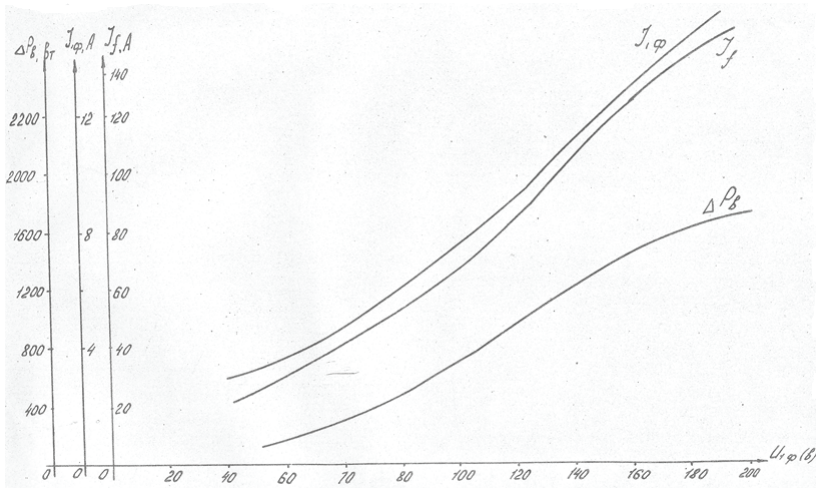


Рис. 3. Экспериментальные характеристики системы возбуждения вентильного двигателя ВДУ-500-0,1 с асинхронным возбудителем, где $U_{1\phi}$, $I_{1\phi}$ – действующие значения фазных напряжений и токов на входе асинхронного возбудителя; I_f – ток возбуждения двигателя; ΔP_b – потери в системе возбуждения

терь в системе возбуждения $\Delta P_{\text{в}}$ от изменений напряжения на первичной обмотке асинхронного возбудителя.

Потери в системе возбуждения определялись как разность активной мощности на входе асинхронного возбудителя и измеренной мощности на обмотке возбуждения:

$$\Delta P_{\text{в}} = (P_{1A} + P_{1B} + P_{1C}) - U_f \cdot I_f,$$

где P_{1A} , P_{1B} , P_{1C} – мощность, измеренная по фазам на входе асинхронного возбудителя; U_f , I_f – напряжение и ток, измеренные в цепи обмотки возбуждения.

В результате экспериментальных исследований установлено, что имеет место практически линейная зависимость между первичным током асинхронного возбудителя и током возбуждения. При этом определено, что система управления обеспечивает форсировку тока возбуждения до 230 А, суммарные потери в элементах системы возбуждения пропорциональны току возбуждения и в номинальном режиме работы двигателя равны 2,4 кВт.

При разработке системы возбуждения вентильного двигателя ВДУ-500-0,1 параллельно с разработкой и изготовлением асинхронного возбудителя были выполнены расчетно-экспериментальные исследо-

вания системы возбуждения на базе однофазного вращающегося трансформатора и мостового вращающегося выпрямителя. В результате этих исследований было установлено, что массо-габаритные показатели возбудителя с использованием вращающегося трансформатора на 15 % выше, чем у асинхронного возбудителя. При этом усложняется конструкция охладителя вращающегося выпрямителя, а для изготовления вращающегося трансформатора требуется большой объем новой и сложной оснастки.

В процессе разработки и исследования вентильного двигателя использовалось математическое моделирование. В статье [4] приведена математическая модель управляемого бесконтактного вентильного двигателя переменного тока типа ВДУ-500-0,1 с вышеописанной системой возбуждения, где изложены некоторые результаты расчета параметров и характеристик двигателя. На рис. 4 представлены мгновенные значения тока возбуждения при наличии и отсутствии демферных обмоток на полюсах индуктора ВД, рассчитанные с использованием указанной математической модели.

Из расчетов видно, что при наличии демферной обмотки среднее значение тока возбуждения снижается на 2,15 %, а пуль-

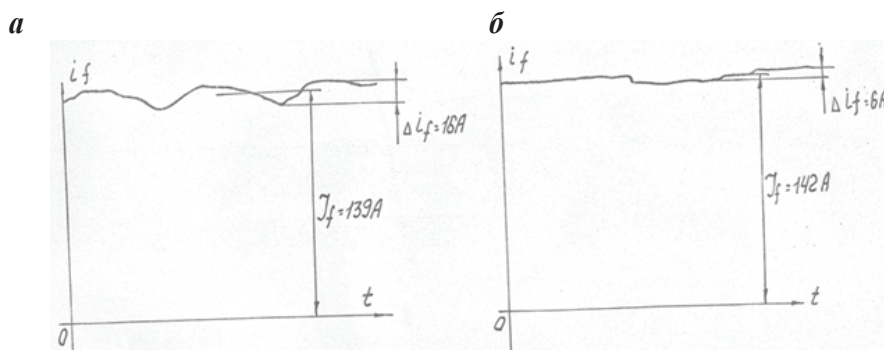


Рис. 4. Расчетные мгновенные значения тока возбуждения вентильного двигателя ВДУ-500-0,1 с асинхронным возбудителем: а – с демферной обмоткой на индукторе; б – без демферной обмотки на индукторе

сации тока возбуждения увеличиваются на 7,5 %.

Работоспособность и характеристики системы возбуждения с асинхронным возбудителем подтверждены при ее работе в составе вентильного двигателя ВДУ-500-0,1УХЛ4. Система возбуждения обеспечивает бесконтактную передачу мощности в обмотку возбуждения при неподвижном роторе и во всем диапазоне регулирования скорости. Система управления возбуждением позволяет обеспечить регулирование тока возбуждения в зависимости от нагрузки двигателя, а также форсировку тока возбуждения. Для двигателя ВДУ-500-0,1 при режиме скольжения асинхронного возбудителя $S = 1,0$ по результатам расчета коэффициент форсировки составлял $K_{\phi} = \frac{I_{\phi}}{I_{\text{н}}} = 1,4$. При экспериментальных исследованиях коэффициент форсировки был уточнен $K_{\phi} = \frac{I_{\phi}}{I_{\text{н}}} = 1,5$, где I_{ϕ} – значение тока возбуждения в режиме форсировки; $I_{\text{н}}$ – значение тока возбуждения в номинальном режиме.

В результате исследований и технико-технологической проработки системы возбуждения определено, что системы возбуждения с асинхронным возбудителем для низкоскоростных вентильных двигателей обеспечивают лучшие технико-экономические характеристики по сравнению с системами возбуждения на базе вращающихся трансформаторов.

Цитированная литература

1. Глебов И.А., Логинов С.И. Системы возбуждения и регулирования синхронных двигателей. – Л.: Энергия, 1972.
2. Беляева С.А. Кольцевые трансформаторы систем возбуждения вентильного двигателя // Вентильные двигатели. – Л.: ВНИИэлектромаш, 1981. – С. 109–116.
3. Овчинников И.Е. Теория вентильных электрических машин. – Л.: Наука, 1985.
4. Математическая модель управляемого бесконтактного вентильного двигателя переменного тока / И.Е. Овчинников, Е.Г. Плахтына, В.Н. Рябов, К.Н. Васылив, Ф.А. Избаш // Электротехника. – 1986. – № 6. – С. 33–37.

УДК 621.757.061

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ХРОМИРОВАНИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

А.Н. Котомчин, Ю.Г. Ляхов

Проанализировано применение электролитов хромирования. Обоснована перспектива использования для восстановления и упрочнения деталей машин холодного саморегулирующегося электролита с ионами кобальта, обеспечивающего осаждение в широком диапазоне рабочих плотностей тока (120–300 А/дм²) качественных износостойких покрытий со скоростью 0,18–0,55 мм/ч, которые по контактно-усталостной прочности превосходят в 1,3–1,5 раза покрытия, полученные из универсального электролита, а по износостойкости не уступают им.

Ключевые слова: износ детали, электролит, хром, покрытие, горячий, холодный электролит, саморегулирующийся, фторид, тетрахроматный, выход по току, температура, катод, плотность тока, контактная, усталостная прочность.

ANALYSIS OF CHROMIUM-PLATING ELECTROLYTES FOR RESTORATION AND HARDENING OF MACHINE PARTS

A.N. Kotomchin, Yu.G. Liakhov

The usage of chromium-plating electrolytes is analyzed. The prospect of use for the reduction and hardening of machine parts with the cold-self-regulating electrolyte with ions of cobalt is proved. It provides the deposition in wide range of operating current densities (120–300 A/dm²), high quality wear-resistant coatings, at a rate of 0,18–0,55 mm/h. They are not inferior in wear resistance, according to the contact fatigue strength superior more than 1.3–1.5 times the coatings, obtained from the universal electrolyte.

Keywords: component wear, electrolyte, chrome, coating, hot, cold electrolyte, self-regulating, fluoride, tetrahromatny, current output, temperature, cathode, current density, resistance, endurance.

Известно [1–7], что электролитические хромовые покрытия широко применяются для восстановления и упрочнения деталей машин, а также для декоративных и противокоррозионных целей благодаря следующим преимуществам:

- высокой микротвердости в 4000–12 000 МПа, близкой к микротвердости корунда;

- высокой износостойкости, которая в условиях граничного трения в 2–3 раза выше, чем у закаленной стали;

- высокой коррозионной и термической стойкости;

- низкому коэффициенту трения, который на 50 % ниже, чем у сопряжений из чугуна и стали;

- высокой прочности сцепления с материалом покрываемой детали.

Электролиты хромирования, применяемые в промышленности и ремонтном производстве, представляют собой водный раствор хромового ангидрида (хромовую кислоту) с концентрацией от 50 до 700 г/л. Вторым обязательным компонентом является небольшая (оптимальная) концентрация так называемых посторонних анионов (SO_4^{2-} , F^- , Cl^- , SiF_6^{2-} , SeO_3^{2-}). Их количественное отношение к хромовому ангидриду играет большую роль в кинетике катодных процессов. Уменьшение или увеличение этого соотношения приводит к снижению выхода хрома по току и качества осадков. При отсутствии посто-

ронных анионов в хромовой кислоте на катоде протекает лишь реакция выделения водорода, а восстановления хромовой кислоты до металлического хрома (основной реакции) и до трехвалентного состояния практически не наблюдается.

Благодаря хромированию не только увеличивается срок службы деталей, но часто повышается качество выпускаемой продукции. Однако широкое применение электролитического хромирования для восстановления изношенных деталей машин сдерживается по причине ограниченной толщины качественных покрытий (0,15–0,7 мм). Кроме того, когда величина износа достигает более 0,3 мм, хромирование с экономической точки зрения становится нерациональным, так как нанесение покрытий большой толщины энергоемко, при этом велика вероятность формирования дендритов на поверхности, а осаждаемый металл имеет склонность к скалыванию.

Наибольшее распространение в зависимости от температуры электролита ($t_{\text{эл}}$) получили горячие ($t_{\text{эл}} \geq 40$ °C) и холодные ($t_{\text{эл}} = 18$ –35 °C) электролиты хромирования с различными составами и режимами нанесения покрытий (см. таблицу).

Преимущественное распространение получили горячие сульфатные электролиты, отличающиеся простотой химического состава, технологической доступностью и обеспечивающие осаждение покрытий с высокой прочностью сцепления с основой.

**Сравнительная характеристика некоторых горячих электролитов
для износостойкого хромирования**

Компонент электролита и режим осаждения	Номер и название электролита					
	1 – сульфатный	2 – сверх-сульф.	3 – криолитовый	4 – само-регул.	5 – тетра-хроматный	6 – хол. саморегул.
Хромовый ангидрид (CrO ₃), г/л	150–300	250–300	230–250	250–300	380–420	400–420
Серная кислота (H ₂ SO ₄), г/л	1,5–3,0	8,0–10,0	2,3–2,5	–	–	–
Трехвалентный хром (Cr ₂ O ₃), г/л	2,0–5,0	4,0–5,0	3,0–4,0	–	3,0–5,0	До 10
Криолит (Na ₃ AlF ₆), г/л	–	–	10,0	–	–	–
Сернокислый стронций (SrSO ₄), г/л	–	–	–	5,5–5,6	–	–
Кремнефторид калия (K ₂ SiF ₆), г/л	–	–	–	18–20	–	–
Сернокислый кобальт (CoSO ₄ ·7H ₂ O), г/л	–	–	–	–	18–20	18–20
Углекислый кальций (CaCO ₃), г/л	–	–	–	–	60	40–60
Температура, °С	40–65	50–55	30–80	45–70	18–23	18–25
Катодная плотность тока, А/дм ²	15–100	50–300	80–100	40–100	75–300	75–300
Катодный выход хрома по току, %	8–18	22–24	20–26	17–24	40±1	40±1

Уменьшение концентрации CrO₃ в растворе, повышение катодной плотности тока и снижение температуры электролита приводит к увеличению выхода Cr по току [7]. Поэтому для повышения производительности процесса предпочтительны те режимы, которые обеспечивают нанесение покрытий необходимого качества при более высоких D_к и низких температурах электролита. Сульфатные электролиты чувствительны к посторонним примесям. Так, содержание в них Cr₂O₃ и Fe³⁺ в сумме до 10–12 г/л вызывает значительное повышение потребляемой мощности ванны на единицу покрываемой поверхности катода и снижение качества наносимых покрытий.

Сульфатные электролиты хромирования обладают сравнительно низкой рассеивающей способностью. Однако при уменьшении концентрации CrO₃, повышении D_к и снижении температуры раствора рассеивающая способность увеличивается. Уменьшение содержания CrO₃ до менее чем 150 г/л является нецелесообразным, так как приводит к неустойчивой работе электролита.

В практике ремонтного производства и других отраслей народного хозяйства преимущественно применяют сульфатный электролит с концентрацией CrO₃ 250 г/л, так называемый универсальный электролит. Его используют для нанесения износостойких и защитно-декоративных покрытий. Универсальный электролит обладает удовлетворительной рассеивающей способностью и имеет широкий рабочий интервал режимов хромирования для получения износостойких покрытий.

Несмотря на ряд преимуществ сульфатных электролитов, их широкое использование для восстановления деталей машин сдерживается из-за недостатков, главными из которых являются: низкий и непостоянный по абсолютной величине выход металла по току (8–18 %); неустойчивость раствора по ионному составу, что вызывает необходимость проведения частых анализов и корректировок электролита; ограниченная толщина (0,25 мм) нанесения качественных покрытий.

Для устранения отдельных недостатков в сульфатные электролиты вводят добавки органических соединений [1, 6].

Большинство из них (например, галовая кислота 0,5–3,0 г/л, метиленовый голубой 1–5 г/л, янтарная кислота 25–100 г/л, дихлормалоновая кислота или ее соли 4–50 г/л) способствуют повышению выхода хрома по току, микротвердости и износостойкости покрытий, а отдельные (хлорамин Б 4–6 г/л, дихлормалоновая кислота 4–50 г/л) – улучшают рассеивающую способность электролита.

Сверхсульфатный электролит [6] (№ 2 в таблице) отличается от сульфатных растворов более высокой стабильностью в работе, нанесением качественных износостойких покрытий толщиной до 1 мм с выходом хрома по току до 24 %. Данный электролит обладает низкой рассеивающей способностью, поэтому его рекомендуют использовать для нанесения покрытий в основном на цилиндрические детали (штки, оси, валы, цилиндры и т. п.) при использовании специальных подвесных приспособлений, экранов и дополнительных катодов, обеспечивающих наиболее равномерное распределение тока по покрываемой поверхности. Варьирование величины катодной плотности тока и температуры электролита (см. таблицу) обеспечивает нанесение качественных износостойких покрытий со скоростью до 200 мкм/ч.

По сравнению с сульфатными сверхсульфатный электролит менее чувствителен к изменениям содержания в растворе трехвалентного хрома. Однако при его концентрации более 30 и менее 8 г/л процесс хромирования происходит неустойчиво, а качество покрытий снижается.

В ремонтном производстве получил ограниченное применение криолитовый электролит (№ 3 в таблице), который относится к группе фторидных электролитов. Он обеспечивает нанесение износостойких покрытий в широком диапазоне температур (30–80 °С) электролита с мелкозернистой структурой, микротвердостью 8000–12 000 МПа и выходом хрома

по току 20–26 %, а осаждение блестящих покрытий возможно при $t_{эл} = 45–70$ °С [3, 4]. Такие покрытия по износостойкости не уступают покрытиям, полученным из универсального электролита, а по коррозионной стойкости в 2–3 раза превосходят их. Благодаря этому криолитовый электролит используют для износостойкого хромирования поршневых колец и восстановления ряда деталей тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин, работающих в абразивно-коррозионных средах. Существенным недостатком данного раствора, равно как и других фтористых электролитов хромирования, является высокая агрессивность, приводящая к образованию на свинцовых анодах фторида свинца и вызывающая катодную коррозию покрываемых деталей и подвесных устройств.

Стабильность и производительность процесса хромирования в значительной степени предопределяется постоянством соотношения хромовой кислоты и постороннего аниона в электролите.

Введение в электролит хромирования труднорастворимых солей (сернокислого стронция $SrSO_4$ 5,5–8,0 г/л, кремнефторида калия K_2SiF_6 18–20 г/л, фтористого кальция CaF_2 и др.) в количествах, превышающих их растворимость, приводит к накоплению солей на дне ванны в виде твердой донной фазы. Избыток соли всегда находится в равновесии с ионами, перешедшими в раствор, и при изменении концентрации CrO_3 будет автоматически изменяться содержание посторонних анионов за счет частичного растворения этого избытка. Таким образом осуществляется автоматическое поддержание постоянного соотношения между концентрациями CrO_3 и постороннего аниона в электролите. Данные электролиты получили название саморегулирующихся [1, 6]. Одной из особенностей указанных растворов является то, что в их состав входят как минимум два катализатора, в сочетании анионов сульфат и фторид ионов. Такое со-

четание обеспечивает увеличение выхода хрома по току.

Из горячих саморегулирующихся электролитов наибольшее применение при восстановлении и упрочнении деталей машин получил электролит № 4 (см. таблицу), который отличается от электролитов № 1, 2, 3 повышенной стабильностью состава раствора ванны; меньшей чувствительностью к примесям; более высокой рассеивающей способностью. Покрытия, получаемые из данного раствора, по своим антифрикционным свойствам не уступают износостойким покрытиям из электролита № 1. Однако электролит № 4, как и электролит № 3, обладает высокой агрессивностью по отношению не только к металлам, находящимся в ванне без тока, но даже к катодно-поляризованным металлам, где не достигается потенциал осаждения хрома, особенно к черным металлам. В связи с этим к футеровке ванн, качеству изоляции подвесных приспособлений и к местам деталей, не подлежащим покрытию, предъявляются повышенные требования.

Введение в электролит № 4 бихромата калия 110 г/л снижает коррозионную агрессивность электролита, расширяет диапазон режимов, позволяющих наносить качественные покрытия толщиной порядка 1 мм со стабильными свойствами. Кроме того, появляется возможность нанесения блестящих осадков при более низких температурах и плотностях катодного тока, вследствие чего повышается рассеивающая способность электролита.

Необходимо отметить, что во всех электролитах хромирования, с 1-го по 4-й, повышение температуры способствует уменьшению выхода по току и увеличению наводораживания стальной подложки [5]. Наводораживание материала отрицательно влияет на физико-механические свойства. Наиболее активно водород диффундирует в металл в начальный период электролиза,

когда еще не образовался сплошной слой хрома. При повышении температуры от 55 до 75 °С масса поглощенного водорода увеличивается в 6–10 раз [4, 5].

Особую ценность для ремонтного производства представляют холодные электролиты. При их использовании улучшаются условия труда, уменьшается расход и выброс в окружающую среду хромового ангидрида, упрощается конструкция ванн, повышается производительность процесса, появляется возможность нанесения качественных покрытий с низкими внутренними напряжениями и меньшей пористостью. Кроме того, рассеивающая способность у холодных электролитов выше, чем у горячих.

Холодный электролит типа тетрахроматного (№ 5 в таблице) главным образом используется для ремонтных работ. Он был разработан в Кишиневском сельскохозяйственном институте [5]. Этот электролит обеспечивает осаждение качественных трещиноватых покрытий с микротвердостью 8300–9500 МПа, с выходом по току до 40 %, толщиной слоя до 0,7 мм и износостойкостью, которая близка к показателям хрома, осажденного из универсального электролита. Однако данный электролит чувствителен к органическим примесям, а наиболее качественные покрытия осаждаются при $t_{эл} = 19–20$ °С. Отклонение в большую или меньшую сторону приводит к формированию хрупких крупнотрещиноватых покрытий с повышенным значением внутренних напряжений.

Наиболее перспективным из немногочисленной группы холодных электролитов является саморегулирующийся электролит № 6 (см. таблицу), разработанный в Кишиневском ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственном институте. Он отличается высокой рассеивающей способностью и производительностью процесса, повышенной стабильностью в широком диапазоне рабочих плотностей тока и малой агрессивностью.

Данный электролит обеспечивает нанесение со скоростью 0,18–0,55 мм/ч качественных, коррозионностойких покрытий толщиной до 0,7 мм в широком диапазоне D_k с неизменяющимися по толщине физико-механическими свойствами.

Электролит стабилен в работе. Исследованиями [5] были установлены закономерности изменения выхода хрома по току, скорости осаждения, микротвердости покрытий в зависимости от катодной плотности тока (75–300 А/дм²) (рис. 1). Так, при увеличении катодной плотности тока от 90 до 300 А/дм² максимальные значения выхода металла по току достигают $40 \pm 1\%$, микротвердости покрытий – 9000 ± 200 МПа и практически не изменяются.

Проведенные нами исследования показали, что покрытия, осажденные из электролита № 6, по износостойкости не уступают покрытиям, полученным из универсального электролита, а по контактной усталостной прочности в 1,3–1,5 раза превосходят их. Также было выявлено, что наиболее существенное влияние на контактную прочность (σ_k) оказывает

катодная плотность тока (рис. 2, кривая 1), максимальное значение которой достигается при $D_k = 120$ А/дм². Повышение ее до $D_k = 180$ А/дм² приводит к незначительному изменению σ_k . Менее заметное влияние на σ_k оказывает температура (рис. 2, кривая 2).

Однако с повышением температуры от 25 до 30 °С происходит незначительное изменение выхода по току (см. рис. 1, кривая 1) и резкое снижение качества покрытий. Они становятся хрупкими и рыхлыми. Увеличение содержания компонентов электролита до значений, превышающих оптимальные, приводит к снижению выхода по току хрома и сужению диапазона рабочих плотностей тока до 150–200 А/дм².

Данный электролит, как и все холодные электролиты, чувствителен к примесям органического происхождения. Он реагирует со свинцом, поэтому его использование не допускается для футирования ванны, а нерастворимые аноды после работы необходимо извлекать из электролита и хранить в отдельной ванне с водой.

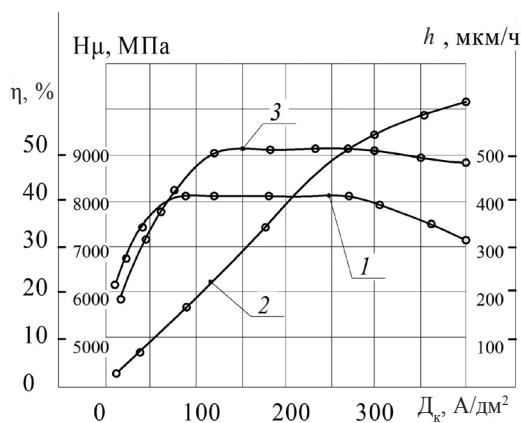


Рис. 1. Зависимость выхода хрома по току (1), скорости осаждения (2) и микротвердости покрытий (3) от катодной плотности тока (электролит № 6 из таблицы)

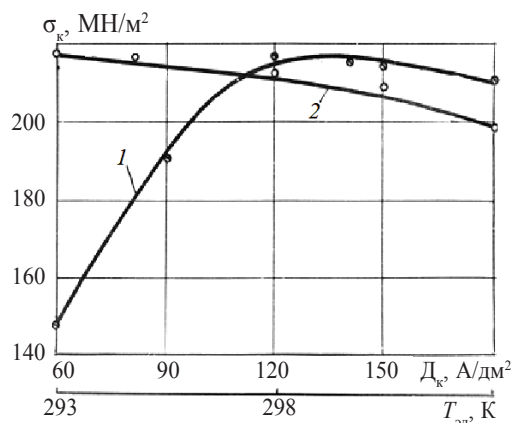


Рис. 2. Влияние катодной плотности тока (1) и температуры электролита (2) на контактную усталостную прочность хромовых покрытий, осажденных из холодного саморегулирующегося электролита

К недостаткам холодного саморегулирующегося электролита № 6 относятся: сравнительно узкий интервал рабочих температур; необходимость применения мощных холодильных установок для охлаждения электролита при работе; обязательная электрохимическая анодная обработка деталей перед нанесением покрытий с целью обеспечения прочности их сцепления с основой.

Накопленный производственный опыт по восстановлению золотников гидрораспределителей, плунжеров топливных насосов, цилиндров ДВС, крестовин дифференциала и карданного вала, посадочных мест под подшипники качения и скольжения, работающих в гидроабразивных условиях, позволяет рекомендовать данный электролит для восстановления и упрочнения широкой номенклатуры изношенных деталей сельскохозяйственных машин, тракторов, автомобилей и другой техники.

В заключение отметим, что успешное применение электролитического хромирования создает предпосылки для дальнейших исследований с целью совершенствования эффективности процесса и технологии на-

несения покрытий, а также улучшения их физико-механических свойств.

Цитированная литература

1. **Лайнер В.И.** Справочное руководство по гальванотехнике. – М.: Металлургия, 1972. – С. 101.
2. **Вейнер Р.** Гальваническое хромирование. – М.: Машиностроение, 1964. – 152 с.
3. **Кудрявцев В.Н., Солодкова Л.Н.** Электролитическое хромирование // Приложение к журналу «Гальванотехника и обработка поверхности». – М.: Глобус, 2007. – 193 с.
4. **Молчанов В.Ф.** Хромирование в саморегулирующихся электролитах. – Киев: Техніка, 1972. – 155 с.
5. **Петров Ю.Н., Косов В.П., Стратулат М.П.** Ремонт автотракторных деталей гальваническими покрытиями. – Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1976.
6. **Шлугер М.А.** Гальванические покрытия в машиностроении: справочник. В 2-х т. – М.: Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 240 с.
7. **Шлугер М.А.** Ускорение и усовершенствование хромирования деталей машин. – М.: ГНТИМЛ, 1961. – 140 с.

УДК 621.313.333

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Л.Е. Язловецкий, Е.Б. Лукашевич

Предложена методика расчета параметров асинхронного двигателя, определяющих три точки механической характеристики – номинальной, критической и пусковой. Дано сравнение результатов предложенной методики и существующих.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, механическая характеристика, параметры, методика расчета.

USE OF MECHANICAL CHARACTERISTICS FOR DETERMINING OF THE PARAMETERS OF ASYNCHRONOUS MOTOR

L.E. Yazlovetskii, E.B. Lukashevich

The article deals with methodology for calculating of the parameters of an asynchronous motor; determining three points of a mechanical characteristic-nominal, critical and starting. Comparison of the results of the proposed methodology with existing ones is given.

Keywords: *asynchronous motor; mechanical characteristic; parameters; calculation technique.*

Для исследования режимов работы электрических машин с помощью математических моделей нужно знать параметры этих машин – активные и индуктивные сопротивления обмоток, момент инерции и другие показатели, учитываемые в математической модели. Необходимые параметры можно определить в результате натурального эксперимента, по данным испытания электрической машины или с помощью электромагнитного расчета.

На практике указанные способы получения параметров оказываются весьма затруднительными: во-первых, требуется наличие соответствующей электрической машины и экспериментальной базы для ее испытания, а во-вторых, в подавляющем большинстве случаев отсутствуют расчетные данные, необходимые для проведения электромагнитного расчета. Поэтому многие авторы предлагают методики определения параметров на базе каталожных данных, приводимых в соответствующей справочной литературе. Такими исходными данными для асинхронного двигателя являются: номинальная мощность P_n , кВт; номинальное линейное напряжение U_n , В; соединение обмоток статора Y или Δ ; номинальная частота вращения n_n , об/мин; коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке η_n , %; коэффициент мощности при номинальной нагрузке $\cos \varphi_n$; кратность максимального момента $K_m = \frac{M_{max}}{M_n}$; кратность пускового

момента $K_n = \frac{M_{пус}}{M_n}$; кратность пускового тока $K_I = \frac{I_{пус}}{I_n}$.

Помимо указанных данных в справочниках и каталогах могут приводиться значения других величин, например относительных значений активных и индуктивных сопротивлений схемы замещения [1].

Механическая характеристика, т. е. зависимость частоты вращения ротора от вращающего момента на валу машины, является одной из важнейших характеристик асинхронного двигателя. В статических режимах работы поведение машины описывается статической механической характеристикой, которая представляет собой совокупность точек статических состояний. Такая характеристика определяет величины номинального, максимального и пускового момента, номинальной частоты вращения и частоты вращения, соответствующей максимальному моменту. Она широко используется при решении различных задач электропривода. Поскольку в данной работе рассматривается только статическая механическая характеристика, то в дальнейшем она будет именоваться просто механической характеристикой.

Основными точками, определяющими механическую характеристику, являются точка номинального режима работы, точка максимального, или перегрузочного, момента и точка короткого замыкания, или точка пускового момента.

Далее рассмотрим разработанную упрощенную методику определения параметров асинхронного двигателя по заданным точкам механической характеристики. Кроме того, проведем анализ некоторых существующих методик расчета параметров – активных и индуктивных сопротивлений обмоток статора и ротора, а также сравним механические характеристики, рассчитанные по этим параметрам.

Сравнение методик расчета выполним на базе данных асинхронного короткозамкнутого двигателя 4А180М4 со следующими исходными показателями: $P_n = 30$ кВт; $U_n = 380$ В; $n_n = 1470$ об/мин; $\eta_n = 91$ %; $\cos \varphi_n = 0,89$; $K_m = 2,3$; $K_n = 1,4$; $K_I = 6,5$; число пар полюсов $p = 2$; число фаз $m = 3$; частота напряжения питания $f = 50$ Гц [2].

На основе исходных данных и с помощью формул [3] можно получить: номинальный ток статора $I_n = 56,3$ А; величину пускового тока $I_{\text{пус}} = 365,8$ А; номинальный вращающий момент $M_n = 194,9$ Нм; максимальный момент $M_{\text{max}} = 448,2$ Нм; пусковой момент $M_{\text{пус}} = 272,8$ Нм; номинальное скольжение $s_n = 0,02$; угловую частоту напряжения питания $\omega = 14,2$ с⁻¹.

Определение параметров, соответствующих трем точкам механической характеристики – номинальной, пусковой и критической, в предлагаемой методике производится на основании упрощенной схемы замещения без учета намагничивающей ветви.

Расчет параметров осуществляется в следующем порядке.

Значение активного сопротивления обмотки статора r_1 берется из обмоточных данных [1] или непосредственно измеряется. В обоих случаях результаты имеют достаточно высокую точность.

Индуктивное сопротивление короткого замыкания эквивалентной схемы замещения асинхронного двигателя для номинального режима работы может быть определено через величину критического момента по формуле

$$x_k = \sqrt{\left(\frac{p \cdot m \cdot U_n^2}{6 \cdot \omega \cdot M_{\text{max}}} - r_1 \right)^2 - r_1^2}. \quad (1)$$

Приведенное к обмотке статора активное сопротивление обмотки ротора для номинального режима работы рассчитывается по значениям номинального момента и номинального скольжения:

$$r_2' = \left[\frac{p \cdot m \cdot U_n^2}{6 \cdot \omega \cdot M_n} - r_1 + \sqrt{\left(\frac{p \cdot m \cdot U_n^2}{6 \cdot \omega \cdot M_n} - r_1 \right)^2 - r_1^2 - x_k^2} \right] \cdot s_n. \quad (2)$$

Полное сопротивление цепи короткого замыкания в начальный момент пуска можно определить по формуле

$$z_n = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{пус}}}. \quad (3)$$

Приведенное к обмотке статора активное сопротивление обмотки ротора для начального момента пуска может быть определено по значению пускового момента и пускового тока:

$$r_{2n}' = \frac{M_{\text{пус}} \cdot \omega}{p \cdot m \cdot I_{\text{пус}}^2}. \quad (4)$$

Индуктивное сопротивление короткого замыкания эквивалентной схемы замещения асинхронного двигателя для начального момента пуска рассчитывается так:

$$x_{kn} = \sqrt{z_n^2 - (r_1 + r_{2n}')^2}. \quad (5)$$

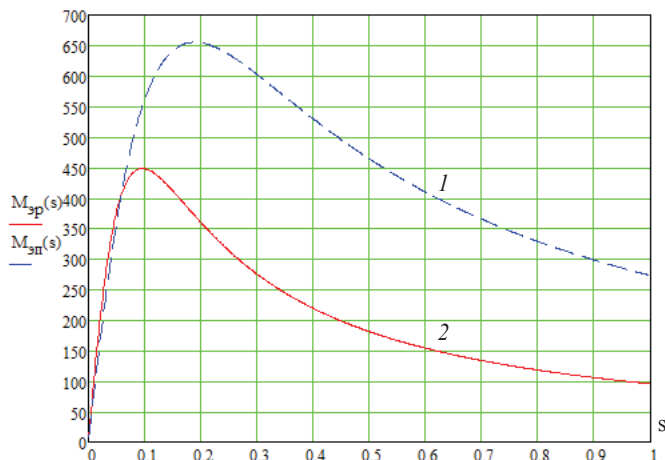
Результаты расчета сопротивлений по методикам [1–3] и по предлагаемой методике приведены в таблице.

Для построения механической характеристики можно воспользоваться известным выражением [3]:

$$M_o(s) = \frac{p \cdot U_n^2 \cdot r_2'(s)}{\omega \cdot s \cdot \left[\left(r_1 + \frac{r_2'(s)}{s} \right)^2 + (x_1 + x_2'(s))^2 \right]}. \quad (6)$$

Результаты расчета сопротивлений

Методика расчета	Величины сопротивления, Ом										
	r_1	x_1	r'_2	x'_2	r'_{2n}	x_{kn}	x_{μ}	x_k	r_{μ}	x_{1n}	x'_{2n}
[1]	0,130	0,261	0,069	0,460	0,119	0,507	15,20				
[2]	0,181	0,147	0,066	0,147			8,46				
[3]	0,191	0,333	0,080	0,451	0,116	0,535	14,6	0,793	6,16	0,225	0,305
Предл.	0,136		0,085		0,106	0,548		0,878			



Механические характеристики электродвигателя при расчете по рабочим (1) и пусковым (2) параметрам

Механические характеристики, рассчитанные для рабочих и пусковых параметров двигателя, приведены на рисунке.

Полученные результаты показывают, что в характеристике, рассчитанной по рабочим параметрам, точно определяются номинальная и критическая точки, а в характеристике, рассчитанной по пусковым параметрам, точно определяется пусковая точка.

заданных точек механической характеристики — точки номинального режима, точки момента перегрузки и точки пускового момента.

3. Изменение активного и индуктивного сопротивления ротора в процессе пуска из-за вытеснения тока и насыщения зубцов существенно влияет на вид механической характеристики и должно учитываться при расчете механических характеристик.

Выводы

1. Достаточно большие допуски на параметры рабочих режимов выпускаемых промышленностью асинхронных электродвигателей делают излишним уточненный расчет параметров схемы замещения. Расчет по неточно установленным исходным данным не может привести к точным результатам.

2. Расчет параметров должен обеспечить получение, по крайней мере, трех

Цитированная литература

1. Кравчик А.Э., Шлаф М.М., Афонин В.И и др. Асинхронные двигатели серии 4А: справочник. — М.: Энергоиздат, 1982. — 504 с.
2. Герман-Галкин С.Г., Кардонов Г.А. Электрические машины: лабораторные работы на ПК. — СПб.: Корона принт, 2003. — 256 с.
3. Мощинский Ю.А., Беспалов В.Я., Кирякин А.А. Определение параметров схемы замещения асинхронной машины по каталожным данным // Электричество. — 1998. — № 4. — С. 38–42.

УДК 378.147+537.6

ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯЖЕННОЙ ЧАСТИЦЫ В ПЕРЕМЕННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Е.Б. Лукашевич, Л.Е. Язловецкий

Исследуется движение заряженной частицы в переменном магнитном поле. Особое внимание уделяется зависимости скорости и координат от времени, а также траектории движения.

Ключевые слова: электрон, индукция магнитного поля, траектория движения, скорость и координата электрона.

THE MOVEMENT OF A CHARGED PARTICLE IN VARIABLE MAGNETIC FIELD

E.B. Lukashovich, L.E. Yazlovetskii

The movement of charged particle in variable magnetic field is investigated. Special attention is paid to dependence of speed and coordinates on time, as well as a trajectory of the movement.

Keywords: electron, induction of magnetic field, trajectory of the movement, speed and coordinate of electron.

Пусть в системе координат (x, y, z) находится заряженная частица массой m с зарядом q (рис. 1). В начальный момент времени частица располагается в начале координат, имеет начальную скорость v_{x0} , направленную вдоль оси OX , и скорость v_{y0} , направленную вдоль оси OY . Вектор магнитной индукции \vec{B} направлен вдоль оси OZ . Считаем, что электрическое поле отсутствует.

Рассмотрим более общий вид данной задачи, в котором магнитное поле зависит от времени [1].

Пусть магнитное поле меняется по закону $B = B_0 \cos \Omega t$, где B_0 – амплитуда изменения значения вектора магнитной индукции. На движущийся заряд действует сила со стороны магнитного поля:

$$\vec{F}_m = q[\vec{v}\vec{B}], \quad (1)$$

где $[\vec{v}\vec{B}]$ – произведение векторов \vec{v} и \vec{B} .

Для исследования движения заряженной частицы в переменном однородном магнитном поле воспользуемся II законом Ньютона:

$$m\vec{a} = q[\vec{v}\vec{B}]. \quad (2)$$

При этом рассматривается нерелятивистский случай $v \ll c$.

Так как

$$[\vec{v}\vec{B}] = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ v_x & v_y & v_z \\ 0 & 0 & B_0 \end{vmatrix} = \vec{i} v_y B_0 - \vec{j} v_x B_0, \quad (3)$$

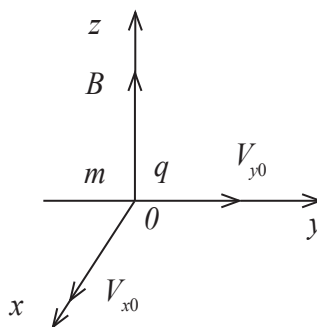


Рис. 1. Схема расположения заряженной частицы и направления магнитного поля

то выражения для проекций силы на оси координат получаются в виде:

$$\begin{cases} F_x = qv_y B_0 \cos \Omega t, \\ F_y = -qv_x B_0 \cos \Omega t, \\ F_z = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Из уравнения (4) видно, что движение вдоль оси OZ является равномерным. Интегрируя это уравнение и удовлетворяя начальному условию $v_z|_{t=0} = 0$, получим, что $v_z = 0$. Это означает, что частица будет двигаться только в плоскости XOY .

Так как ускорение является первой производной от скорости $a_x = \frac{dv_x}{dt}$, $a_y = \frac{dv_y}{dt}$, то система уравнений, следующая из (1) и (4), примет вид:

$$\begin{cases} \frac{dv_x}{dt} = \Omega_c \cdot \cos \Omega t \cdot v_y, \\ \frac{dv_y}{dt} = -\Omega_c \cdot \cos \Omega t \cdot v_x, \end{cases} \quad (5)$$

где $\Omega_c = \frac{q \cdot B_0}{m}$ – циклотронная частота вращения частиц.

Из (5) легко получить следующий интеграл движения:

$$v_x^2 + v_y^2 = v_{x0}^2 + v_{y0}^2 = v_0^2. \quad (6)$$

Используя (5) и (6), находим зависимость скорости v_x и v_y от времени:

$$v_x = v_0 \cdot \sin \left(\frac{\Omega_c}{\Omega} \cdot \sin \Omega t + \arcsin \frac{v_{x0}}{v_0} \right); \quad (7)$$

$$\begin{aligned} v_y &= \sqrt{v_0^2 - v_x^2} = \\ &= v_0 \cdot \cos \left(\frac{\Omega_c}{\Omega} \cdot \sin \Omega t + \arcsin \frac{v_{x0}}{v_0} \right). \end{aligned} \quad (8)$$

Рассматривая частный случай $v_{x0} = 0$, $v_{y0} \neq 0$, получаем выражения для проекций скорости движения частицы:

$$v_x = v_{y0} \cdot \sin \left(\frac{\Omega_c}{\Omega} \cdot \sin \Omega t \right); \quad (9)$$

$$v_y = v_{y0} \cdot \cos \left(\frac{\Omega_c}{\Omega} \cdot \sin \Omega t \right). \quad (10)$$

Интегрируя уравнения (9) и (10) по времени, легко получить выражения для координат частицы в зависимости от времени [2]:

$$x = \int_0^t v_x dt = v_{y0} \cdot \int_0^t \sin \left(\frac{\Omega_c}{\Omega} \cdot \sin \Omega t' \right) dt'; \quad (11)$$

$$y = \int_0^t v_y dt = v_{y0} \cdot \int_0^t \cos \left(\frac{\Omega_c}{\Omega} \cdot \sin \Omega t' \right) dt'. \quad (12)$$

Выполним замену $\Omega t' = z$ и введем параметр $\alpha = \frac{\Omega_c}{\Omega}$.

Тогда (11)–(12) удобно представить в виде интегралов:

$$x = \frac{v_{y0}}{\Omega} \cdot \int_0^{\Omega t} \sin(\alpha \cdot \sin z) dz; \quad (13)$$

$$y = \frac{v_{y0}}{\Omega} \cdot \int_0^{\Omega t} \cos(\alpha \cdot \sin z) dz. \quad (14)$$

Совокупность функций $x(t)$ и $y(t)$ дает возможность построить траекторию движения частицы, представляющую собой осцилляторное движение со сложными осцилляциями (рис. 2), параметры которых зависят от заряда, массы частицы, магнитного поля, а также начальной скорости v_{y0} [3].

На рис. 3 представлена проекция траектории движения заряженной частицы на плоскости (x, y) . Она состоит из последовательности витков спирали с переменным шагом, параметры которого зависят от заряда и массы частицы, а также от магнитного поля.

Наибольший интерес представляет траектория движения в трехмерном пространстве (рис. 4). Она состоит из после-

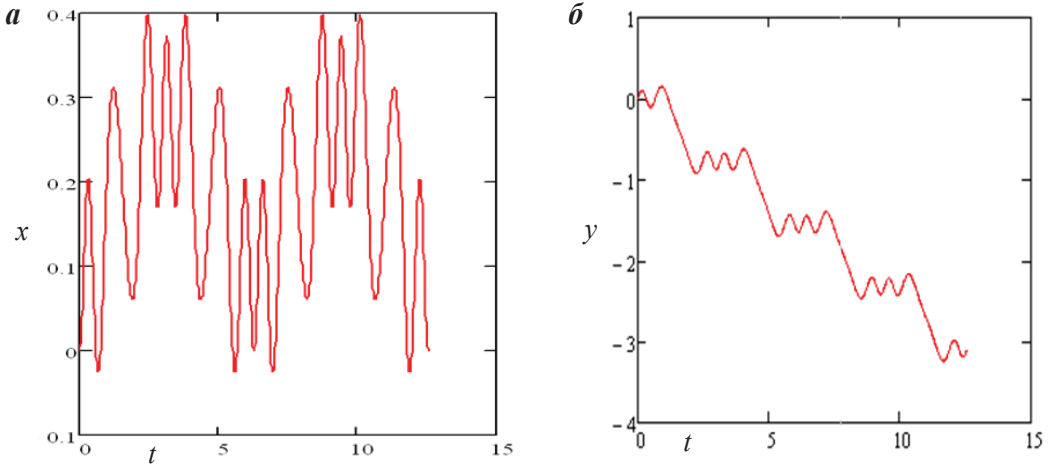


Рис. 2. Зависимость координаты x (а) и y (б) от времени

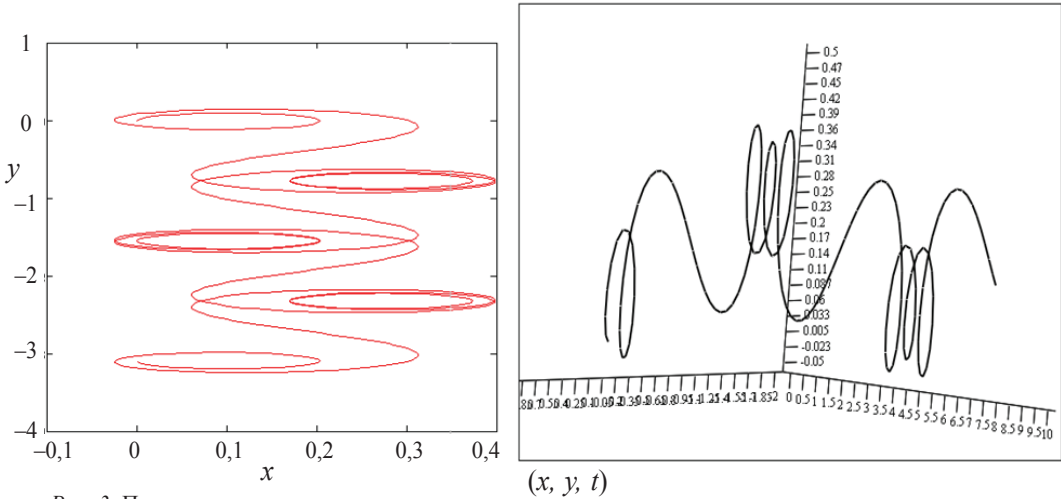


Рис. 3. Проекция траектории движения заряженной частицы на плоскости (x, y)

Рис. 4. Траектория движения в трехмерном пространстве

довательности спиралей, параметры которой зависят от заряда и массы частицы, а также от напряженности магнитного поля.

Таким образом, можно сделать вывод, что при подаче студентам и школьникам материала о движении заряженной частицы важное значение имеет наглядная демонстрация: как движется частица, почему траектория движения изменяется именно так, а не иначе.

Цитированная литература

1. Арцимович Л.А., Лукьянов С.Ю. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях // Наука. – 1978. – С. 129–184.
2. Янке Е., Эмде Ф., Леш Ф. Специальные функции // Культура педагогического общения: тезисы выступлений участников семинара. – М., 1964. – С. 82–83.
3. Савельев И.В. Курс общей физики // Наука. – 1982. – Т. 2, № 2. – С. 75–84.

ПОСТРОЕНИЕ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА ВЫБОРКИ МАЛОГО ОБЪЕМА СЛУЧАЙНОЙ ВЕЛИЧИНЫ

А.Ю. Долгов, Е.В. Терещенко, Р.Ю. Мошенский

Рассматривается алгоритм расчета выборок малого объема для закона распределения Стьюдента. В качестве оптимального решения предлагается использовать метод точечных распределений для построения виртуальной выборки из выборки малого объема так, чтобы при этом свести к минимуму потери информации при ее обработке.

Ключевые слова: малая выборка, метод точечных распределений, распределение Стьюдента.

CONSTRUCTION OF ALGORITHM OF A SMALL SAMPLE CALCULATION OF RANDOM VARIABLE

A.Yu. Dolgov, E.V. Tereschenko, R.Yu. Moshenskii

The algorithm of calculation of small sample for the law of Student's distribution is considered. As the optimal solution it is offered to use a method of spotted distributions for constructuin of virtual sample from the small sample, so to minimize the losses of information at its processing.

Keywords: small sample, method of spotted distributions, Student's distribution.

Введение

Выборкой малого объема называется выборка, содержащая $n = 3-20$ элементов [1]. Для устранения потерь информации при обработке малой выборки необходимо считать каждое измерение центром некоторого виртуального распределения с известным законом. Это дает возможность существенно уменьшить интервал неопределенности выборочных оценок, что, в свою очередь, позволяет, например, значительно снизить объемы контрольных выборок и применить известные статистические методы для разбраковки продукции по ходу технологического процесса там, где это ранее было принципиально невозможно.

1. Построение алгоритма расчета малой выборки

В основу метода положено предварительное числовое определение эмпирической функции распределения [2]

$$f^*(x) = \alpha \cdot f_0(X) + (1 - \alpha) \cdot f_n^*(x), \quad (1)$$

где α – ценность априорной информации; $f_0(x)$ – априорная компонента, несущая информацию о форме закона распределения; $f_n^*(X)$ – эмпирическая компонента, которую можно представить в виде

$$f_n^*(X) = C(\rho) \sum_{i=1}^n \mu_i \cdot \psi_i(\rho, X), \quad (2)$$

где $C(\rho) = \left(\int_{-\rho}^{+\rho} \psi(\rho, X) dX \right)^{-1}$ – нормирующий множитель; ρ – половина интервала определения ядра; $\sum_{i=1}^n \mu_i = 1$ – коэффициенты нормировки при ядрах; $\psi_i(\rho, X)$ – некоторая функция (ядро) при i -м измерении.

Полная оценка плотности распределения (рис. 1) удовлетворяет весьма важным для оценок свойствам состоятельности и несмещенности [3]. Эффективность оценки зависит от формы ядра. Исследо-

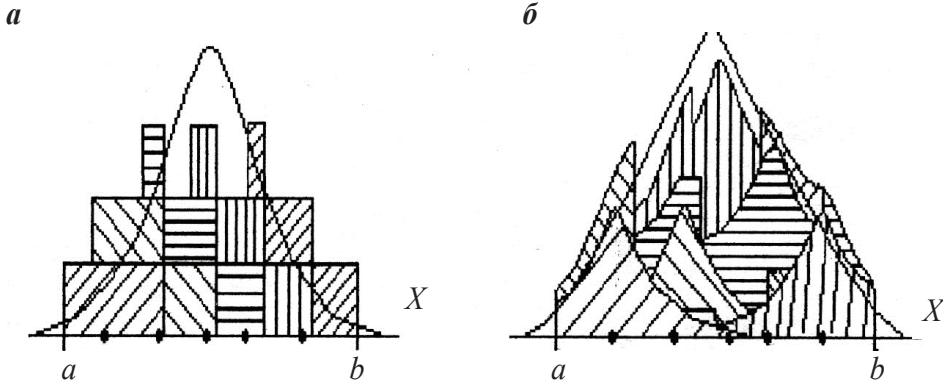


Рис. 1. Плотность распределения при прямоугольной (а) и дельтообразной (б) форме ядра

ваниями установлено, что наиболее простой формой ядра является прямоугольная ($\psi_i(\rho, x) = 1$ в интервале $\pm \rho$), а наиболее оптимальной – дельтовидная.

Практический алгоритм вычисления эмпирической функции распределения $f^*(X)$ можно представить следующим образом:

1. Установить предполагаемый класс распределений $f(X)$ (например, нормальный закон).

2. Определить интервал изменения (a, b) контролируемой величины X в абсолютных единицах (а. е.).

3. Вычислить оптимальное значение ρ в а. е.:

$$\rho = \rho' \cdot (b - a). \tag{3}$$

Здесь вспомогательный коэффициент ρ' определяется эмпирически для каждого класса распределения $f(x)$ и объема выборки n . Числовые данные вычисляются по формулам табл. 1.

4. Расположить элементы выборки $X_1, \dots, X_i, \dots, X_n$ в порядке возрастания их значений.

5. Для каждого элемента выборки X_i определить верхнюю X_{iB} и нижнюю X_{iH} границы интервала определения i -й дельтообразной функции:

Таблица 1
Аппроксимационные формулы для расчета вспомогательного коэффициента ρ' от объема выборки n [4]

Форма ядра	ρ'	Коридор существования
Прямоугольная	$0,1803 + \frac{0,3392}{n}$	$\pm 0,0042$
Дельтообразная	$0,3516 + \frac{0,6510}{n}$	

$$X_{iH} = \begin{cases} a, & \text{если } X_i - \rho \leq a, \\ X_i - \rho - \text{в остальных случаях;} \end{cases} \tag{4}$$

$$X_{iB} = \begin{cases} b, & \text{если } X_i + \rho \geq b, \\ X_i + \rho - \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

6. Для каждого элемента выборки X_i определить корректировочный коэффициент A_i , который равен:

– для нормального закона распределения $A_i \equiv 1$;

– для экспоненциального распределения:

$$A_i = \begin{cases} 1 - \frac{X_i - \rho - a}{\rho}, & \text{если } X_{iH} = a, \\ 1 - \text{в остальных случаях.} \end{cases} \tag{5}$$

7. Интервал (a, b) разбить на k интервалов дискретности ($k = 20-30$). При этом

величина $X_j = a + (2j-1) \cdot \frac{b-a}{2k}$ – центр j -го интервала дискретности.

8. Вычислить значение нормированной плотности $f^*(X_j)$ на интервал с центром в точке X_j :

$$f^*(X_i) = \frac{k}{b-a} \cdot \frac{f'(X_j)}{\sum_{j=1}^n f'(X_j)}, \quad (6)$$

где $f'(X_j)$ – значения ненормированной оценки плотности в центре j -го интервала дискретности.

Например, для дельтообразной формы ядра:

$$f'(X) = \alpha \cdot f_0(X) + (1-\alpha) \frac{3A_i}{n\rho\sqrt{2\pi}} \sum_{i=1}^n p_{ij} \times \exp\left[-4,5\left(\frac{X_j - X_i}{\rho}\right)^2\right], \quad (1/a.e.)(7)$$

где p_{ij} – условие «накрывания» интервалом задания $\pm\rho$ i -й дельтообразной функции центра j -го интервала дискретности:

$$p_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } X_{iH} \leq X_j' \leq X_{iB}, \\ 0 & \text{– в остальных случаях.} \end{cases} \quad (8)$$

Вопрос об априорной компоненте $f_0(X)$, входящей в выражение (7), ненормированной оценки плотности в центре j -го интервала $f(X_j)$ может быть решен по-разному. В простейшем случае можно считать, что априорная компонента обратно пропорциональна интервалу определения величины $f_0(X) = \frac{1}{b-a}$.

В более сложных случаях для нормального распределения $f_0(X) = \frac{1}{\sigma_x\sqrt{2\pi}} \times \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{X-m_x}{\sigma_x}\right)^2\right]$, где математическое ожидание m_x и СКО σ_x оцениваются по достаточно большому количеству выборок.

Тогда ненормированная оценка плотности для нормального закона будет записана в виде

$$f'(X_j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left\{ \frac{\alpha}{\sigma_x} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{X_j - X_i}{\sigma_x}\right)^2\right] + \frac{3(1-\alpha)}{n\rho} \sum_{i=1}^n p_{ij} \exp\left[-4,5\left(\frac{X_j - X_i}{\rho}\right)^2\right] \right\} = \frac{B_j}{\sqrt{2\pi}}, \quad (9)$$

где символом B_j обозначено выражение в фигурных скобках.

Обработав выборку малого объема с помощью рассмотренного алгоритма, получим виртуальную выборку, пригодную для обработки классическими статистическими методами.

Для иллюстрации алгоритма в качестве примера приведем расчет выборки малого объема, имеющей распределение Стьюдента.

2. Выполнение числового примера при распределении Стьюдента

Была сделана выборка объемом $n = 10$ из таблицы случайных чисел [5]. Полученная выборка представлена в табл. 2.

Параметры выборки были посчитаны по классическим формулам:

$$\bar{X} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10};$$

$$S^2 = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} (X_i - (-2,846))^2 = 0,344;$$

$$\bar{X} = -2,846; \quad S = 3,438.$$

Таблица 2

Выборка из генеральной совокупности

i	1	2	3	4	5
X_i	-0,039	-5,835	-4,546	0,281	-0,817
i	6	7	8	9	10
X_i	0,407	0,150	-7,411	-1,329	-9,318

Далее был найден интервал изменения:

$$a = -36,646; \quad b = 30,954.$$

Вспомогательный коэффициент ρ' рассчитан по формуле из табл. 1:

$$\rho' = 0,417.$$

Параметр ρ найден по следующей формуле:

$$\begin{aligned} \rho &= \rho' \cdot (b - a) = \\ &= 0,417 \cdot (30,954 - (-36,646)) = 28,169. \end{aligned}$$

Пусть число интервалов дискретности $k = 30$.

Далее по данным табл. 2 необходимо составить таблицу для внесения результатов расчета середин интервалов дискретности и расчета экспонент при переборе всех комбинаций X_j и X_i . Результаты расчетов внесены в табл. 3.

В указанной таблице последний столбец представлен суммами чисел предыдущего столбца по тройкам. Всего таких чисел оказалось 10. На основе этих значений построена гистограмма плотности распределений в виртуальной области (рис. 2).

Заключение

При обработке выборки малого объема с помощью алгоритма расчета выборок малого объема для закона распределения Стьюдента получается виртуальная выборка, пригодная для обработки классическими статистическими методами.

В результате выполнения численного примера расчета экспонент малой выборки объемом $n = 10$ при переборе всех комбинаций в условиях распределения Стьюдента была построена гистограмма точечных распределений в виртуальной области.

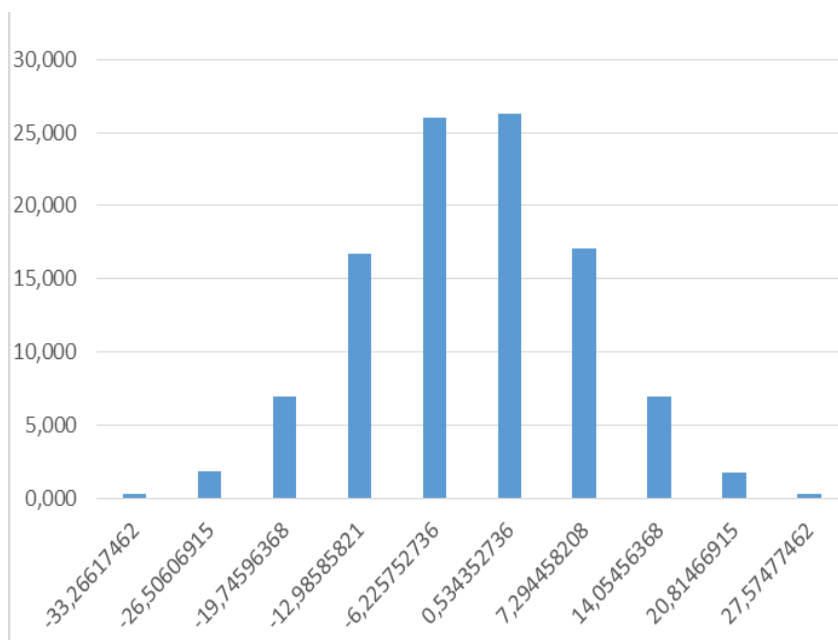


Рис. 2. Гистограмма точечных распределений в виртуальной области

Таблица 3

Расчет экспонент при переборе всех комбинаций X_j и X_i

j	i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	n_j
	X_j/X_i	-9,318	-7,411	-5,835	-4,546	-1,329	-0,817	-0,039	0,150	0,281	0,407	$\sum_{i=1}^{12} (\bullet)_j$
1	-35,5195	0,020	0,011	0,007	0,004	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,048
2	-33,2662	0,039	0,023	0,014	0,009	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,097
3	-31,0128	0,069	0,042	0,027	0,019	0,007	0,006	0,004	0,004	0,004	0,004	0,186
4	-28,7594	0,117	0,075	0,051	0,036	0,014	0,012	0,009	0,009	0,008	0,008	0,340
5	-26,5061	0,187	0,126	0,089	0,065	0,027	0,024	0,019	0,018	0,017	0,016	0,589
6	-24,2527	0,282	0,200	0,146	0,111	0,051	0,044	0,036	0,034	0,033	0,032	0,969
7	-21,9993	0,402	0,299	0,227	0,178	0,089	0,079	0,065	0,062	0,060	0,058	1,518
8	-19,746	0,540	0,422	0,334	0,270	0,146	0,131	0,111	0,106	0,103	0,100	2,262
9	-17,4926	0,685	0,562	0,463	0,387	0,227	0,207	0,178	0,171	0,167	0,163	3,208
10	-15,2392	0,820	0,706	0,606	0,523	0,334	0,307	0,270	0,261	0,255	0,250	4,331
11	-12,9859	0,927	0,838	0,748	0,668	0,463	0,432	0,387	0,376	0,369	0,362	5,568
12	-10,7325	0,989	0,939	0,873	0,805	0,606	0,573	0,523	0,511	0,503	0,495	6,815
13	-8,47912	0,996	0,994	0,961	0,916	0,748	0,717	0,668	0,656	0,647	0,639	7,941
14	-6,22575	0,947	0,992	0,999	0,984	0,873	0,847	0,805	0,794	0,787	0,779	8,807
15	-3,97238	0,850	0,935	0,981	0,998	0,961	0,945	0,916	0,908	0,902	0,897	9,294
16	-1,71902	0,721	0,832	0,908	0,956	0,999	0,995	0,984	0,980	0,978	0,975	9,328
17	0,534353	0,577	0,699	0,794	0,864	0,981	0,990	0,998	0,999	1,000	1,000	8,901
18	2,787721	0,436	0,554	0,656	0,737	0,908	0,929	0,956	0,961	0,965	0,968	8,071
19	5,04109	0,311	0,415	0,511	0,594	0,794	0,823	0,864	0,873	0,879	0,885	6,950
20	7,294458	0,209	0,293	0,376	0,452	0,656	0,689	0,737	0,749	0,757	0,764	5,681
21	9,547827	0,133	0,196	0,261	0,324	0,511	0,544	0,594	0,606	0,614	0,623	4,406
22	11,8012	0,080	0,123	0,171	0,220	0,376	0,405	0,452	0,463	0,471	0,479	3,240
23	14,05456	0,045	0,073	0,106	0,141	0,261	0,285	0,324	0,334	0,341	0,348	2,259
24	16,30793	0,024	0,041	0,062	0,085	0,171	0,190	0,220	0,228	0,233	0,238	1,492
25	18,5613	0,012	0,022	0,034	0,048	0,106	0,119	0,141	0,146	0,150	0,154	0,933
26	20,81467	0,006	0,011	0,018	0,026	0,062	0,070	0,085	0,089	0,092	0,094	0,552
27	23,06804	0,003	0,005	0,009	0,013	0,034	0,039	0,048	0,051	0,053	0,054	0,310
28	25,32141	0,001	0,002	0,004	0,006	0,018	0,021	0,026	0,028	0,029	0,030	0,164
29	27,57477		0,001	0,002	0,003	0,009	0,010	0,013	0,014	0,015	0,015	0,082
30	29,82814			0,001	0,001	0,004	0,005	0,006	0,007	0,007	0,007	0,038

Цитированная литература

1. Столяренко Ю.А. Контроль кристаллов интегральных схем на основе статистического моделирования методом точечных распределений: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2006. – 194 с.
2. Гаскаров Д.В., Шаповалов В.И. Малая выборка. – М.: Статистика, 1978. – 248 с.
3. Долгов А.Ю. Повышение эффективности статистических методов контроля и

управления технологическими процессами изготовления микросхем: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: МГАПИ, 2000. – 16 с.

4. Долгов Ю.А. Статистическое моделирование: учебник для вузов. – 2-е изд., доп. – Тирасполь: Полиграфист, 2011. – 352 с.

5. Долгов Ю.А. Случайные числа: справочник. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2015. – 692 с.

УДК 338.33, 30.3

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ
ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ
С УЧЕТОМ РЕГИОНАЛЬНЫХ НУЖД И ИНТЕРЕСОВ***В.Г. Звонкий, Е.А. Царюк, И.Г. Саламахина*

В рамках компетентностного подхода рассмотрена оптимизация системы непрерывного профессионального образования. Поставлена задача смоделировать подготовку инженерно-технических кадров, максимально отвечающих требованиям современных условий отраслевого производства с учетом видов профессиональной деятельности.

Ключевые слова: кадровая политика, компетентностный подход, компетентностная модель, траектория обучения, метод расслоенного эксперимента.

**MODELING OF PREPARATION SYSTEM OF ENGINEERING PERSONNEL
ACCORDING TO REGIONAL NEEDS AND INTERESTS***V.G. Zvonkii, E.A. Tsaruk, I.G. Salamakhina*

Within competence-based approach the optimization of system of continuing professional education is considered. The assigned task is to simulate the preparation of engineering personnel agreeable to modern conditions of sectoral production, according to types of professional activity.

Keywords: personnel policy, competence approach, competence model, learning trajectory, the method of stratified experiment.

Введение

В реализации кадровой политики региона особую роль играет Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко во взаимодействии с мест-

ными органами власти, производством и бизнесом.

Разработка и обеспечение образовательных программ осуществляется с учетом таких требований к молодым специалистам, как умение быстро адаптиро-

ваться в реальных условиях производства, принимая во внимание особенности вида профессиональной деятельности, и способность самостоятельно и грамотно решать поставленные производственные задачи.

Реализация профессиональной подготовки в регионе

Анализ современного состояния приднестровского рынка труда показывает востребованность инженеров разных уровней профессионального образования в различных отраслях народного хозяйства (рис. 1). Реализация поэтапного технического образования наиболее благоприятна в системе непрерывной подготовки кадров, в которой уровни бакалавриата, специалитета и магистратуры обеспечиваются фундаментальными знаниями по инженерному делу.

Актуальность компетентного подхода в системе профессиональной подготовки обусловлена возможностью создания моделей обучения студентов в контексте соответствующих видов профессиональной деятельности при согласованности требований работодателя и образовательных стандартов [1].

Для нашего региона эта система представляет несомненный интерес, позволяя

в силу своей гибкости обеспечить эффективное использование ресурсов – человеческих, информационных, материальных и финансовых.

Выбор критерия оптимизации компетентностной модели

Согласно ФГОС бакалавр должен решать задачи в соответствии с видом профессиональной деятельности: проектно-конструкторской, научно-исследовательской, организационно-управленческой, производственно-технологической. Выбор уровня креативности решения этих задач и способность управлять множеством разнородных ресурсов позволяют оптимизировать компетентностную модель и построить траекторию обучения с учетом индивидуальных требований работодателей через систему анкетирования. Представителям крупных отраслевых предприятий была предложена анкета, в которой они для каждой задачи, поставленной перед выпускником, выбирали один из трех уровней самостоятельного решения:

– уровень 1 – способен решать известные, немногofакторные задачи, не имеющие далеко идущих последствий, требующие практического знания, известными способами, описанными в стандартах;

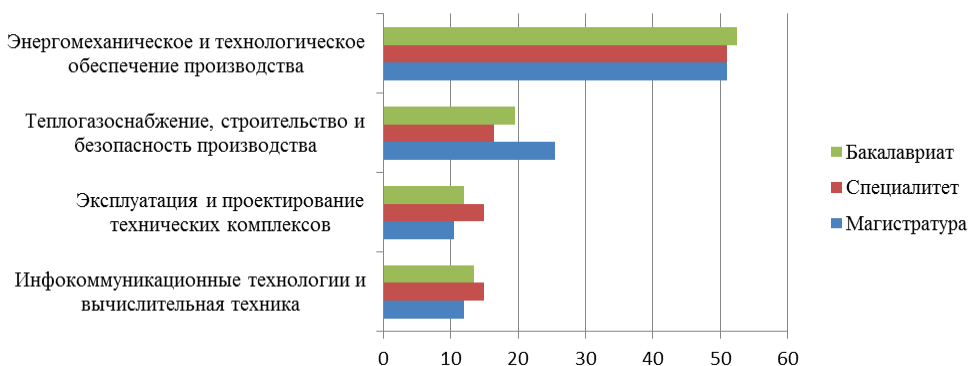


Рис. 1. Потребность в инженерных кадрах

– уровень 2 – способен решать известные задачи, не имеющие далеко идущих последствий, но имеющие множество конфликтующих ограничений, с несколькими группами заинтересованных сторон, зачастую способами, выходящими за рамки стандартов;

– уровень 3 – способен решать задачи, принадлежащие известному семейству задач, с множеством конфликтующих ограничений, с несколькими группами заинтересованных сторон, последствия которых могут превышать локальную важность, зачастую способами, выходящими за рамки стандартов.

Метод расслоенного эксперимента [2] позволил произвести расслоение дисперсии тиража анкет на дисперсии, обусловленные влиянием большого числа факторов между группами анкетирруемых, которые сгруппированы в две ступени: группа анкетирруемых по предприятиям (I ступень) и задачи профессиональной деятельности (II ступень) (рис. 2).

При разложении общей дисперсии тиража на составляющие воспользуемся формулами для нахождения вспомогательных дисперсий:

$$S_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m S_{ij}^2}{km} \approx \sigma_{H,II}^2; \quad (1)$$

$$S_2^2 = n \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m (\bar{X}_{ij\cdot} - \bar{X}_{i\cdot\cdot})^2}{k(m-1)} \approx \sigma_{H,II}^2 + n\sigma_{C,II}^2; \quad (2)$$

$$S_3^2 = mn \frac{\sum_{i=1}^k (\bar{X}_{i\cdot\cdot} - \bar{X}_{\cdot\cdot\cdot})^2}{k-1} \approx S_2^2 + mn \cdot \sigma_{C,II}^2, \quad (3)$$

где k – количество анкетирруемых предприятий; m – количество задач профессиональной деятельности; n – объем выборки.

Сведем абсолютные значения дисперсий в табл. 1 по основным видам профессиональной деятельности.

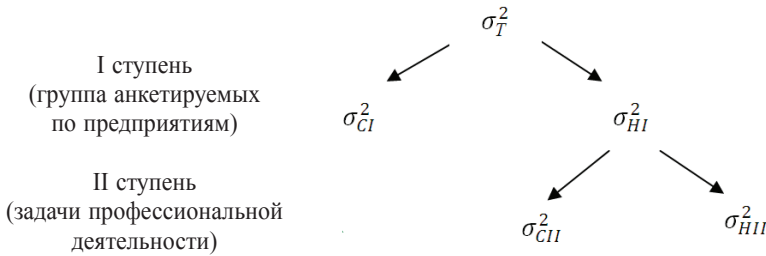


Рис. 2. Схема расслоения дисперсии тиража

Таблица 1

Значения вспомогательных дисперсий ступеней

Вид профессиональных задач	S_1^2	S_2^2	S_3^2	$\sigma_{H,II}^2 \approx S_1^2$	$\sigma_{C,II}^2 = \frac{S_2^2 - S_1^2}{n}$	$\sigma_{C,I}^2 = \frac{S_3^2 - S_2^2}{mn}$	$\sigma_{H,I}^2 = \sigma_{C,II}^2 + \sigma_{H,II}^2$	σ_T^2
Производственно-технологические	0,380	4,326	8,160	0,380	0,082	0,008	0,462	0,470
Организационно-управленческие	0,337	4,08	12,288	0,337	0,078	0,034	0,415	0,449
Проектно-конструкторские	0,352	3,372	19,920	0,352	0,063	0,069	0,415	0,484
Научно-исследовательские	0,406	2,316	10,368	0,406	0,040	0,028	0,433	0,481

Для полного представления картины рассеяния найдем относительные значения дисперсий, которые точнее укажут на наиболее сложный вид профессиональных задач, с которым предстоит справиться молодому специалисту на предприятии (табл. 2).

Совершенно ясно, что наиболее высокий уровень сложности анкетируемые отвели научно-исследовательским задачам. Это объясняется тем, что на отраслевых предприятиях выполняется большой перечень сложных наукоемких работ. Поэтому от молодого специалиста требуется готовность к принятию нестандартных решений, к активному участию в инновационных процессах и к компетентному выполнению поставленных задач.

Точность и стабильность результатов исследования

Для количественной оценки точности и стабильности определим показатель

точности, равный отношению разности нормы и смещения центра распределения контролируемого параметра относительно середины нормы к размаху распределения

$$K_{\text{ТТ}} = \frac{|T - \bar{X}|}{Z \cdot \sigma_{\text{T}}}, \quad (4)$$

где \bar{X} – центр распределения тиража; Z – квантиль вероятности, равный 1,96 при доверительной вероятности 95 %; σ_{T} – среднеквадратичная ошибка.

Результаты расслоенного эксперимента сведем в табл. 3.

Анализ результатов можно прокомментировать так: показатель точности тиража по всем видам профессиональных задач $K_{\text{ТТ}} > 1$, значит, результаты анкетирования точны и потенциально стабильны для всех предприятий, участвующих в анкетировании, а показатель точности ответов по предприятиям $K_{\text{ПП}} < 1$, следовательно, разброс ответов анкетируемых слишком велик. Это объясняется тем, что анкети-

Таблица 2

Относительные значения дисперсий

Вид профессиональных задач	Относительные значения дисперсий, %		
	$\frac{\sigma_{\text{н.п.}}^2}{\sigma_{\text{T}}^2} \cdot 100 \%$	$\frac{\sigma_{\text{с.п.}}^2}{\sigma_{\text{T}}^2} \cdot 100 \%$	$\frac{\sigma_{\text{с.л.}}^2}{\sigma_{\text{T}}^2} \cdot 100 \%$
Производственно-технологические	80,85	17,45	1,70
Организационно-управленческие	75,06	17,37	7,57
Проектно-конструкторские	72,73	13,02	14,25
Научно-исследовательские	84,41	9,77	5,82

Таблица 3

Результаты расслоенного эксперимента для всех типов профессиональных задач

Вид профессиональных задач	Дисперсия тиража σ_{T}^2	Отношение частных дисперсий к дисперсии тиража, %		Показатель точности	
		Между группами предприятий $\sigma_{\text{СП}}^2$	Между анкетируемыми внутри группы $\sigma_{\text{СА}}^2$	Тиража $K_{\text{ТТ}}$	Предприятий $K_{\text{ПП}}$
Производственно-технологические	0,47	1,70	17,45	1,43	0,75
Организационно-управленческие	0,449	7,57	17,37	1,53	0,37
Проектно-конструкторские	0,484	14,25	13,02	1,58	0,29
Научно-исследовательские	0,481	6,07	8,68	2,41	0,47

руемые по предприятию являются специалистами различных функциональных подразделений и профессиональные задачи каждого из них характеризуются совершенно разными уровнями сложности.

каждом уровне подготовки, учитывая при этом не только текущие, но и перспективные запросы промышленного сектора.

Заключение

Для эффективного управления региональной системой непрерывного образования в рамках компетентностного подхода подобранные уровни креативности решения инженерных задач позволяют оптимизировать и прогнозировать качественный результат профессионального обучения на

Цитированная литература

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование». Утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12.10.2015, № 1170.

2. Долгов Ю.А. Статистическое моделирование: учебник для вузов. – Тирасполь: Полиграфист, 2011.

УДК 004.9:377.1

ЕДИНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Л.А. Тягульская, Е.С. Гарбузняк, Е.А. Гарбузняк

Рассмотрена необходимость внедрения единой информационной системы в образовательные учреждения, а также изложены возможности единой информационной системы Государственного образовательного учреждения среднего профессионального образования «Рыбницкий политехнический техникум», реализованной в виде веб-приложения.

Ключевые слова: единая информационная система, повышение качества образовательного процесса, веб-приложение для образовательного учреждения, модуль приемной комиссии, модуль учебной части.

UNIFIED INFORMATION SYSTEM AS AN INSTRUMENT FOR IMPROVEMENT OF THE EDUCATIONAL PROCESS QUALITY

L.A. Tiagulskaya, E.S. Garbuznyak, Eu.A. Garbuznyak

The article examines the necessity of the unified information system introduction in educational institutions, and it describes the possibilities of the unified information system of the state educational institution of secondary vocational education "Rybnitsky Polytechnic College", implemented as a web application.

Keywords: the unified information system, improvement of the educational process quality, the web application for the educational institution, module of the admission committee, module of the academic part.

В последнее десятилетие в условиях развития высоких технологий, и в частности информационных, актуальным является вопрос оптимизации ресурсов предприятия или учреждения любого уровня. Использование полнофункциональной единой информационной системы может дать предприятию огромные преимущества в организации эффективного управления (планирование, учет, контроль, анализ основных бизнес-процессов), в увеличении скорости реакции на изменения внешней среды, в повышении качества основных бизнес-процессов.

Существует несколько видов автоматизированных систем управления. Среди них – *Enterprise Resource Planning* (планирование ресурсов предприятия, *ERP*). Системы класса *ERP* – это комплекс интегрированных приложений, позволяющих создать единую среду для автоматизации планирования, учета, контроля и анализа всех основных бизнес-процессов предприятия. *ERP*-системы включают в себя набор подсистем, связанных с деятельностью предприятия: финансы, снабжение и сбыт, хранение, производство и т. д. Они достаточно гибки и легко настраиваемы, их можно устанавливать частями – модулями, оставляя на будущее автоматизацию других функций [1].

Образовательные учреждения нуждаются в таких системах не меньше, чем крупные производственные предприятия. Однако для них наибольшее значение имеет организация эффективной работы администрации и преподавателей, а также повышение качества образовательного процесса, что, в первую очередь, подразумевает автоматизацию:

- учета, хранения, обработки и анализа информации об основных движениях контингента обучающихся (поступление, обучение, выпуск и трудоустройство выпускников);

- расчета и распределения нагрузки преподавателей и мастеров производственного обучения (для учреждений начального и среднего профессионального образования);

- деятельности учебно-методических отделов;

- формирования отчетности.

Примером реализации такой единой информационной системы в образовательном учреждении является веб-приложение, разработанное для решения функциональных задач приемной комиссии и учебной части Государственного образовательного учреждения среднего профессионального образования «Рыбницкий политехнический техникум». Создание указанной системы представляется крайне актуальной разработкой, так как она существенно увеличивает производительность труда, уменьшая количество времени, затрачиваемого на сбор, обработку, хранение данных об основных движениях контингента обучающихся техникума и подготовку соответствующей отчетной документации.

В ходе обзора имеющихся методов решения функциональных задач приемной комиссии и учебной части образовательного учреждения были выделены следующие программные продукты:

- информационная система «Приемная комиссия» [2];

- программа «База данных. Приемная комиссия вуза» [3];

- «Учет абитуриентов в приемной комиссии вуза» [4];

- «БИТ. Вуз. Приемная комиссия» [5];

- «1С: Колледж» [6];

- «1С: Университет» [7];

- «БИТ. Учебная часть» [8].

Указанные программные продукты пользуются успехом благодаря разработкам по стандартам Российской Федерации и стран СНГ. Несмотря на множество возможностей, данные продукты не могут использоваться большинством образователь-

ных организаций в связи со следующими существенными причинами:

1) отсутствует достаточное финансирование для покупки лицензий, внедрения и регулярной поддержки специалистами;

2) данные продукты являются универсальными, но не всегда учитывают необходимость решения специфических задач конкретного учебного заведения;

3) большинство из этих продуктов предъявляют высокие требования к конфигурации компьютеров и другого оборудования.

Таким образом, было принято решение разработать собственный программный продукт. Возможно, по стоимости он сопоставим с продуктами на базе «1С: Предприятие» или даже превышает их. Однако он максимально соответствует требованиям руководства и пользователей подобных систем благодаря адаптации под конкретное учебное заведение.

Единая информационная система Рыбницкого политехнического техникума представляет собой веб-приложение, созданное на базе PHP-фреймворка Yii2. Для того чтобы начать работу с системой, необходимо открыть веб-приложение в любом из браузеров, пройдя по ссылке, которая доступна только для сотрудников техникума. После этого пользователю предлагается авторизоваться. Процесс авторизации обязателен, иначе пользователь не сможет произвести никаких действий. Пользователи создаются администратором системы, поэтому самостоятельная регистрация невозможна.

Доступ к функционалу веб-приложения осуществляется на основании заранее выданного логина и пароля. Каждый пользователь принадлежит к определенной группе. У каждой группы (администраторы, администрация, секретари приемной комиссии, секретари учебной части) есть разделение по доступу к функционалу веб-приложения. После авторизации пользователь переходит на страницу, где ему

будут доступны функции, соответствующие только его группе. Внешний вид приложения в случае, если доступен полный набор функций веб-приложения, представлен на рисунке.

Основными разделами системы являются:

1. Управление пользователями системы и их правами (доступно только для администратора).

2. Модуль приемной комиссии (доступно для администрации и секретарей приемной комиссии).

3. Модуль учебной части (доступно для администрации и секретаря учебной части).

4. Документация: архив приказов, создание новых документов (доступно для администрации и секретаря учебной части).

5. Общие данные: уровни образования, перечень и характеристика профессий и специальностей, типы документов (доступно для администрации).

Модуль приемной комиссии предназначен для решения следующих функциональных задач:

– добавление, изменение, просмотр и поиск информации об абитуриентах;

– формирование отчетной документации по результатам работы приемной комиссии (расписка, форма заявления, журнал, опись документов).

Основная часть модуля приемной комиссии состоит из главной формы для ввода анкетных данных абитуриента. Она позволяет ввести максимальное количество известных данных об абитуриенте и включает в себя семь вкладок: общая информация, личная информация, работа, документы, родители, адрес, образование.

В приложении реализована выгрузка данных в различные форматы (*html*, *pdf*, *text*, *csv*, *excel*) с возможностью выбора атрибутов выгрузки с целью последующего доступа к этим данным из других при-

Пользователи	▼
» Пользователи	
» Роли	
Приемная комиссия	▼
» Абитуриенты	
» Отчеты	
Учебная часть	▼
» Обучающиеся	
» Группы	
Документация	▼
» Новый приказ	
» Архив приказов	
» Новая справка	
Общие данные	▼
» Уровни образования	
» Профессии/Специальности	
» Типы документов	
Логи	

Здравствуйте,

Теперь вы можете выбрать действие в левом меню или перейти к нужному списку, нажав на одну из кнопок ниже

[Абитуриенты](#)
[Обучающиеся](#)
[Группы](#)

Единая информационная система ГОУ СПО «Рыбницкий политехнический техникум»

ложений для дальнейшей обработки, анализа и иных видов операций.

Модуль учебной части используется для поиска информации и управления данными об обучающихся техникума, а также об учебных группах обучающихся.

Модуль учебной части позволяет:

1. Выполнять операции движения контингента обучающихся:

- зачисление обучающихся на первый курс;
- перевод обучающихся на следующий курс;
- отчисление выпускников;
- предоставление академического отпуска;
- восстановление;
- отчисление обучающихся.

2. Формировать приказы по результатам выполнения операций движения контингента обучающихся с выгрузкой в формат *docx*.

3. Формировать справки с места учебы с выгрузкой в формат *docx*.

Следует отметить, что вся формируемая отчетная документация соответствует унифицированным формам Министерства просвещения ПМР и учреждения.

В программном продукте реализованы средства контроля за действиями пользователя. Например, движение контингента выполняется в следующем порядке:

- 1) отчисление выпускников;
- 2) перевод обучающихся на следующий курс;
- 3) зачисление обучающихся на первый курс.

При нарушении этого порядка пользователю выводятся предупреждения с информацией о том, что требуется выполнить для продолжения этой операции.

Программа позволяет выполнять следующие индивидуальные операции:

- предоставление академического отпуска;
- восстановление;
- отчисление.

Академический отпуск можно предоставить обучающемуся со статусом «Обучается». Восстановление возможно выполнить в отношении обучающихся со статусами «В академическом отпуске» и «Отчислен». Отчислить можно обучающихся со статусами «Обучается» и «В академическом отпуске».

Также для контроля за действиями пользователей системы реализован механизм ведения записей об изменении основных объектов системы (обучающихся, учебных групп, абитуриентов, пользователей системы).

Кроме выполнения функциональных задач секретарям приемной комиссии и учебной части техникума в единой информационной системе доступны следующие важные функции:

- загрузка электронных копий документов абитуриентов и обучающихся (свидетельства о рождении, паспорта, аттестата и др.);
- хранение проведенных приказов (наличие архива приказов).

Анализ результатов внедрения разработанной единой информационной системы позволил сделать вывод о том, что она располагает достаточным функционалом для решения задач приемной комиссии и учебной части учреждения среднего профессионального образования, существенно упрощает сбор, обработку и хранение

данных, увеличивает скорость выдачи различных видов отчетной документации, а следовательно, повышает эффективность работы сотрудников с абитуриентами и обучающимися техникума.

Структура веб-приложения позволяет развивать единую информационную систему Рыбницкого политехнического техникума, в частности можно разработать модули для решения функциональных задач других подразделений учебного заведения. Реализация и внедрение в веб-приложение таких возможностей, как учет успеваемости и посещаемости обучающихся, анализ учебных планов и расписания учебных занятий, дистанционное обучение и др., будет способствовать повышению не только эффективности работы администрации и преподавателей техникума, но и качества образовательного процесса.

Цитированная литература

1. О'Лири Д. ERP-системы: выбор, внедрение, эксплуатация. Современное планирование и управление ресурсами предприятия. – М.: Вершина, 2004. – 272 с.
2. Информационная система «Приемная комиссия» // <http://www.mmis.ru>
3. Программа «База данных. Приемная комиссия в вузе» // <http://www.kursovnik.com/programming>
4. Программа «Учет абитуриентов в приемной комиссии в вузе» // <http://kursovnik.in.ua>
5. Программа «БИТ. Вуз. Приемная комиссия» // <http://pulsar.ru>
6. 1С: Колледж // http://www.1c-college.ru/1c_college/benefits.php
7. 1С: Университет // <http://www.pulsar.ru/programs/93/704>
8. БИТ: Учебная часть // <http://www.1cbit.ru/1csoft/bit-uchebnaya-chast/#/description>

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ Q -КРИТЕРИЯ ДИКСОНА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Д.С. Соколов, В.С. Попukaiло

Анализируются подходы для расчета параметра Q -критерия Диксона в зависимости от объема экспериментально полученных данных. Показывается, что для обнаружения одного выброса в малых выборках с целью упрощения процедуры статистического анализа возможно использование критерия Q_{10} вне зависимости от объема исследуемых данных.

Ключевые слова: *малая выборка, выбросы, математическая статистика, критерий Диксона, математическое моделирование.*

FEATURES OF Q -DIXON CRITERION APPLICATION FOR DETECTING OF SURGE IN EXPERIMENTAL DATA

D.S. Sokolov, V.S. Popukailo

The article analyzes the existing approaches for calculating of the Q -Dixon criterion parameter depending on the volume of the experimentally obtained data. It is shown, that for the detection of one surge in small samples, it is possible to use the criterion Q_{10} to simplify the procedure of statistical analysis, regardless of the studied data size.

Keywords: *small sample, surges, mathematical statistics, Dixon criterion, mathematical modeling.*

В любой области научного познания человека проводится эксперимент, подразумевающий осуществление измерений, прямых или косвенных, разного рода физических параметров, с последующей обработкой этих данных с помощью математического аппарата. Несмотря на совершенство современных измерительных средств и обеспечение наилучших условий для измерений, в каждом наборе данных может присутствовать аномальное измерение, погрешность, грубый промах. В математической статистике такие значения называются выбросами и определяются как величины, резко отличающиеся по своим статистическим свойствам от основной группы экспериментальных данных [1]. Обнаружение этих реализаций случайного процесса является важной задачей предобработки данных, особенно в условиях малой выборки, так как наличие даже одного аномального измерения

может внести большие погрешности в результаты оценивания параметров распределений, что приведет к ложным выводам и неправильной трактовке результатов эксперимента.

Исходя из работы [2] можно заключить, что критерий Диксона является одним из наиболее оптимальных методов обнаружения выбросов в условиях малой выборки ввиду его высокой мощности и вычислительной простоты.

Как известно, критерий Диксона следует применять к выборке объемом $3 < n < 25$, распределенной по нормальному закону [3, 4].

Методика обнаружения выброса сводится к расчету параметра Q для максимального элемента выборки и сравнению его с табличным значением Q_{tab} для заданного уровня значимости [3]. В случае, когда $Q_{exp} > Q_{tab}$, значение признается грубым промахом и исключается из дальнейшего

рассмотрения либо, если это невозможно, заменяется на значение, наиболее точно описывающее характеристики исследуемых данных, например среднее арифметическое.

В зависимости от объема выборки выделяются следующие методики расчета Q_{exp} [3]:

– $Q_{10} = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1}$, применяется для проверки одного сомнительного наблюдения, рекомендуется использование при объеме выборки $3 < n < 7$;

– $Q_{11} = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_2}$, применяется для проверки одного сомнительного наблюдения независимо от противоположного крайнего наблюдения, используется при объеме выборки $8 < n < 10$;

– $Q_{12} = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_3}$, применяется для проверки одного сомнительного наблюдения независимо от двух противоположных крайних наблюдений;

– $Q_{20} = \frac{x_n - x_{n-2}}{x_n - x_1}$, применяется для проверки одного сомнительного наблюдения независимо от следующего по величине наблюдения;

– $Q_{21} = \frac{x_n - x_{n-2}}{x_n - x_2}$, применяется для проверки одного сомнительного наблюдения независимо от следующего по величине наблюдения и крайнего противоположного, используется при объеме выборки $11 < n < 13$;

– $Q_{22} = \frac{x_n - x_{n-2}}{x_n - x_3}$, рекомендуется для применения при проверке одного сомнительного наблюдения независимо от следующего по величине наблюдения, а также от двух крайних противоположных, используется при объеме выборки $14 < n < 25$.

Как показало исследование [2], если строго следовать данным рекомендациям,

то мощность критерия Диксона перестает возрастать, когда объем выборки составляет более 10 реализаций. В связи с этим целесообразно проверить указанные рекомендации и изучить мощность различных вариаций критерия Диксона в зависимости от объема выборки. Для решения задачи был проведен статистический эксперимент, в ходе которого анализировались мощности разных типов критерия Диксона:

1. Для каждого из исследуемых значений n ($5 \leq n \leq 20$) с помощью генератора случайных чисел получили массивы данных, содержащие тысячи выборок с нормальным законом распределения и заданными его характеристиками: генеральным средним $\bar{x} = 10$ и среднеквадратическим отклонением $\sigma = 1$.

2. Выборки распределили по возрастанию.

3. На место максимального элемента в каждой выборке поочередно искусственно поместили значения различной величины, которые варьировались от 1 до 5 заранее известных генеральных среднеквадратических отклонений.

4. Для каждого из максимальных значений в выборках различных объемов по указанным формулам рассчитали коэффициенты критерия Диксона.

5. Полученные результаты занесли в таблицы, которые позволили рассчитать процент обнаруженных выбросов для каждого из критериев при заданном объеме выборки и величине отклонения исследуемого значения от генерального среднеквадратического отклонения.

6. Выполнили анализ и интерпретацию результатов, а также построили графики зависимости точности определения выброса от его величины.

Как известно из теории математической статистики, все реализации случайной величины, распределенной по нормальному закону, лежат в интервале $[M - 3\sigma; M + 3\sigma]$ с вероятностью 99,73 %,

где M – математическое ожидание, а σ – генеральное среднеквадратическое отклонение. При этом в интервале $[M - 2\sigma; M + 2\sigma]$ находится более 95 % значений, а в интервале $[M - 1\sigma; M + 1\sigma]$ – более 68 %. Таким образом, значения выше $M + 3\sigma$ с большой вероятностью окажутся выбросами, в то время как значения менее $M + 2\sigma$ таковыми являться не будут. Однако выбросы могут быть и частью распределения. Так, из диапазона $[M - 3\sigma; M + 3\sigma]$ будут выходить около 0,27 % измерений.

Результаты проведенного статистического эксперимента позволяют сделать

вывод о возможности использования критерия Диксона Q_{10} при любом $n \leq 20$. Рассмотрим выдвинутое утверждение на конкретных примерах. На рис. 1 по оси абсцисс располагаются значения среднеквадратического отклонения, а по оси ординат – процент обнаруженных выбросов для $n = 7$. Как видно из графика, критерий Q_{10} обладает самой высокой мощностью при обнаружении выбросов, что соответствует рекомендациям, изложенным в [3].

На рис. 2 изображены графики, полученные для $n = 9$. Мощность рекомендо-

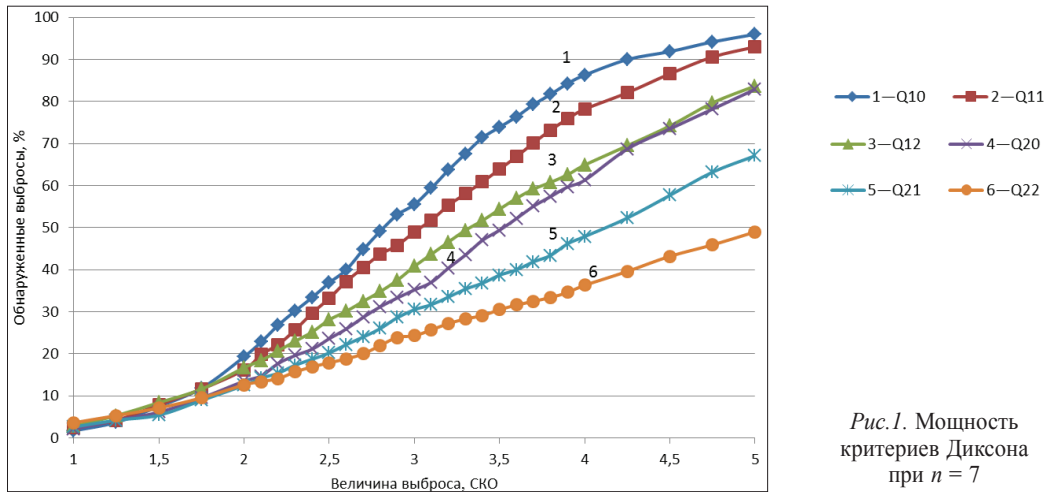


Рис. 1. Мощность критериев Диксона при $n = 7$

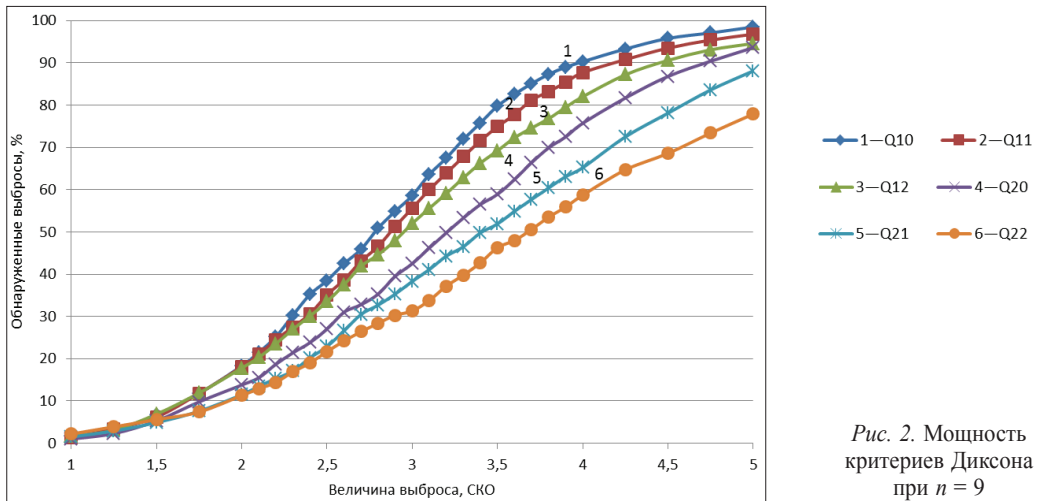


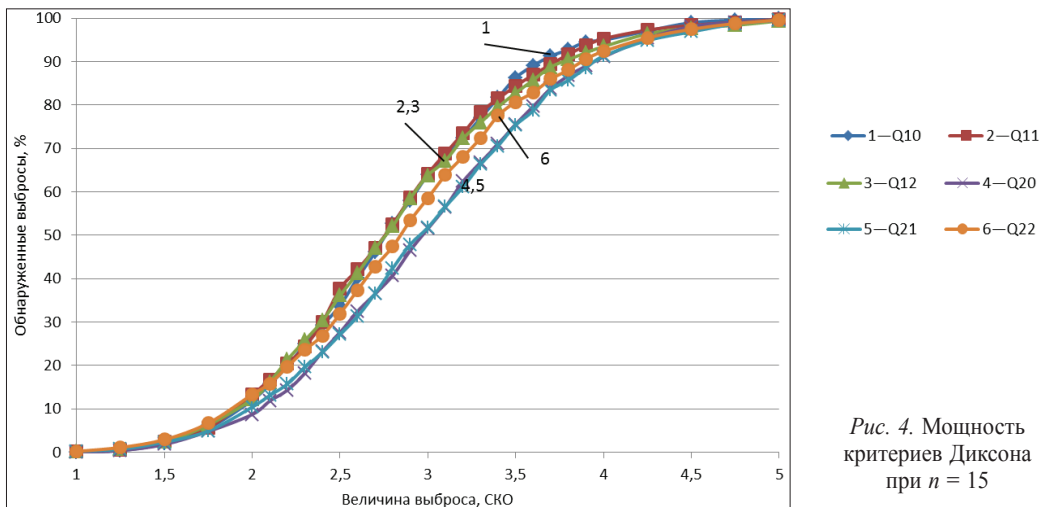
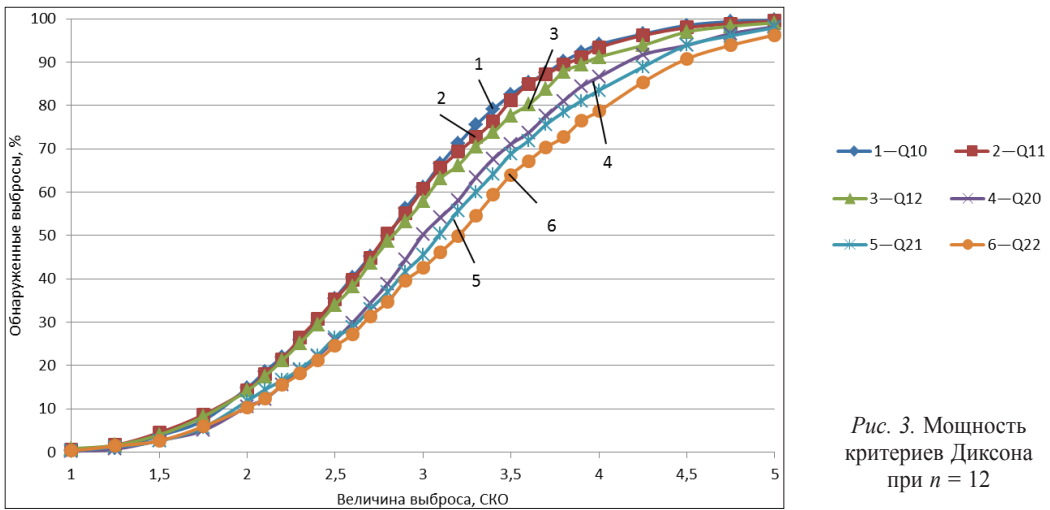
Рис. 2. Мощность критериев Диксона при $n = 9$

ванного критерия Q_{11} немногим ниже, чем Q_{10} . Следует отметить, что при величине исследуемого значения менее 2σ вероятность ошибок I типа (ложное определение выброса) между рассматриваемыми критериями является статистически неразличимой.

Критерий Q_{21} , рекомендуемый для объема выборки $n = 12$ (рис. 3), при анализе исследуемого значения на уровне 2σ допускает ошибку I типа в 11,8 % случаев, в отличие от критерия Q_{10} , который, в свою

очередь, допускает ошибку I типа в 14,8 % случаев. Таким образом, разница между вероятностью данных ошибок находится на уровне статистической погрешности. При анализе значений на уровне более 3σ критерий Q_{10} показывает большую мощность по сравнению с рекомендуемым критерием Q_{21} .

При объеме выборки $n = 15$ (рис. 4) наблюдается выравнивание показателей вероятности обнаружения выброса для критериев Q_{10} , Q_{11} , Q_{12} . Рекомендуемый



критерий Q_{22} немного уступает перечисленным в случае, если выброс превышает уровень $2,5\sigma$.

Вышеизложенные выводы справедливы для всех рассматриваемых объемов выборок $n \leq 20$, что является верхней границей данных малого объема [5], для анализа которых используются критерии Диксона.

При дальнейшем увеличении объема выборки мощность критериев Диксона различается незначительно – на уровне статистической погрешности, что позволяет использовать любой из рассмотренных критериев.

Выводы

Проведенный статистический эксперимент показал, что определение выбросов с помощью критериев Диксона с практической точки зрения можно свести к расчету только одного критерия Q_{10} , который, в свою очередь, позволит проверить гипотезу об аномальном измерении с достаточной точностью при любых объемах выборки $5 < n \leq 20$. Использование других типов критериев Диксона не ведет к увеличению достоверности определения

ошибочного измерения, и их применение нецелесообразно.

Цитированная литература

1. **Марчук В.И., Токарева С.В.** Способы обнаружения аномальных значений при анализе нестационарных случайных процессов. – Шахты: ЮРГУЭС, 2009. – 152 с.

2. **Попукайло В.С.** Обнаружение аномальных измерений при обработке данных малого объема // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2016. – № 4–5. – С. 42–46.

3. **Кобзарь А.И.** Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – 2-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 816 с.

4. **Rorabacher D.B.** Statistical Treatment for Rejection of Deviant Values: Critical Values of Dixon's "Q" Parameter and Related Sub-range Ratios at the 95% Confidence Level // Analytical Chemistry. – 1991. – № 63(2). – P. 139–146.

5. **Столяренко Ю.А.** Контроль кристаллов интегральных схем на основе статистического моделирования методом точечных распределений: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: СПУРТ, 2006.

УДК 519.25, 620.9

РАСЧЕТ ЗНАЧЕНИЙ ИНДИКАТОРОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИДНЕСТРОВЬЯ

Г.С. Федорченко

Рассмотрен пример расчета индикаторов, характеризующих энергетическую безопасность Приднестровья. При этом использована обобщенная функция полезности Харрингтона–Менчера.

Ключевые слова: функция полезности, индикаторный метод, энергобезопасность.

CALCULATION OF INDICATOR VALUES CHARACTERIZING ENERGETIC SECURITY OF TRANSNISTRIA

G.S. Fedorchenko

Example of calculation of the indicators, characterizing the energy security of Transnistria was done in this article. It is used the generalized utility function Harrington Mencher for this purpose.

Keywords: *generalized utility function, galaxy correlation, a display method, energy security.*

Введение

Ранее нами был предложен метод построения интегрального показателя энергобезопасности региона с использованием функции полезности Харрингтона–Менчера [1–3]. В данной статье более подробно рассмотрено применение этого метода на примере обработки индикаторов, характеризующих энергетическую безопасность Приднестровья.

В соответствии с нашей методикой предварительно необходимо преобразовать значения индикаторов в значения безразмерной функции полезности d_p , которые будем называть частными показателями полезности.

Как известно [2, с. 292], для подобного рода преобразования по выбору исследователя используется одна из шести кривых.

Первые три кривые используются, если по мере возрастания числовых значений индикатора уровень полезности увеличивается (рис. 1).

Следующие три кривые [3] используются, если по мере возрастания числовых значений индикатора уровень полезности уменьшается (рис. 2).

Для расчета формулы, используемой для вычисления функции полезности, необходимо задать одну точку $(Y^*; d^*)$ на искомом графике, где * обозначен номер графика, выбираемого исследователем.

Для всех типов кривых [2, с. 293] нужно знать величины начала и конца допустимого значения индикатора Y .

В ряде случаев преобразование значения индикатора в величину функции полезности может быть выполнено с использованием кривых двух типов, определенных для различных интервалов значений индикатора [2, с. 295].

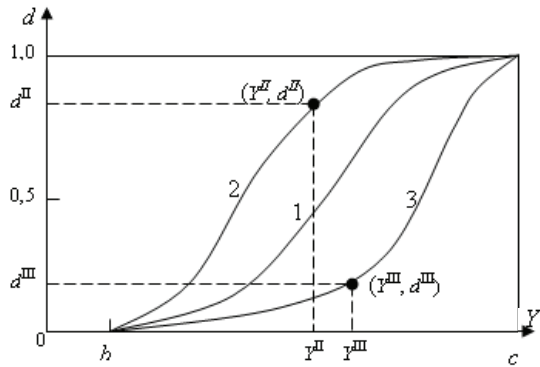


Рис. 1. Графики функций полезности трех возрастающих типов

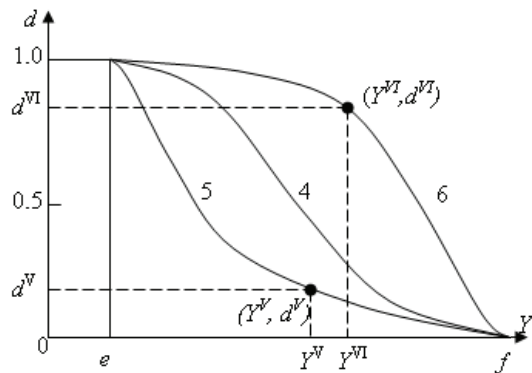


Рис. 2. Графики функций полезности трех убывающих типов

Пересчет значений индикаторов в значения функции полезности

При оценке величины энергетической безопасности Приднестровья были использованы 16 индикаторов. Границы кризисности заимствованы (с некоторыми

изменениями) из работы [4]. Рассмотрим, каким образом величина каждого индикатора пересчитана в значение соответствующей функции полезности. Формулы, использованные нами для перехода от значений индикаторов к величине функции полезности, приведены в таблице.

Формулы для перехода от значений индикаторов к величине функции полезности

Индикатор z_j	Тип кривой i	Формула для d_j	Y^* , %	Границы значений индикатора, %	
				Нижняя	Верхняя
z_1	III	$d_1 = 1 - \exp\left\{-\exp\left[-\left[9\left(\frac{100-Y}{100}\right)^{0,732} - 2\right]\right]\right\}$	80	0	100
z_2	III	$d_2 = 1 - \exp\left\{-\exp\left[-\left[9\left(\frac{100-Y}{100}\right)^{1,285} - 2\right]\right]\right\}$	60	0	100
z_3	III	$d_3 = 1 - \exp\left\{-\exp\left[-\left[9\left(\frac{100-Y}{100}\right)^{1,475} - 2\right]\right]\right\}$	55	0	100
z_4	III	$d_4 = 1 - \exp\left\{-\exp\left[-\left[9\left(\frac{100-Y}{100}\right)^{1,285} - 2\right]\right]\right\}$	60	0	100
z_5	II	$d_5 = \exp\left\{-\exp\left[-\left[9\left(\frac{Y}{100}\right)^{2,166} - 2\right]\right]\right\}$	15	0	100
z_6	II	$d_6 = \exp\left\{-\exp\left[-\left[9\left(\frac{Y}{100}\right)^{0,791} - 2\right]\right]\right\}$	15	0	100
z_7	II	$d_7 = \exp\left\{-\exp\left[-\left[9\left(\frac{Y}{100}\right)^{0,565} - 2\right]\right]\right\}$	7	0	100
z_8	VI	$d_8 = \exp\left\{-\exp\left[-\left[9\left(\frac{100-Y}{100-0}\right)^{0,565} - 2\right]\right]\right\}$	50	0	100
z_9	VI	$d_9 = \exp\left\{-\exp\left[-\left[9\left(\frac{100-Y}{100}\right)^{4,09} - 2\right]\right]\right\}$	25	0	100
z_{10}	VI	$d_{10} = \exp\left\{-\exp\left[-\left[9\left(\frac{200-Y}{200}\right)^{0,850} - 2\right]\right]\right\}$	150	0	200

Окончание таблицы

Индикатор z_j	Тип кривой i	Формула для d_j	Y^* , %	Границы значений индикатора, %	
				Нижняя	Верхняя
z_{11}	II	$d_{11,1} = 1 - \exp\left\{-\exp\left\{-\left[9\left(\frac{Y}{100}\right)^{2,930} - 2\right]\right\}\right\}$	30	0	100
	VI	$d_{11,2} = \exp\left\{-\exp\left\{-\left[9\left(\frac{200-Y}{200-100}\right)^{2,165} - 2\right]\right\}\right\}$	150	100	200
z_{12}	VI	$d_{12} = \exp\left\{-\exp\left\{-\left[9\left(\frac{100-Y}{100}\right)^{1,290} - 2\right]\right\}\right\}$	60	0	100
z_{13}	V	$d_{13} = \exp\left\{-\exp\left\{-\left[9\left(\frac{100-Y}{100}\right)^{0,978} - 2\right]\right\}\right\}$	30	0	100
z_{14}	VI	$d_{14} = \exp\left\{-\exp\left\{-\left[9\left(\frac{2,5-Y}{2,5}\right)^{1,180} - 2\right]\right\}\right\}$	1,8 кг/долл.	0 кг/долл.	2,5 кг/долл.
z_{15}	VI	$d_{15} = \exp\left\{-\exp\left\{-\left[9\left(\frac{100-Y}{100}\right)^{1,700} - 2\right]\right\}\right\}$	50	0	100
z_{16}	II	$d_{16} = 1 - \exp\left\{-\exp\left\{-\left[9\left(\frac{Y}{100}\right)^{2,170} - 2\right]\right\}\right\}$	50	0	100

Индикатор z_1 «Потребление топлива на душу населения в год» вычисляется как отношение количества потребленного вида топлива к общей численности населения, измеряется в тоннах условного топлива на человека в год. Полученное значение индикатора делится на значение индикатора за год, выбранное базовым, и переводится в проценты.

Зададим точку ($Y^* = 80\%$; $d^* = 0,37$). Выбор этой точки обусловлен тем, что $d = 0,37$ является границей между значениями функции желательности «плохо» и «удовлетворительно», а в работе [4] значение индикатора z_1 , равное 80 %, указано как граница между предкризисным и кризисным состояниями. В дальнейшем будем задавать точки на кривой для $d^* = 0,37$.

Индикатор z_2 «Доля доминирующего топлива в суммарном количестве топлива» вычисляется как отношение использованного топлива, потребленного в наибольшем количестве (в тоннах условного топлива), к общему количеству потребленного топлива (в тоннах условного топлива), измеряется в относительных единицах, затем переводится в проценты.

Индикатор z_3 «Выработка электроэнергии на душу населения» рассчитывается как отношение выработанной электроэнергии за год к численности населения, измеряется в тыс. кВт · час на человека в год. Полученное значение индикатора делится на значение индикатора за год, выбранное базовым, и переводится в проценты.

Индикатор z_4 «Выработка теплоэнергии на душу населения» вычисляется как отношение выработанного тепла к численности населения, измеряется в Гкал на человека в год. Полученное значение индикатора делится на значение индикатора за год, выбранное базовым, и переводится в проценты.

Индикатор z_5 «Доля собственных источников в покрытии баланса» вычисляется как отношение выработанной электроэнергии к потребленной электроэнергии в год, измеряется в относительных единицах, затем переводится в проценты.

Индикатор z_6 «Доля ГЭС в общей установленной мощности» вычисляется как отношение установленной мощности ГЭС к общей установленной мощности, измеряется в процентах. Поскольку мы рассматриваем энергобезопасность конкретного региона, то при вычислении этого индикатора будем находить отношение установленной мощности ГЭС к максимальной потребляемой мощности региона.

Индикатор z_7 «Доля блок-станций в общей установленной мощности» вычисляется как отношение суммарной установленной мощности блок-станций к общей установленной мощности региона, измеряется в процентах.

Учтем особенности Приднестровья, а именно то, что регион является энергоизбыточным, т. е. установленная мощность электростанций значительно превышает потребляемую мощность республики. Поэтому при вычислении индикатора будем находить отношение установленной мощности блок-станций к максимальной потребляемой мощности региона.

Индикатор z_8 «Доля мощности наиболее крупной электростанции в общей установленной мощности» вычисляется как отношение установленной мощности наиболее крупной станции к общей уста-

новленной мощности в регионе, измеряется в процентах.

Индикатор z_9 «Уровень износа подстанций» вычисляется как соотношение количества подстанций со сроком службы более 28 лет и общего количества подстанций, измеряется в процентах.

Индикатор z_{10} «Выбросы диоксида углерода» измеряется в тыс. тонн. Поделим полученное значение на $Y_{\text{базовое}}$ и переведем результат в %. В нашем случае в качестве базового взяли среднее значение индикатора за 2008–2012 гг.

Индикатор z_{11} «Потребление электроэнергии на душу населения» вычисляется как отношение потребленной электроэнергии к численности населения, измеряется в кВт · час на человека в год. Будем рассматривать значения индикатора относительно базового значения в процентах. При этом интервал значений индикатора 0–100 % будем описывать кривой второго типа ($d_{11,1}$), а интервал значений 100–200 % будем описывать кривой шестого типа ($d_{11,2}$).

Индикатор z_{12} «Потребление централизованной теплоэнергии на душу населения» вычисляется как отношение суммарной потребленной теплоэнергии к численности населения, измеряется в Гкал на человека в год.

Индикатор z_{13} «Соотношение стоимости энергоресурсов и среднедушевого дохода» вычисляется как отношение стоимости энергоресурсов, затраченных на выработку электро- и теплоэнергии, к среднедушевому доходу, измеряется в процентах.

Индикатор z_{14} «Энергоемкость ВВП» вычисляется как отношение затраченной энергии к ВВП ПМР, измеряется в кг усл. топлива на долл. США. Поделим полученное значение на среднее по странам СНГ.

Индикатор z_{15} «Электроемкость ВВП» вычисляется как отношение затраченной

электроэнергии к ВВП ПМР, измеряется в кВт · час на долл. США. Полученное значение делим на среднее по СНГ и умножаем на 100 %.

Индикатор z_{16} «Инвестиции в энергетику» измеряется в млн долл. США. Значение индикатора делим на $Y_{\text{базовое}} = 10$ млн долл. США и переводим в проценты.

Заключение

В представленной статье рассмотрено использование функции полезности для анализа значений индикаторов, характеризующих энергетическую безопасность Приднестровья.

В алгоритм вычисления ряда индикаторов внесены изменения, учитывающие особенности Приднестровья.

Проведенная работа позволяет в дальнейшем перейти к вычислению интеграль-

ного показателя энергетической безопасности.

Цитированная литература

1. **Федорченко С.Г., Федорченко Г.С.** Интегральная мера оценки состояния энергетической безопасности // Проблемы региональной энергетики. – 2014. – № 1(24).

2. **Долгов Ю.А.** Статистическое моделирование: учебник для вузов. – 2-е изд., доп. – Тирасполь, 2011. – 352 с.

3. **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.

4. **Быкова Е.В., Михайлович А.А., Постолатий В.М. и др.** Методические подходы к решению проблемы энергетической безопасности Молдовы и Беларуси. – Кишинев, 2010. – 100 с.

ЭКОНОМИКА. УПРАВЛЕНИЕ

УДК 339.7

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ВАЛЮТНОЙ СИСТЕМЫ

Л.Г. Сенокосова, Д.И. Мошой

Рассматриваются основные этапы развития мировой валютной системы. Исследуются проблемы современной мировой валютной системы, обусловленные доминированием доллара, а также проблемы, связанные с практикой валютных войн и валютными кризисами.

Ключевые слова: *мировая валютная система, доллар, СДР, евро, долларизация экономики, валютные войны, мировые валютные кризисы.*

MAIN PROBLEMS OF FUNCTIONING AND DEVELOPMENT OF WORLD CURRENCY SYSTEM

L.G. Senokosova, D.I. Moshoi

The article considers the main stages of development of world currency system. The problems of a modern world currency system are researched, caused by domination of dollar; also the problems connected with practice of the currency wars and the currency crises.

Keywords: *world currency system, dollar, SDR, euro, dollarization of economy, currency wars, world financial crises.*

Специфика функционирования и устойчивость мировой валютной системы зависят от уровня ее соответствия структуре мирового хозяйства. При изменении данной структуры и соотношения сил на мировой арене происходит замена одной мировой валютной системы на другую [1].

Международная валютная система в процессе своего развития прошла четыре этапа: основной актив, используемый для регулирования платежных балансов; применение золота в качестве мировых денег; режим валютного курса; институциональ-

ная структура валютной системы. Таким образом, можно выделить четыре мировые валютные системы, которые представлены на рис. 1.

Парижская валютная система – первая институционально оформленная мировая валютная система (1867 г.). Она базировалась на золотом стандарте, что означало официальное установление золотого содержания в единице национальной валюты с обязательством центральных банков покупать и реализовывать национальную валюту в обмен на золото.

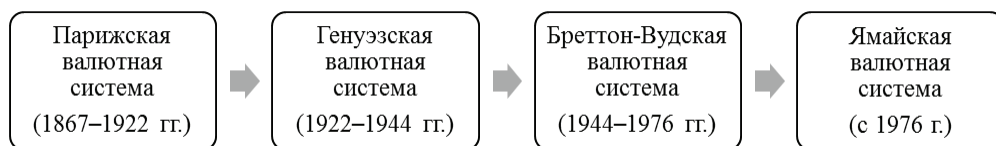


Рис. 1. Эволюция мировой валютной системы

Данная система сложилась в условиях экономического подъема во многих ведущих странах. Ее признание определилось относительно низкими темпами инфляции, небольшими государственными бюджетами и политической устойчивостью в мире.

Однако в начале Первой мировой войны (1914 г.) произошли события, при которых мировая валютная система уже не могла основываться на золотом стандарте. Во-первых, центральные банки воюющих стран приостановили обмен бумажных денег на золото и увеличили их эмиссию для покрытия военных расходов. Во-вторых, изменилось соотношение сил в мире и на роль мирового финансового центра помимо Лондона стали претендовать Нью-Йорк и Париж. В-третьих, резко увеличились объемы мировой торговли товарами и услугами.

Таким образом, из-за валютных потрясений, возникших по окончании Первой мировой войны, был введен золотодевизный стандарт, который основывался на золоте и ведущих валютах, конвертируемых в золото.

Вторая мировая валютная система – Генуэзская была юридически оформлена межгосударственным соглашением, подписанным на Генуэзской экономической конференции в 1922 г. Ее основу составляли следующие принципы:

- установление золотодевизного стандарта (в роли девиза выступала иностранная валюта). Статус резервной валюты не был официально закреплен, но ведущими валютами были доллар США и фунт стерлингов;

- возобновление режима свободного курсообразования; сохранение золотых паритетов валют;

- осуществление валютного регулирования в виде активной валютной политики, международных совещаний, конференций.

В 1922–1928 гг. отмечалась относительная валютная стабильность. Однако это состояние было взорвано финансовым кризисом 30-х гг., в результате которого действующая валютная система стала утрачивать свое значение. Постепенно отменялась внутренняя конвертируемость валют на золото, и исключительно три державы – США, Франция и Великобритания сохранили внешнюю конвертируемость.

Еще одну встряску мировая валютная система ощутила в преддверии Второй мировой войны, во время экономического кризиса 1937 г. Во многих странах произошло многократное обесценение валют. Курс доллара к концу 1938 г. упал на 47 % по сравнению с 1929 г., фунта стерлингов – на 43 %, французского франка – на 60 %, швейцарского франка – на 31 %. Таким образом, валютный курс утратил свою активную значимость в международных экономических отношениях. На это повлияли как валютные ограничения, введенные воюющими и нейтральными сторонами, так и специфика финансирования и кредитования внешней торговли в условиях войны.

Генуэзская валютная система не оправдала себя, и к концу Второй мировой войны наступил ее кризис. Разработ-

ка новой валютной системы проводилась английскими и американскими специалистами, а ее результаты были представлены в виде проекта для обсуждения на валютно-финансовой конференции ООН в Бреттон-Вудсе (США) в 1944 г. По итогам конференции были приняты правила организации мировой торговли, валютных, кредитных и финансовых отношений и образования новой мировой валютной системы.

Третья мировая валютная система – Бреттон-Вудская. Ее основными принципами стали:

- введение золотодевизного стандарта, базирующегося на золоте и двух резервных валютах – долларе и фунте стерлингов;
- утверждение основных форм использования золота;
- установление курсового соотношения валют и их конвертируемости на основе фиксированных валютных паритетов, выраженных в долларах.

Центральные банки должны были проводить валютную интервенцию в долларах для сохранения валютных паритетов. Таким образом, утвердился долларовый стандарт, причем доллар стал базовой валютой международных расчетов, резервных активов, валютной интервенции и, кроме того, основой для определения валютных паритетов.

Функционирование данной системы осуществлялось до тех пор, пока золотые запасы США могли позволить свободный обмен доллара. Как показала практика, это продолжалась недолго и впоследствии наступил крах Бреттон-Вудской системы, возникший из-за изменения соотношения главных сил в мире и падения курса доллара.

Отметим, что Бреттон-Вудская система создавалась для того, чтобы в послевоенный период вывести мировую экономику на другой уровень. Считается, что она справилась с этой задачей, но для дальнейшего развития мировой торговли требовалось больше средств расчета, нежели доллары США, которые обеспечивались наличным золотом.

Таким образом, когда уже стало понятно, что система фиксированных паритетов перестала отвечать интересам многих государств, был создан комитет, включавший представителей 20 стран, позже преобразованный во Временный комитет Совета управляющих МВФ, для исследования основных принципов новой мировой валютной системы.

Четвертая – Ямайская валютная система была оформлена в 1976 г. на Ямайке, где состоялось заседание этого комитета [2]. Ее основные принципы представлены на рис. 2.

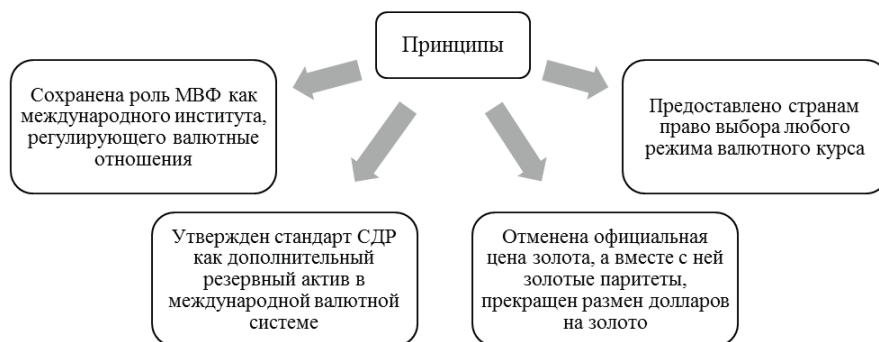


Рис. 2. Принципы Ямайской валютной системы

СДР (специальные права заимствования) – мера международной стоимости, одно из средств международных официальных расчетов. Условная стоимость СДР рассчитывается на базе средневзвешенной стоимости и изменения курса валют, которые входят в валютную корзину: доллара США, евро, юаня, иены, фунта стерлингов.

Удельный вес каждой валюты формируется с учетом доли страны в мировой торговле, кроме доллара США, для которого этот показатель определяется по удельному весу доллара в международных расчетах (табл. 1).

Однако, как показала практика функционирования СДР, с 1976 г. существует ряд проблем, которые связаны с использованием данного прототипа мировых денег. В частности, к проблемам можно отнести эмиссию, сферу использования и распределения СДР. Эмиссия осуществляется на основании решения Исполнительного совета МВФ и распределяется между странами – членами МВФ согласно их квотам.

Еще одним важным шагом на пути к валютной интеграции стало формирование в марте 1979 г. Европейской валютной системы (ЕВС). Она являлась подсистемой мировой валютной системы, но имела ряд существенных особенностей:

1) основывалась на ЭКЮ – европейской валютной единице, курс которой определялся за счет валютной корзины, включавшей валюты 12 стран ЕС;

2) использовала золото в качестве реального резервного актива. В частности, был основан совместный золотой фонд, объединивший 20 % официальных золотых резервов стран ЕВС;

3) предполагала межгосударственное валютное регулирование, которое предусматривало предоставление кредитов центральным банкам для покрытия временного дефицита платежных балансов и расчетов, связанных с валютной интервенцией;

Таблица 1

Вес валют в корзине СДР, % [3]

Валюта	Вес на 1 октября 2016 г.	Предыдущий вес
Доллар США	41,73	41,9
Евро	30,93	37,4
Юань	10,92	0
Иена	8,33	9,4
Фунт стерлингов	8,09	11,3

4) режим валютных курсов основывался на совместном плавании валют в форме «европейской валютной змеи» в обозначенных пределах [4].

Цели и пути образования экономического, валютного и политического союза в Западной Европе и постепенного перехода к единой валюте были определены в Маастрихтском договоре. Создание союза планировалось осуществить в три этапа:

1) 1 июля 1990 г. – 31 декабря 1993 г. – сближение главных макроэкономических показателей состояния национальных экономик; достижение полной либерализации движения капитала в масштабах ЕС; завершение образования единого внутреннего рынка;

2) 1 января 1994 г. – 31 декабря 1998 г. – формирование Европейского валютного института; отбор участников ЕВС; подготовка юридической, административной и институциональной основ валютного союза; начало работы Европейского центрального банка; фиксация курсов национальных валют; начало чеканки монет единой валютной системы;

3) 1 января 1999 г. – 30 июня 2002 г. – внедрение единой европейской валюты в безналичной форме, а затем – в наличной. Замена ЭКЮ на евро в соотношении 1:1. Начало работы Европейской системы центральных банков, в которую входили центральные банки стран ЕС, перешедших на евро, и Европейский центральный банк (ЕЦБ).

Нам удалось выявить преимущества экономического и валютного союза:

- единая валюта – наиболее эффективное средство ликвидации преград на пути свободного перемещения товаров, услуг, капиталов и населения;

- единая валюта может иметь более устойчивый курс по отношению к внешним валютам;

- единая валюта дает возможность сопоставлять цены на товары и услуги в рамках всего валютного союза, защищать физические и юридические лица от непредсказуемых колебаний валютных курсов;

- для населения устраняются обменные курсы между национальными валютами ЕВС, что дает экономию средств и удобство в осуществлении банковских операций;

- на корпоративном уровне единая валюта сокращает потребность в оборотном капитале, так как уменьшаются накладные расходы по обслуживанию операций, страхованию валютных и ценовых рисков.

В целом для экономики ЕС перечисленные преимущества означают формирование устойчивой базы для макроэкономического развития и совершенствования функционирования единого внутреннего рынка Европейского сообщества [2].

Л.Н. Красавина отмечает в своей работе: «В настоящее время принципы мировой валютной системы перестали удовлетворять новым условиям: изменившейся расстановке сил между ведущими мировыми центрами, глобализации экономики, многополярности мира, регионализму и возникновению новых валют, претендующих на роль мировых денег» [5].

По нашему мнению, долларизация экономики – проблема, которая в любой стране способна усложнить проведение независимой валютной и денежно-кредитной политики, так как в структуре де-

нежной массы появляется составляющая, слабо поддающаяся государственному контролю. При этом существенную роль играют иностранные валюты в качестве инструмента сбережений и наблюдается отток национального капитала. Можно сделать вывод, что излишняя зависимость национальной экономики от доллара угрожает экономической безопасности страны.

Основная мощь доллара состоит в том, что все нефтяные контракты в мире осуществляются только в долларах. На наш взгляд, эффективным способом ухода от долларизации мировой экономики может стать перевод больших сырьевых сделок на национальные валюты. Как известно, в данном направлении определенные шаги уже предпринимаются в отношениях между Китаем и РФ, Китаем и Аргентиной.

К серьезнейшей проблеме мировой валютной системы необходимо отнести практику валютных войн. Несмотря на то что ведущие регуляторы говорят о своей склонности к рыночному образованию курсов валют, на деле почти все манипулируют обменными курсами. Валютная война – это действия центральных банков и национальных правительств, направленные на снижение курса национальной валюты с целью защиты своего рынка от импортных товаров и создания условий для увеличения экспорта товаров собственного производства.

Среди проблем важное значение имеют и участвовавшие валютные кризисы. Отмена валютных ограничений в масштабах Ямайской валютной системы вызвала рост международной мобильности капитала, которая и стала на конкретном историческом этапе движущей мощью валютных кризисов [6].

Множество факторов указывают на неминуемое реформирование мировой валютной системы ввиду несостоятельности Ямайской валютной системы в текущих

финансовых условиях. На данном этапе развития заметно стремление большинства стран к дедолларизации собственных экономик, а замедляющийся экономический рост США только направляет их к данному решению, ослабляя позиции доллара как мировой валюты и меняя тем самым мировую финансовую архитектуру. Евро, обладающий наименьшими рисками по сравнению с долларом и тем не менее переживающий сейчас не лучшие времена вследствие очень большого разрыва в развитии государств – участников ЕС, также постепенно сдает позиции в качестве надежной резервной валюты, будучи неспособным выполнять функции средства накопления стоимости и удовлетворять потребность стран мира в ликвидности (табл. 2).

Таким образом, мировая валютная система планомерно подошла к вопросу диверсификации официальных валютных резервов с уменьшением влияния доллара и евро и усилением влияния других ключевых валют, в частности недавно вышедшего на мировую арену в качестве резервной валюты юаня.

Подводя итог, приходим к выводу, что в современной мировой экономике никакая национальная денежная единица, в том числе доллар США, не способна осуществлять все функции мировой валюты. Поэтому предлагаем реформировать мировую валютную систему, учитывая исторический опыт проведения валютных реформ, а также длительность и сложность процедуры согласования вопросов, связанных с суверенитетом и интересами разных стран. Для обеспечения качества такой реформы необходима коллективная работа международных экспертов, специалистов и деятелей мирового сообщества.

Таблица 2

**Доля основных валют
в международных платежах и расчетах
(% от стоимостных оборотов) [7]**

Валюта/страна	01.12.2012	01.12.2013	01.12.2014
Доллар/США	40,17	39,52	38,6
Евро/ЕВС	33,48	33,21	28,3
Фунт стерлингов/Великобритания	8,55	9,13	7,29
Иена/Япония	2,56	2,51	2,69
Доллар/Австралия	1,85	1,83	1,95
Франк/Швейцария	1,83	1,45	1,42
Доллар/Канада	1,80	1,80	1,75
Юань/Китай	0,63	1,12	2,17

Цитированная литература

1. Сапрыкина В.Ю., Чумакова Н.А. Тенденции и перспективы развития мировой валютной системы // Научный вестник ЮИМ. – 2016. – № 3 – С. 55.
2. Гусаков Н.П., Белова И.Н., Стренина М.А. Международные валютно-кредитные отношения: учебник / под общ. ред. Н.П. Гусакова. – М.: ИНФРА-М, 2008. – С. 39, 48.
3. The International Monetary Fund (IMF) // <http://www.imf.org>. (дата обращения 05.08.2017).
4. Кондратов Д.И. Актуальные подходы к реформированию мировой валютной системы // Экономический журнал ВШЭ. – 2015. – № 1 – С. 131.
5. Красавина Л.Н. Тенденции и перспективы реформы мировой валютной системы // Век глобализации. – 2011. – № 1(7) – С. 30.
6. Илюхина И.Б., Ильминская С.А. Основные проблемы функционирования и развития мировой валютной системы // Известия ТГУ. – 2016. – № 1/1. – С. 298.
7. Bank for International Settlements (BIS) // <http://www.bis.org>. (дата обращения 05.08.2017).

ПРОДВИЖЕНИЕ ПРОДУКЦИИ НА ВНЕШНИЕ РЫНКИ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ МАРКЕТИНГА

Л.Г. Сенокосова, В.В. Возиян

Исследуются проблемы продвижения товаров и услуг на внешние рынки на основе современных методов маркетинга предприятий.

Ключевые слова: *маркетинг, виртуальный рынок, торговая марка, телемаркетинг, публич- релейнз.*

THE PROMOTION OF PRODUCTS AT THE EXTERNAL MARKETS ON THE BASE OF MODERN METHODS OF MARKETING

L.G. Senokosova, V.V. Voziyana

The problems of promotion of goods and services at the external markets on the base of modern methods of organization marketing are explored.

Keywords: *marketing, virtual marketplace, trade name, telemarketing, public, public relations.*

В настоящее время каждое предприятие неизбежно сталкивается с рыночной конкуренцией. В этом есть несомненные плюсы, так как именно конкурентная борьба способствует развитию рыночных отношений, улучшению качества товаров и услуг, сокращению издержек производства. Однако в условиях жесткой конкуренции как никогда остро встает вопрос продвижения производимой продукции на внешние рынки.

При продвижении продукции на внешние рынки предприятие, как правило, оценивает не только перспективы осуществления такого рода деятельности, но и достижимость положительных результатов, т. е. возможность получения прибыли.

Предприятию необходимо учитывать, что при выходе на внешние рынки:

- значительно увеличиваются риски по сравнению с деятельностью в национальных масштабах;
- существенно повышаются требования к качеству товаров и креативности в рекламе;

- прослеживается явная зависимость успешности продвижения товара от уровня понимания специфики зарубежного рынка;

- требуется соблюдение всех правил ведения дел на международном уровне, а также более последовательное применение ключевых маркетинговых принципов и приемов;

- растет конкуренция.

Если говорить о продвижении товара на новые рынки, то первое, что обычно приходит на ум, – это реклама. Тем не менее реклама является не отдельным видом деятельности, а одним из многих связанных между собой инструментов маркетинга, которые, в свою очередь, поддерживают и усиливают друг друга.

Современные методы маркетинга в продвижении продукции представлены на рис. 1.

Рассмотрим каждый метод в отдельности.

Интернет – это виртуальный, самый быстрорастущий и невероятно привлекательный для любого вида бизнеса рынок

сбыта товаров и услуг. Включая в себя характеристики многих традиционных средств коммуникации, интернет представляет собой не копию, а скорее альтернативу реальному миру. Воздействие интернета на современное общество, в том числе на маркетинг, переоценить невозможно. Оставаясь самой быстроразвивающейся технологией, интернет коренным образом изменяет уже установившиеся представления о практике маркетинга, и перед маркетологами открываются новые горизонты [1].

Проведение маркетинговой деятельности с помощью интернета дешевле, нежели использование традиционных методов и форм.

В настоящее время продажа товаров через интернет получила широкое распространение. Это значительно сокращает расходы продавцов, так как не нужно приобретать оборудование, торговые помещения, нет необходимости в большом количестве персонала, что позволяет выставить товар по более доступной цене, чем в обычном магазине.

Проведение выставок – это весьма эффективное средство коммуникации и востребованный формат мероприятий. Выставки позволяют оценить усилия конкурентов, представить свои достижения, а также найти новые деловые партнерства и каналы сбыта. Это своеобразный срез рынка отрасли, в которой трудится компания.

Торговая марка – совокупность товарного знака (названия товара и его визуального исполнения) и круга ассоциаций, возникающих у потребителя при упоминании данного товара. Построение и поддержание в сознании потребителя положительного образа товара, т. е. создание успешной торговой марки, позволяет производителям решать четыре основные задачи:

- выходить на рынки крупных городов;



Рис. 1. Современные методы маркетинга в продвижении продукции

- выходить со своим товаром на рынки других регионов и успешно конкурировать с уже присутствующими там марками;

- конкурировать и занимать сильную конкурентную позицию по отношению к другим производителям в своем регионе;

- реализовывать продукцию с более высоким уровнем прибыли за счет позиционирования товара в более высоком ценовом сегменте.

Телемаркетинг – это менеджмент коммуникации с аудиторией с помощью телефона, телекоммуникационных технологий и систем управления базами данных в маркетинговых целях. Упрощенно он понимается исключительно как продажи по телефону, на самом деле это не так. Телемаркетинг выступает разновидностью прямого маркетинга без посредников [2]. Телемаркетинг разделяется на два типа – входящий и исходящий.

Входящий телемаркетинг представляет собой «горячую линию», по которой клиент может позвонить и получить подробный ответ на интересующие его вопросы касательно товаров и услуг и, в

идеале, совершить покупку. Например, вы пытаетесь найти в интернет-магазине запчасти для своего автомобиля, но не находите нужного товара. Тогда можно обратиться по указанному номеру телефона и специалист объяснит вам, с каких еще моделей подойдут запчасти, ответит на все вопросы и даже оформит ваш заказ. По сути, входящий телефонный маркетинг – это когда клиент сам идет к продавцу и является инициатором звонка, обычно в результате удачно проведенной рекламной кампании.

Что касается *исходящего телемаркетинга*, то здесь все несколько сложнее и одновременно интереснее. Дело в том, что существует «горячая» и «холодная» база данных. «Холодные звонки» совершать труднее, так как клиент абсолютно не готов к нему и даже не интересовался вашим продуктом. «Горячие» звонки осуществляются или уже имеющимся клиентам, или тем, кто когда-либо проявлял интерес к вашим товарам [3].

Реклама – форма неличного представления и продвижения идей, товаров, услуг от имени какой-либо компании. Реклама представляет собой неличные формы коммуникации, осуществляемые посредством платных средств распространения информации с четко указанным источником финансирования. Можно сделать вывод, что реклама – это ведущее звено

маркетинговых коммуникаций, являющее собой форму неличного представления и продвижения идей, товаров или услуг и оплачиваемое точно установленным заказчиком. Другими словами, это комплекс мер, которые прямо или косвенно помогают достичь целей производителя [4].

Виды рекламы представлены на рис. 2.

Паблик рилейшнз (PR, public relations) – особая управленческая функция маркетинга, которая помогает устанавливать и поддерживать тесную коммуникацию, взаимопонимание и сотрудничество между организацией, брендом, личностью и связанной с ними общественностью.

Целью паблик рилейшнз является продвижение и защита образа (имиджа, престижа) фирмы, бренда или личности. В свою очередь, задачей паблик рилейшнз выступает поддержание контактов с целевой аудиторией, общественными институтами, ключевыми журналистами в соответствующих сферах (пресса, журналы, радио, ТВ). По существу, это не что иное, как процесс инвестирования в имидж [2].

Важную роль в продвижении продукции на внешние рынки играет маркетинг в разных его видах. **Прямой маркетинг** – это вид маркетинговых коммуникаций, направленный на диалог с конкретным потребителем и рассчитанный на незамедлительный отклик. Прямой маркетинг может

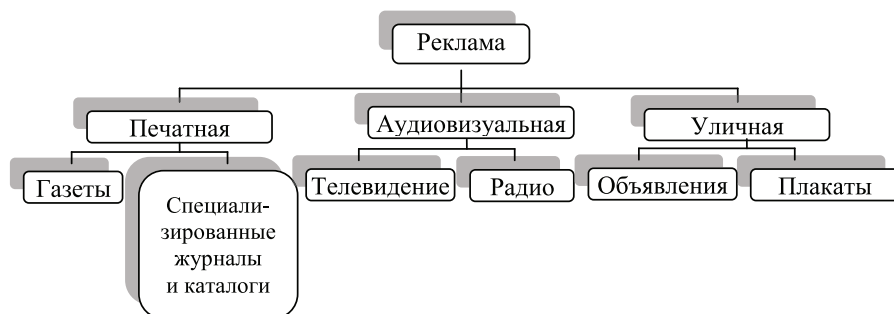


Рис. 2. Виды рекламы [5]

осуществляться через индивидуальные продажи, mail-письма, телефонные звонки или почтовые рассылки – в целом через все то, что может побудить потребителя совершить покупку.

Прямой маркетинг может быть:

– одноступенчатым – реакция потребителя на рекламное сообщение – это покупка товара;

– двухступенчатым – перед покупкой потребитель, как правило, совершает какое-либо действие, например предъявляет купон или чек.

Поддержка продажи или стимулирование сбыта – это кратковременные побудительные меры поощрения покупки или продажи товара или услуги, и их следует использовать чаще. Цель стимулирования продаж заключается в изменении поведения потенциального потребителя.

Маркетинг взаимоотношений – это философия ведения бизнеса, стратегическая ориентация, которая основывается, во-первых, на удержании и «улучшении» текущих потребителей, во-вторых, на привлечении новых. В результате такого подхода:

- уменьшаются издержки, особенно связанные с привлечением клиентов;

- у предприятия увеличиваются число и сумма покупок, поскольку постоянные потребители повышают расходы по возрастающей ставке и итоговая прибыль превышает скидки этой категории потребителей. Потеря такого сегмента – потеря высокой прибыли;

- обеспечивается наличие ключевой группы потребителей, которая предоставляет предприятию рынок для тестирования и выведения новых продуктов или предложений с меньшим риском, благодаря чему снижается неопределенность для предприятия в целом;

- выстраивается барьер для входа конкурентов на рынок за счет удержания стабильной базы потребителей, кроме того, стабильная база удовлетворенных потребителей является залогом удержания персонала предприятия.

Поддержка сбыта концентрирует ресурсы компании, обеспечивая необходимой информацией, маркетинговыми инструментами торговых специалистов, делая их эффективными в различных, уникальных ситуациях, в которых они могут оказаться на любом этапе процесса продажи. Целью поддержки продаж является повышение эффективности работы торгового персонала предприятия. Поддержка продаж позволяет сделать из продавцов специалистов, подготовленных, вооруженных знаниями, практическим опытом и способных применять этот опыт на практике.

Предлагаемые в статье методы и виды маркетинга будут способствовать продвижению продукции на внешние рынки, повышению эффективности работы торгового персонала и предприятия, росту прибыли.

Цитированная литература

1. Современные методы продвижения товаров // <http://www.econstep.ru/apsteps-835-1.html>
2. Чернозубенко П.Е. Записки маркетолога // http://www.marketch.ru/marketing_dictionary/marketing_terms_p/abc_PR/
3. Катранжи В. Телемаркетинг от А до Я // <http://salers.ru/telemarketing/>
4. Маркетинговый словарь. Реклама // http://www.marketch.ru/marketing_dictionary/r/abc_advertising/
5. Индустрия рекламы. Теория рекламы. Виды рекламы // <http://adindustry.ru/doc/1123>

АНАЛИЗ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ И ДИАГНОСТИКА ВЕРОЯТНОСТИ БАНКРОТСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ

И.В. Толмачева, С.О. Яковлева

Изложена организационно-экономическая характеристика ЗАО «Тиротекс». Проведена диагностика вероятности банкротства предприятия с использованием моделей американских и российских ученых. Выполнена оценка финансового состояния предприятия, сформулированы выводы.

Ключевые слова: *организационно-экономическая характеристика, диагностика банкротства предприятия, модели американских ученых, модели российских ученых, оценка финансового состояния предприятия.*

ANALYSIS OF FINANCIAL CONDITION AND DIAGNOSIS OF PROBABILITY OF BUSINESS SMASHUP

I.V. Tolmacheva, S.O. Yakovleva

The article deals with the economic-organizing characteristics of ZAO "Tirotext". The diagnosis of probability of business smashup using the models of American and Russian scientists is conducted. The authors have assessed the financial condition of the enterprise, formulated conclusions.

Keywords: *economic-organizing characteristics, diagnostics of business smashup, models of American scientists, models of Russian scientists, assessment of the financial state of enterprise.*

Актуальность исследования заключается в том, что в условиях рыночных отношений, для которых характерно наличие конкуренции и возникновение порой непредсказуемых ситуаций, финансово-хозяйственная деятельность предприятия невозможна без рисков. На любом предприятии имеют место риски, связанные с его производственной и финансовой деятельностью. Наиболее опасным из них является риск банкротства, поскольку при его наступлении предприятие теряет возможность дальнейшего функционирования и, как правило, разоряется, что, в свою очередь, пагубно отражается на экономике страны в целом.

Прогнозирование банкротства представляет интерес не только для самого предприятия, но и для акционеров, кредиторов, поставщиков, заказчиков и других лиц при выборе наиболее надежных и перспективных деловых партнеров. Поэтому важность оценки и прогнозирования банкротства с

целью предотвращения финансового краха предприятия становится очевидной.

В качестве объекта исследования было выбрано одно из крупнейших предприятий текстильной промышленности на юго-западе СНГ – ЗАО «Тиротекс». Оно входит в состав приднестровского холдинга «Шериф» (предприятие принадлежит ЗАО «Агропромбанк», контрольным пакетом акций которого владеет ООО «Шериф»). «Тиротекс» производит и продает широкий ассортимент натуральных высококачественных хлопчатобумажных тканей и швейных изделий: ткани готовые, постельное белье, столовое белье, спецодежду и т. д.

Органами управления и контроля ЗАО «Тиротекс» выступают акционер, совет директоров, генеральный директор, ревизионная комиссия.

В структуре предприятия выделяются пять линейных подразделений, подчиняющихся непосредственно председателю

правления: текстильное объединение, торговый дом, швейное объединение, инженерно-техническое объединение, социальное объединение.

Действующая организационная структура «Тиротекса» соответствует линейно-функциональной форме организации управления и построена по принципу выделения центров затрат и центров ответственности. Наряду с линейными руководителями существуют руководители функциональных подразделений, подготавливающие проекты планов, отчетов, которые превращаются в официальные документы после подписания линейными руководителями.

Контроль над финансово-хозяйственной деятельностью осуществляется Управлением финансового контроля. Ответственность за финансовое благополучие предприятия возложена на Управление финансового менеджмента, возглавляемое финансовым директором. Финансовый директор координирует действия Управления финансов, Управления экономики, Управления бухгалтерского учета [1].

Диагностика вероятности банкротства ЗАО «Тиротекс» была проведена с использованием моделей американских и российских ученых:

1. Пятифакторная модель Альтмана.

Вероятность банкротства рассчитывается по формуле

$$Z = 0,717 \cdot K_1 + 0,847 \cdot K_2 + 3,107 \cdot K_3 + 0,420 \cdot K_4 + 0,995 \cdot K_5. \quad (1)$$

Условия: Если $Z \leq 1,8$ – вероятность банкротства 80–100 %; если $1,8 < Z \leq 2,7$ – вероятность 35–50 %; если $2,7 < Z \leq 2,9$ – вероятность 15–20 %; если $Z > 2,9$ – вероятность 0–10 % [2].

Значения коэффициентов для расчета вероятности банкротства ЗАО «Тиротекс» по пятифакторной модели Альтмана указаны в табл. 1.

Таким образом, $Z_{2014} = 5,6543$; $Z_{2015} = 6,1756$; $Z_{2016} = 1,2812$. Как видим, в 2014 и 2015 гг. $Z > 2,9$, следовательно, риск банкротства минимален, однако в 2016 г. сложилась обратная ситуация.

2. Модель Лиса.

$$Z = 0,063 \cdot K_1 + 0,092 \cdot K_2 + 0,057 \cdot K_3 + 0,001 \cdot K_4. \quad (2)$$

Предельное значение данной модели 0,037.

Значения коэффициентов для расчета вероятности банкротства по модели Лиса указаны в табл. 2.

Подставив соответствующие значения коэффициентов в формулу (2), получим: $Z_{2014} = 0,0650$; $Z_{2015} = 0,0722$; $Z_{2016} = 0,0673$. Таким образом, в течение 2014–2016 гг. предприятию не угрожал риск банкротства.

3. Модель Таффлера имеет следующий вид:

$$Z = 0,53 \cdot K_1 + 0,13 \cdot K_2 + 0,18 \cdot K_3 + 0,16 \cdot K_4. \quad (3)$$

Значения коэффициентов для расчета вероятности банкротства по модели Таффлера указаны в табл. 3.

Условия: если величина $Z > 0,3$, у фирмы хорошие долгосрочные перспективы; если $Z < 0,2$, это говорит о высокой вероятности банкротства.

Таким образом, $Z_{2014} = 1,1409$; $Z_{2015} = 1,4303$; $Z_{2016} = 0,4208$. Так как $Z > 0,3$, риск банкротства минимален.

4. Модель Сайфулина–Кадыкова имеет следующий вид:

$$Z = 2 \cdot K_1 + 0,1 \cdot K_2 + 0,08 \cdot K_3 + 0,45 \cdot K_4 + 1,0 \cdot K_5. \quad (4)$$

Значения коэффициентов для расчета вероятности банкротства по модели Сайфулина–Кадыкова приведены в табл. 4.

Условия: Если значение $Z < 1$, предприятие имеет неудовлетворительное финансовое состояние; если $Z \geq 1$, то финансовое состояние удовлетворительное [3].

Таким образом, $Z_{2014} = 3,7173$; $Z_{2015} = 4,0849$; $Z_{2016} = 3,2435$. Так как $Z > 1$, следовательно, финансовое состояние удовлетворительное.

5. Модель Давыдовой–Беликова имеет следующий вид:

$$Z = 8,38 \cdot K_1 + 1,0 \cdot K_2 + 0,054 \cdot K_3 + 0,63 \cdot K_4. \quad (5)$$

Значения коэффициентов для расчета вероятности банкротства по модели Давыдовой–Беликова указаны в табл. 5.

Условия: Если $Z < 0$, то риск банкротства 90–100 %; если $0 < Z < 0,18$ – вероят-

ность 60–80 %; если $0,18 < Z < 0,32$ – вероятность 35–50 %; если $0,32 < Z < 0,42$ – вероятность 15–20 %; если $Z > 0,42$ – вероятность менее 15 % [4].

Таким образом, $Z_{2014} = 5,7245$; $Z_{2015} = 6,0922$; $Z_{2016} = 7,6369$. Так как $Z > 0,42$, следовательно, ситуация на предприятии стабильна, риск неплатежеспособности в течение ближайших двух лет крайне мал.

Анализ финансового состояния ЗАО «Тиротекс» включает в себя оценку финансовой устойчивости, ликвидности и рентабельности.

Финансовую устойчивость можно рассматривать как результат рационального управления собственным (СК) и заемным (ЗК) капиталом. Она оценивается на основе ряда коэффициентов, часть из которых были применены для анализа фи-

Таблица 1

Значения коэффициентов для пятифакторной модели Альтмана (по данным ЗАО «Тиротекс»)

Коэффициент	Показатели	Характеристика	2014 г.	2015 г.	2016 г.
K_1	Собственные оборотные средства: активы	Оценивает сумму чистых ликвидных активов компании по отношению к совокупным активам	0,5541	0,6123	0,2933
K_2	Нераспределенная прибыль: активы	Отражает уровень финансового рычага компании	0,3318	0,2911	0,1041
K_3	Прибыль до налогообложения: всего активов	Отражает эффективность операционной деятельности компании	0,1353	0,1313	0,0531
K_4	Собственный капитал: заемный капитал	Отражает отношение собственного капитала к заемному	7,7653	9,36	0,6594
K_5	Выручка от продажи: активы	Характеризует рентабельность активов предприятия	1,3006	1,1567	0,5435

Таблица 2

Значения коэффициентов для модели Лиса (по данным ЗАО «Тиротекс»)

Коэффициент	Показатели	Характеристика	2014 г.	2015 г.	2016 г.
K_1	Оборотные активы: активы	Оценивает сумму оборотных активов компании по отношению ко всем активам	0,6682	0,7089	0,8959
K_2	Прибыль от продаж: активы	Отражает уровень работы компании	0,1440	0,1662	0,0884
K_3	Чистая прибыль: активы	Отражает эффективность операционной деятельности компании	0,0325	0,0497	0,0365
K_4	Собственный капитал: заемный капитал	Отражает отношение собственного капитала к заемному	7,7653	9,3600	0,6594

Таблица 3

Значения коэффициентов для модели Таффлера (по данным ЗАО «Тиротекс»)

Коэффициент	Показатели	Характеристика	2014 г.	2015 г.	2016 г.
K_1	Прибыль от реализации: краткосрочные обязательства	Отражает долю прибыли от реализации, способной погасить краткосрочные обязательства	0,2845	0,5154	0,0605
K_2	Оборотные активы: сумма обязательств	Отражает долю активов, способных погасить существующие задолженности	5,8574	7,3441	1,4867
K_3	Краткосрочные обязательства: сумма активов	Оценивает краткосрочные обязательства по отношению к активам предприятия	0,1141	0,0965	0,6026
K_4	Выручка: сумма активов	Характеризует рентабельность активов предприятия	1,3006	1,1567	0,5435

Таблица 4

Значения коэффициентов для модели Сайфулина–Кадькова (по данным ЗАО «Тиротекс»)

Коэффициент	Показатели	Характеристика	2014 г.	2015 г.	2016 г.
K_1	Собственные оборотные средства: материально-производные запасы	Коэффициент обеспеченности собственными средствами	1,4919	1,5944	1,4923
K_2	Оборотные активы: краткосрочные обязательства	Коэффициент текущей ликвидности	5,8574	7,3441	1,4867
K_3	Выручка: активы	Коэффициент оборачиваемости активов	1,3006	1,1567	0,5435
K_4	Чистая прибыль: выручка	Рентабельность реализации продукции	0,025	0,043	0,0671
K_5	Чистая прибыль: собственный капитал	Рентабельность собственного капитала	0,0325	0,0497	0,0365

Таблица 5

Значения коэффициентов для модели Давыдовой–Беликова (по данным ЗАО «Тиротекс»)

Коэффициент	Показатели	Характеристика	2014 г.	2015 г.	2016 г.
K_1	Оборотный капитал: сумма активов	Показывает долю мобильных активов в общей величине имущества предприятия	0,6682	0,7089	0,8959
K_2	Чистая прибыль: собственный капитал	Показывает удельный вес прибыли в общей сумме собственных источников финансирования	0,0325	0,0497	0,0365
K_3	Выручка от продаж: сумма активов	Отражает отношение выручки к среднегодовой величине имущества предприятия	1,3006	1,1567	0,5435
K_4	Чистая прибыль: себестоимость	Отражает долю чистой прибыли в себестоимости реализованных товаров, работ, услуг предприятия	0,0348	0,0627	0,1006

нансовой устойчивости ЗАО «Тиротекс» (табл. 6) [5].

Как видим, в 2016 г. у предприятия отмечается низкая финансовая устойчивость и усиление зависимости от внешних кредиторов. Хотя в 2016 г. обеспеченность

собственными средствами была оптимальной, стоит отметить, что это значение существенно ниже, чем в 2014–2015 гг., что является негативной тенденцией.

Под *платежеспособностью* понимается наличие у организации оборотных

Показатели финансовой устойчивости ЗАО «Тиротекс»

Коэффициент	Автономии	Соотношения ЗК и СК	Обеспеченности СС
Характеристика	Чем меньше значение коэффициента, тем в большей степени организация зависима от заемных источников финансирования	Показывает, сколько единиц привлеченных средств приходится на каждую единицу собственных средств	Показывает достаточность у предприятия собственных средств, необходимых для финансирования текущей деятельности
Формула	Собственный капитал/ имущество	Заемный капитал/ собственный капитал	(СК – долгосрочные активы)/ оборотные средства
Оптimum	0,5	≤ 1	$> 0,1$
2014 г.	0,892	0,121	0,838
2015 г.	0,911	0,097	0,875
2016 г.	0,4	1,499	0,33

средств в размере, достаточном для погашения краткосрочных обязательств. Для оценки способности организации своевременно и в полном объеме погашать собственные обязательства перед кредиторами рассчитываются три относительных показателя *ликвидности* (табл. 7).

Коэффициенты абсолютной ликвидности показывают, что в 2014–2016 гг. предприятие было в состоянии с помощью денежных средств немедленно погасить свои краткосрочные обязательства.

При условии своевременных расчетов с дебиторами (согласно значениям коэффициента промежуточной ликвидности) предприятие в аналогичном периоде также способно покрыть краткосрочные обязательства.

В 2014 и 2015 гг. предприятие было вполне способно погасить текущие обязательства за счет оборотного капитала (согласно коэффициентам текущей ликвидности), однако в 2016 г. коэффициент не достигал оптимального значения.

Рентабельность предприятия – это показатель эффективности, с которой используются основные фонды, рассчитываемый как отношение прибыли к усредненной стоимости основных, а также оборотных активов. Прибыль и рентабельность предприятия напрямую взаимосвязаны [6].

Для оценки рентабельности анализируемого предприятия были рассчитаны показатели, отмеченные в табл. 8.

Расчеты показали, что в 2016 г. на один рубль выручки от продаж продукции приходится 0,18 руб., что на 0,024 и 0,056 руб. больше, чем в 2015 и 2014 гг. соответственно. В 2016 г. после возмещения прочих расходов и зачисления прочих доходов на один рубль выручки от финансово-хозяйственной деятельности приходится 0,161 руб. прибыли, что на 0,018 и 0,051 руб. больше, чем в 2015 и 2014 гг. соответственно. В 2014, 2015, 2016 гг. от каждого рубля реализованной продукции предприятие получает прибыль, равную 0,141 руб., 0,184 руб. и 0,220 руб. соответственно. На рубль имущества организации в 2014, 2015, 2016 гг. приходится 0,03 руб., 0,05 руб. и 0,052 руб. чистой прибыли соответственно.

Таким образом, расчеты показали, что ЗАО «Тиротекс», являющийся одним из крупнейших производителей текстильной продукции в СНГ, имеющий линейно-функциональную организационную структуру, в 2014–2016 гг. практически не был подвержен риску банкротства (исключение составляет модель Альтмана, по которой в 2016 г. для предприятия характерен высокий риск финансового краха).

В 2016 г. у «Тиротекса» снижается финансовая устойчивость и усиливается зависимость от внешних источников финансирования. В течение 2014–2016 гг. предприятие достаточно платежеспособно.

Показатели ликвидности ЗАО «Тиротекс»

Коэффициент	Абсолютной ликвидности	Промежуточной ликвидности	Текущей ликвидности
Характеристика	Показывает способность предприятия расплачиваться по своим обязательствам с помощью наиболее ликвидных активов	Отражает возможность погашения краткосрочных обязательств с помощью денежных средств, быстрореализуемых ценных бумаг и ожидаемых денежных платежей	Оценивает способность организации к погашению краткосрочных обязательств за счет оборотного капитала
Способ расчета	(Денежные средства и денежные эквиваленты + краткосрочные фин. активы) / краткосрочные обязательства	(Денежные средства и денежные эквиваленты + краткосрочные финансовые активы + краткосроч. деб. задолженность) / краткосрочные обязательства	Оборотные (мобилизованные) средства / краткосрочные обязательства
Оптимум	0,25–0,3	0,7–0,8	2
2014 г.	1,449	2,747	6,184
2015 г.	1,832	3,665	7,998
2016 г.	0,627	1,165	1,493

Таблица 8

Оценка рентабельности ЗАО «Тиротекс»

Коэффициент	Р производственной деятельности	Р реализованной продукции	Р всего капитала
Характеристика	Показывает, сколько прибыли от производ. деят-ти приходится на один рубль выручки от продаж продукции (товаров), работ, услуг	Отражает эффективность реализации продукции	Показывает, какая часть чистой прибыли приходится на рубль имущества организации, насколько эффективно оно используется
Способ расчета	Прибыль от производ. деят-ти / выручка	Прибыль от производ. деят-ти / (себестоимость продаж + ком. расходы + общие и админ. расходы)	Чистая прибыль / средняя стоимость имущества
2014 г.	0,123	0,141	0,030
2015 г.	0,155	0,184	0,050
2016 г.	0,180	0,220	0,052

но, хотя отмечается снижение показателей ликвидности, что может быть вызвано ростом краткосрочных обязательств. Показатели рентабельности в 2016 г. по сравнению с 2014 г. значительно увеличились, что обусловлено, например, ростом прибыли от производственной деятельности, выручки от продаж или снижением средней стоимости имущества.

Цитированная литература

1. Официальный сайт ЗАО «Тиротекс» // <http://www.tirotex.com/?lang=ru>
2. Адаев Ю.В. Анализ эффективности хозяйственной деятельности предприятий в ус-

ловиях рынка и аудит: учебное пособие. – М.: Финансы и статистика, 2014. – 268 с.

3. Бердникова Т.Б. Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятия: учебное пособие. – М., 2013.

4. Давыдова Г.В., Беликов А.Ю. Методика количественной оценки риска банкротства предприятий // Управление риском. – 2003. – № 3. – С. 13–20.

5. Приложение к Приказу Министерства экономики Приднестровской Молдавской Республики от 2 декабря 2010 года № 669 «Об утверждении Инструкции по оценке финансовой устойчивости хозяйствующих субъектов Приднестровской Молдавской Республики».

6. Остапенко В.В. Финансы предприятий: учебное пособие. – М.: Омега-Л, 2014. – 304 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ ФИНАНСОВО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗАО «ТБКЗ «KVINT»»

И.В. Толмачева, А.А. Спорши

Изложена организационно-экономическая характеристика ЗАО «ТБКЗ «KVINT»». Проведен анализ финансовых показателей предприятия. Дана оценка его финансового состояния на основе показателей устойчивости, ликвидности, рентабельности, сформулированы выводы.

Ключевые слова: ЗАО «ТБКЗ «KVINT»», финансовая устойчивость, ликвидность, рентабельность.

ORGANIZATION AND ANALYSIS OF FINANCIAL AND ECONOMIC ACTIVITIES OF ZAO «TWBW «KVINT»»

I.V. Tolmacheva, A.A. Sporish

The importance of analyzing of enterprise financial condition is underlined. The article deals with the economic-organizing characteristics of ZAO «TWBW «KVINT»». The analysis of the financial parameters of the enterprise was conducted. The estimation of a financial condition of the enterprise on the basis of indicators of stability, liquidity, profitability is given, the conclusions are formulated.

Keywords: ZAO «TWBW «KVINT»», financial stability, liquidity, profitability.

Актуальность темы состоит в том, что в условиях рыночной экономики от эффективности использования финансовых ресурсов, обеспечивающих жизнедеятельность компании, зависит процесс бесперебойного функционирования и реализации продукции, а следовательно, и результаты деятельности предприятия в любой сфере бизнеса. Финансовый анализ дает возможность определить финансовое состояние предприятия на сегодняшний день, а также обеспечивает выработку стратегических решений, которые определяют развитие компании.

В качестве базы исследования было выбрано ЗАО «Тираспольский винно-коньячный завод «KVINT»».

Предприятие обладает собственной сырьевой базой. Площадь плодоносящих виноградников достигает 2000 га, на которых возделывается более 20 сортов виноградной лозы [1].

В хранилищах завода находится около 10 млн литров абсолютного алкоголя ко-

ньячных спиртов с выдержкой от 1 года до 60 лет. Такое наличие коньячных спиртов в столь широком возрастном диапазоне дает возможность специалистам разрабатывать новые бренды.

Ежегодно предприятие выпускает примерно 20 млн бутылок винно-коньячной и ликеро-водочной продукции, среди них более 30 наименований дивинов (коньяков) с выдержкой от 3 до 50 лет, а также ординарные и выдержанные вина, джины, водки, кальвадосы, бренди. С 2000 г. завод начал работать по международной системе качества ISO:9001 (BVQI).

ЗАО «ТБКЗ «KVINT»» имеет линейно-функциональную структуру управления, которая состоит из акционера, генерального директора, ревизионной комиссии.

Информационной основой для расчетов служат формы финансовой (бухгалтерской) отчетности.

Для оценки эффективности деятельности компании и эффективности исполь-

зования ресурсов были рассчитаны необходимые финансовые показатели.

1. Финансовая устойчивость предприятия представляет собой способность своевременно погашать кредиты банков, вносить различные платежи в бюджет и внебюджетные фонды, выполнять платежные требования своих контрагентов, осуществлять выплату заработной платы. Финансовую устойчивость можно рассматривать как результат рационального управления собственными и заемными средствами [2].

По данным отчетности ЗАО «ТВКЗ «KVINT»» были рассчитаны следующие коэффициенты:

1. *Коэффициент автономии (степень финансовой независимости):*

$$K_{\text{автономии}} = \frac{\text{собственный капитал}}{\text{имущество организ. (активы)}}; \quad (1)$$

$$K_{\text{автономии}} (2014 \text{ г.}) = \frac{9007888}{10954462} = 0,83;$$

$$K_{\text{автономии}} (2015 \text{ г.}) = \frac{10290952}{11291734} = 0,92;$$

$$K_{\text{автономии}} (2016 \text{ г.}) = \frac{11164695}{27906348} = 0,40.$$

Минимальное значение коэффициента автономии оценивается на уровне 0,5. В 2014–2015 гг. данный показатель больше 0,5. Это говорит о достаточной самостоятельности предприятия и о том, что все обязательства могут быть покрыты собственными средствами. Однако в 2016 г. данный показатель снизился и составил 0,4, что свидетельствует об уменьшении независимости и об увеличении риска финансовых затруднений.

2. *Коэффициент соотношения заемного (ЗК) и собственного (СК) капитала:*

$$K_{\text{соотн.ЗК и СК}} = \frac{\text{заемный капитал}}{\text{собственный капитал}}; \quad (2)$$

$$K_{\text{соотн.ЗК и СК}} (2014 \text{ г.}) = \frac{1183574}{9770888} = 0,13;$$

$$K_{\text{соотн.ЗК и СК}} (2015 \text{ г.}) = \frac{1000782}{10290952} = 0,10;$$

$$K_{\text{соотн.ЗК и СК}} (2016 \text{ г.}) = \frac{16741653}{11164695} = 1,50.$$

Значение коэффициента показывает, сколько заемных средств привлекла организация на один рубль вложенных в активы собственных средств. Нормальным признается значение $K \leq 1$.

В 2014–2015 гг. данный показатель не превышает установленный максимум, следовательно, предприятие достаточно финансово устойчиво и относительно независимо от внешних источников. Превышение собственных средств над заемными свидетельствует о финансовой и экономической стабильности организации. В 2016 г. наблюдается обратная тенденция. Коэффициент превышает установленный максимум, это означает, что предприятие недостаточно устойчиво.

Для сохранения минимальной финансовой стабильности организации коэффициент соотношения собственных и заемных средств должен быть ограничен значением отношения стоимости мобильных и иммобилизованных средств:

$$K_{\text{соотн. м/и}} = \frac{\text{краткосрочные активы}}{\text{долгосрочные активы}}; \quad (3)$$

$$K_{\text{соотн. м/и}} (2014 \text{ г.}) = \frac{7320254}{3634208} = 2,02;$$

$$K_{\text{соотн. м/и}} (2015 \text{ г.}) = \frac{8004625}{3287109} = 2,44;$$

$$K_{\text{соотн. м/и}} (2016 \text{ г.}) = \frac{25001643}{2904705} = 8,61.$$

3. *Коэффициент мобильности оборотных средств:*

$$K_{\text{мобильности}} = \frac{\text{денежные средства и ден. эквиваленты} + \text{краткосрочные фин.активы}}{\text{оборотные (мобилизованные) средства}}; \quad (4)$$

$$K_{\text{мобильности}} (2014 \text{ г.}) = \frac{1715904 + 0}{7320254} = 0,24;$$

$$K_{\text{мобильности}} (2015 \text{ г.}) = \frac{1834003 + 0}{8004625} = 0,23;$$

$$K_{\text{мобильности}} (2016 \text{ г.}) = \frac{10509873 + 0}{25001643} = 0,42.$$

Коэффициент показывает долю абсолютно готовых к платежу средств в общей сумме средств, направляемых на погашение краткосрочных долгов. Данный показатель в 2014 г. составил 0,24, в 2015 г. – 0,23, а в 2016 г. – 0,42. За анализируемый период произошло повышение коэффициента, что свидетельствует об увеличении скорости оборота имущественных средств.

4. Коэффициент обеспеченности собственными средствами:

$$K_{\text{обеспеченности}} = \frac{\text{собственный капитал} - \text{долгосрочные (внеоборотные) активы}}{\text{оборотные (мобилизованные) средства}}; \quad (5)$$

$$K_{\text{обеспеченности}} (2014 \text{ г.}) = \frac{9770888 - 3634208}{7320254} = 0,84;$$

$$K_{\text{обеспеченности}} (2015 \text{ г.}) = \frac{10290952 - 3287109}{8004625} = 0,88;$$

$$K_{\text{обеспеченности}} (2016 \text{ г.}) = \frac{11164695 - 2904705}{25001643} = 0,33.$$

Данный коэффициент показывает наличие собственных оборотных средств, которые необходимы для обеспечения и поддержания финансовой устойчивости.

За три года значение этого коэффициента составляет более 0,1, следовательно, предприятие достаточно обеспечено собственными средствами для ведения своей хозяйственной деятельности.

5. Коэффициент прогноза банкротства:

$$K_{\text{банкротства}} = \frac{\text{оборотные (мобилизованные) средства} - \text{краткосрочные обязательства}}{\text{имущество организации (активы)}}; \quad (6)$$

$$K_{\text{банкротства}} (2014 \text{ г.}) = \frac{7320254 - 1183574}{10954462} = 0,56;$$

$$K_{\text{банкротства}} (2015 \text{ г.}) = \frac{8004625 - 1000782}{11291734} = 0,62;$$

$$K_{\text{банкротства}} (2016 \text{ г.}) = \frac{25001643 - 16741653}{27906348} = 0,30.$$

Коэффициент определяет способность организации расплачиваться по своим обязательствам имеющимися в его распоряжении денежными и приравненными к ним средствами и продаваемой частью запасов. Самые высокие коэффициенты банкротства на ТВКЗ «KVINT» наблюдаются в 2014 и 2015 гг. Это говорит о том, что опасность банкротства меньше, чем в 2016 г.

II. Финансовое состояние организации можно оценить по таким сигнальным показателям, как ликвидность и платежеспособность. Понятия платежеспособности и ликвидности хотя и нетождественны, но на практике тесно взаимосвязаны [3].

Платежеспособность организации говорит о возможности полностью и своевременно погашать платежные обязательства, которые вытекают из кредитных, торговых и иных операций денежного характера.

Ликвидность организации определяется наличием у нее ликвидных средств, таких как наличные деньги, денежные средства на счетах в банках и легкореализуемые оборотные средства. Если предприятие ликвидно, то оно в любой момент может совершить необходимые расходы.

На основе данных балансового отчета ЗАО «ТБКЗ «KVINT»» были рассчитаны следующие показатели:

1. *Коэффициент абсолютной ликвидности:*

$$K_{a.l} = \frac{\text{денежные средства и денежные эквиваленты} + \text{краткосрочные фин. активы}}{\text{краткосрочные обязательства}}; (7)$$

$$K_{a.l} (2014 \text{ г.}) = \frac{1715904 + 0}{1183574} = 1,45;$$

$$K_{a.l} (2015 \text{ г.}) = \frac{1834003 + 0}{1000782} = 1,84;$$

$$K_{a.l} (2016 \text{ г.}) = \frac{10509873 + 0}{16741653} = 0,63.$$

Данный коэффициент определяет часть обязательств предприятия, которую оно может погасить немедленно денежными средствами и высоколиквидными ценными бумагами. Достаточное значение коэффициента должно быть выше 0,25. Таким образом, видно, что на ТБКЗ «KVINT» данный показатель достигает нормы, предприятие способно погасить немедленно свои обязательства.

2. *Коэффициент критической (промежуточной) ликвидности:*

$$K_{п.л} = \frac{\text{быстроликвидные активы}}{\text{краткосрочные обязательства}}; (8)$$

$$K_{п.л} (2014 \text{ г.}) = \frac{3251678}{1183574} = 2,75;$$

$$K_{п.л} (2015 \text{ г.}) = \frac{3668943}{1000782} = 3,67;$$

$$K_{п.л} (2016 \text{ г.}) = \frac{19517770}{16741653} = 1,17.$$

Коэффициент показывает, какую часть своих обязательств организация сможет погасить, если поступят средства от дебиторов. Нормативным значением данного показателя признается коэффициент не менее 0,7. На ЗАО «ТБКЗ «KVINT»» значение этого показателя за три года выше нормативного, что свидетельствует о рациональной организации расчетов с дебиторами, а также о возможности своевременных расчетов с кредиторами.

3. *Коэффициент текущей ликвидности (общий коэффициент покрытия):*

$$K_{т.л} = \frac{\text{оборотные (мобилизованные) средства}}{\text{краткосрочные обязательства}}; (9)$$

$$K_{т.л} (2014 \text{ г.}) = \frac{7320254}{1183574} = 6,19;$$

$$K_{т.л} (2015 \text{ г.}) = \frac{8004625}{1000782} = 8,00;$$

$$K_{т.л} (2016 \text{ г.}) = \frac{25001643}{16741653} = 1,50.$$

Коэффициент определяет способность предприятия рассчитаться по краткосрочным обязательствам всеми оборотными активами. Критическое нижнее значение показателя равно 2, однако оно считается ориентировочным. На винно-коньячном заводе в 2014 и 2015 гг. данный показатель больше 2. Это говорит о том, что оборотные активы превышают краткосрочные обязательства. В 2016 г. наблюдается обратная ситуация, следовательно, предприятие характеризуется большим превышением краткосрочных обязательств над оборотными активами.

III. Анализ доходности и рентабельности ЗАО «ТБКЗ «KVINT»».

Показатели рентабельности служат мерой доходности организации. Рентабельность является одной из базовых экономических категорий [4].

1. *Рентабельность производственной деятельности* показывает, сколько прибыли от производственной деятельности приходится на один рубль выручки от продаж продукции (товаров), работ, услуг, и рассчитывается по формуле

$$R_{\text{произв.}} = \frac{\text{прибыль от производ. деят-ти}}{\text{доход от продаж (выручка)}}; \quad (10)$$

$$R_{\text{произв.}} (2014 \text{ г.}) = \frac{1758170}{14246985} = 0,13;$$

$$R_{\text{произв.}} (2015 \text{ г.}) = \frac{2029372}{13061543} = 0,16;$$

$$R_{\text{произв.}} (2016 \text{ г.}) = \frac{2731326}{15165838} = 0,18.$$

Из расчетов видно, что рентабельность производственной деятельности больше нуля и имеет тенденцию к росту.

2. *Рентабельность хозяйственной деятельности* показывает, сколько прибыли, оставшейся после возмещения прочих расходов (расходов по инвестиционной деятельности, расходов по финансовой деятельности, других операционных расходов) и зачисления прочих доходов (доходов от инвестиционной деятельности и доходов от финансовой деятельности, других операционных доходов), приходится на один рубль выручки от финансово-хозяйственной деятельности.

$$R_{\text{хоз.}} = \frac{\text{прибыль (до налогообложения)}}{\text{доход от финанс.-хозяйств. деятельности}}; \quad (11)$$

$$R_{\text{хоз.}} (2014 \text{ г.}) = \frac{1557831}{14355643} = 0,11;$$

$$R_{\text{хоз.}} (2015 \text{ г.}) = \frac{1877223}{13147678} = 0,15;$$

$$R_{\text{хоз.}} (2016 \text{ г.}) = \frac{2467281}{15284395} = 0,17.$$

Значение данного показателя за весь анализируемый период имеет тенденцию к росту, что является положительным фактором для предприятия.

3. *Рентабельность реализованной продукции* показывает, какую сумму прибыли получает предприятие с каждого рубля проданной продукции.

$$R_{\text{реал.}} = \frac{\text{прибыль от производ. деятельности}}{\text{себестоимость продаж + коммерческие расходы + общие и администр. расходы}}; \quad (12)$$

$$R_{\text{реал.}} (2014 \text{ г.}) = \frac{1758170}{10225790 + 247693 + 2015332} = 0,14;$$

$$R_{\text{реал.}} (2015 \text{ г.}) = \frac{2029372}{8963879 + 224549 + 1843743} = 0,18;$$

$$R_{\text{реал.}} (2016 \text{ г.}) = \frac{2731326}{10113223 + 266614 + 2054672} = 0,22.$$

В 2014 г. на один рубль реализованной продукции приходится 0,14 руб. прибыли, в 2015 г. – 0,18 руб., в 2016 г. – 0,22 руб.

4. *Рентабельность всего капитала* показывает, какая часть чистой прибыли приходится на рубль имущества организации, насколько эффективно оно используется.

$$R_{\text{всего капитала}} = \frac{\text{чистая прибыль}}{\text{средняя стоимость имущества}}; \quad (13)$$

$$R_{\text{всего капитала}} (2014 \text{ г.}) = \frac{355\,530}{11\,581\,961,5} = 0,03;$$

$$R_{\text{всего капитала}} (2015 \text{ г.}) = \frac{561\,740}{11\,123\,098} = 0,05;$$

$$R_{\text{всего капитала}} (2016 \text{ г.}) = \frac{1\,017\,433}{19\,599\,041} = 0,06.$$

Как видно, рентабельность капитала имеет тенденцию к увеличению, что является положительным фактором для предприятия.

5. Рентабельность собственного капитала показывает, сколько рублей чистой прибыли приходится на один рубль собственного капитала.

$$R_{\text{с.к}} = \frac{\text{чистая прибыль}}{\text{средняя стоимость собственного капитала}}; \quad (14)$$

$$R_{\text{с.к}} (2015 \text{ г.}) = \frac{561\,740}{10\,030\,920} = 0,05;$$

$$R_{\text{с.к}} (2016 \text{ г.}) = \frac{1\,017\,433}{10\,727\,823,5} = 0,09.$$

Рентабельность собственного капитала определяет эффективность использования средств собственника, вложенных в предприятие, и позволяет сравнить их с возможным доходом от вложения этих средств в иные компании. Рентабельность собственного капитала ЗАО «KVINT» недостаточно высока, однако ее рост является положительной тенденцией.

6. Рентабельность используемого в производстве капитала показывает, сколько прибыли приходится на один рубль, вложенный в капитал, и рассчитывается по формуле

$$R_{\text{исп. в производстве капитала}} = \frac{\text{прибыль от производ. деятельности}}{\text{среднегодовая стоимость капитала} - \text{среднегодовая стоимость фин. активов}}; \quad (15)$$

$$R_{\text{исп. в производстве капитала}} (2015 \text{ г.}) = \frac{2\,029\,372}{10\,030\,920 - 1\,774\,953,5} = 0,26;$$

$$R_{\text{исп. в производстве капитала}} (2016 \text{ г.}) = \frac{2\,731\,326}{10\,727\,823,5 - 6\,171\,938} = 0,6.$$

В 2015 г. на один рубль, вложенный в капитал, приходится 0,26 руб. прибыли, в 2016 г. – 0,6 руб.

IV. Для анализа *эффективности использования основных средств* используются показатели фондоотдачи (ФО) и фондоемкости (ФЕ).

Фондоотдача показывает количество товара (или объем дохода), которое компания получает с каждого рубля основных средств (ОС), имеющихся в ее распоряжении. Фондоемкость отражает количество средств, которые необходимо вложить в основные средства для получения необходимого объема продукции. При улучшении использования активов ФО повышается, а ФЕ снижается. Если фондоемкость снижается, значит, имеет место экономия труда.

Показатель фондоотдачи рассчитывается по формуле

$$\text{ФО} = \frac{\text{выручка}}{\text{стоимость основных средств}}; \quad (16)$$

$$\text{ФО} (2014 \text{ г.}) = \frac{14\,246\,985}{7\,200\,191} = 1,98;$$

$$\text{ФО} (2015 \text{ г.}) = \frac{13\,061\,543}{7\,255\,887} = 1,80;$$

$$\text{ФО} (2016 \text{ г.}) = \frac{15\,165\,838}{7\,175\,310} = 2,12.$$

Фондоемкость – показатель, обратный фондоотдаче, характеризует стоимость производственных основных фондов, приходящуюся на один рубль продукции.

Показатель фондоемкости рассчитывается по формуле

$$\Phi E = \frac{\text{стоимость основных средств}}{\text{выручка}}; \quad (17)$$

$$\Phi E (2014 \text{ г.}) = \frac{7200191}{14246985} = 0,51;$$

$$\Phi E (2015 \text{ г.}) = \frac{7255887}{13061543} = 0,56;$$

$$\Phi E (2016 \text{ г.}) = \frac{7175310}{15165838} = 0,48.$$

Таким образом, анализ показателей, проведенный на основе данных бухгалтерской отчетности, свидетельствует о повышении эффективности использования основных средств в 2016 г. по сравнению с 2014-м. Кроме того, на предприятии наблюдается экономия труда.

По рассчитанным финансовым показателям видно, что ЗАО «ТБКЗ «KVINT»» в 2014–2015 гг. финансово устойчиво и независимо от внешних источников. Однако в 2016 г. наблюдается недостаточная устойчивость.

В процессе анализа платежеспособности и ликвидности завода была определена степень соответствия показателей нормативным значениям. На основе полученных результатов можно сделать вывод, что предприятие способно своевременно обратить активы в наличность и погасить свои обязательства.

Все показатели рентабельности положительные и имеют тенденцию к росту, что является хорошей предпосылкой.

Цитированная литература

1. Официальный сайт ЗАО «ТБКЗ «KVINT»» // <http://www.kvint.md/>
2. Приказ Министерства экономики ПМР № 669 от 02.12.2010 г. «Об утверждении методических рекомендаций по оценке финансовой устойчивости хозяйствующих субъектов Приднестровской Молдавской Республики».
3. **Бочаров В.В.** Финансовый анализ: Краткий курс. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2009. – 240 с.
4. **Колчина Н.В., Поляк Г.Б., Павлова Л.П. и др.** Финансы предприятий: учебник для вузов / под ред. проф. Н.В. Колчиной. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 447 с.

УДК 821.161.2-2

АНАЛИЗ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВНЫМИ ОПЕРАЦИЯМИ КОММЕРЧЕСКОГО БАНКА НА ПРИМЕРЕ ОАО «ЭКСИМБАНК»

А.И. Падалко

Обосновано значение коммерческих банков для экономики государства, рассмотрена организационно-экономическая характеристика ОАО «Эксимбанк», виды предоставляемых услуг в разрезе клиентской базы. Изучена валюта баланса, проведен анализ управления активными операциями, в котором оценены активы с позиции доходности, ликвидности, рискованности, сформулированы выводы.

Ключевые слова: *ОАО «Эксимбанк», активные операции, качество активов, анализ управления активными операциями.*

ANALYSIS OF THE MANAGEMENT OF ACTIVE OPERATIONS OF A COMMERCIAL BANK ON THE EXAMPLE OF OJSC «EXIMBANK»

A.I. Padalko

The article justifies the importance of commercial banks for the state economy, considers the economic-organizing characteristics of OJSC "Eximbank", the types of services, provided in the context of the client base. The currency of the balance is studied, the analysis of management of active operations is conducted, in which the assets are evaluated from the position of profitability, liquidity, riskiness, the conclusions are formulated.

Keywords: *OJSC "Eximbank", active operations, asset quality, analysis of management of active operations.*

Актуальность исследования обусловлена, прежде всего, тем, что комплексная разработка теоретических и практических вопросов, которые раскрывают содержание активов коммерческого банка, процесс формирования ресурсной базы и управления ею, является важной проблемой в современной банковской системе ПМР.

Именно от формирования правильной ресурсной базы банковской системы зависит экономическое развитие страны в целом. Банковская система является одним из приоритетных направлений развития государства в части формирования инвестиционно-го потенциала бизнеса и промышленности.

Для раскрытия темы исследования была изучена сущность управления активными операциями на примере конкретно-го коммерческого банка.

Термин «коммерческий банк» возник на самых ранних этапах развития банковского дела, когда банки обслуживали в основном торговлю, товарообменные операции и платежи. Главными клиентами являлись торговцы. Банки кредитовали транспортировку, хранение и другие операции, связанные с товарообменом [1, с. 103].

Сегодня коммерческие банки являются важнейшим звеном рыночной экономики. В процессе их деятельности опосредуется большая часть денежного оборота в государстве, происходит формирование источников капитала для расширенного воспроизводства путем перераспределения

временно свободных денежных средств всех участников воспроизводственного процесса – государства, хозяйствующих субъектов, населения. При этом коммерческие банки способствуют переливу капиталов из наименее эффективных отраслей и предприятий национальной экономики в наиболее конкурентоспособные [2, с. 126].

В процессе своей деятельности банки выполняют две разновидности операций: активные и пассивные. Связь между активными и пассивными операциями коммерческого банка чрезвычайно сложна: без пассивных операций невозможны активные, а без активных операций пассивные становятся бессмысленными. Главной целью банковских операций является увеличение доходов и сокращение расходов. И все же активные операции коммерческого банка имеют одно из первостепенных значений, так как процессы образования кредитных ресурсов и их использования находятся в тесной взаимосвязи. В результате активных операций банк получает основную часть доходов. Активные операции – это операции, вследствие которых банки размещают имеющиеся в их распоряжении ресурсы для получения прибыли и поддержания ликвидности. От качества банковских активов зависят достаточность капитала и уровень принимаемых кредитных ресурсов, а структура активов в значительной степени определяет платежеспособность, ликвидность банка и, следовательно, его надежность [3, с. 45].

Так как банк заботится не только о получении собственной прибыли, но и об увеличении доходов своих клиентов, то для этого необходимо аккумулировать временно свободные денежные средства физических лиц и хозяйствующих субъектов. В результате проведения активных операций банк реализует имеющиеся у него ресурсы [4, с. 179].

К экономическим методам управления активными операциями коммерческого банка относятся:

1) метод общего фонда средств, направленный на объединение всех ресурсов. Впоследствии совокупные средства распределяются между теми видами активов, которые считаются подходящими. Преимущества метода: банку предоставляется свобода выбора активных операций; при формировании политики часть средств выделяется на поддержание ликвидности банка, а другая – на банковские операции, приносящие доход. Недостатки метода: решение о структуре размещения денежных средств является субъективным, что может принести дополнительный риск и отсутствие четких ориентиров по установлению достаточного уровня ликвидности;

2) метод размещения активов (метод конверсии средств), основанный на том, что размер необходимых банку ликвидных средств зависит от источников привлеченных средств. Преимуществом этого

метода является возможность более точно установить минимальную границу резервов первой и второй очереди, что позволяет больше средств направлять на предоставление ссуд и приобретение ценных бумаг, увеличивая таким образом доходность банка. К недостаткам относится отсутствие четких критериев распределения средств по отдельным категориям активов и нерешенность вопроса о взаимосвязи принципов ликвидности и прибыльности.

Для управления активными операциями необходимо применить какой-либо из методов. Как правило, банки используют метод распределения активов, который позволяет более детально оценить качество активов с позиции:

- ликвидности,
- доходности,
- рискованности.

Ликвидность банка – это способность обеспечить своевременное и полное исполнение своих обязательств [6, с. 269]. Рассмотрим качество активов с позиции ликвидности на примере ОАО «Эксимбанк» (рис. 1, табл. 1).

В 2016 году в долевом соотношении произошло увеличение высоколиквидных активов в три раза, или на 11 090 982,58 руб. ПМР, что является хорошим показателем, поскольку высоколиквидные активы – это активы со 100%-ной ликвидностью, т. е. их можно использовать для

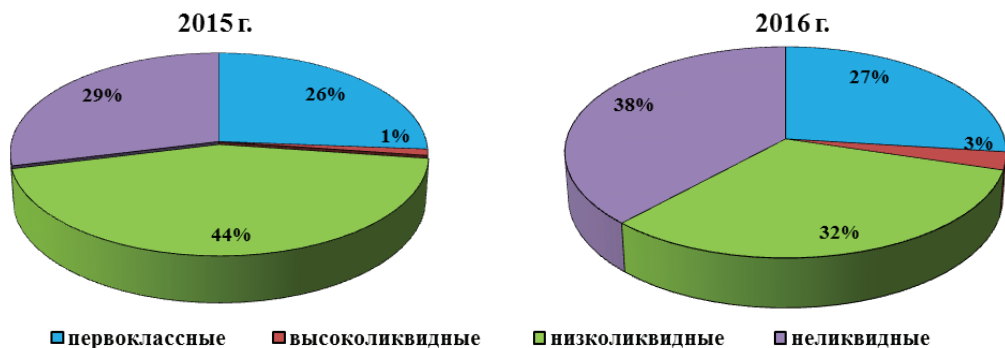


Рис. 1. Качество активов ОАО «Эксимбанк» с позиции ликвидности

выполнения обязательств сразу, избегая дополнительных операций, связанных с каким-либо риском (кредитным, рыночным, операционным) [7, с. 15].

Низколиквидные активы сократились на 12 %, или на 183 772 897,91 руб. ПМР, что означает снижение числа краткосрочных и долгосрочных ссуд, которые в меньшей степени стали участвовать в факторинговых и лизинговых операциях.

В долевом соотношении неликвидные активы возросли на 9 %, или на 10 803 731,62 руб. ПМР. В результате в ОАО «Эксимбанк» увеличилось число

просроченных ссуд и обменно-валютных пунктов в целом по республике.

Таким образом, несмотря на важность высоколиквидных активов, банк не забывает о поддержании доли низколиквидных активов, поскольку с их помощью создаются резервы, используемые лишь в крайних, критических случаях.

Далее перейдем к рассмотрению активов с позиции доходности. Данный анализ проводится на основе группировки статей актива баланса путем разделения их на производительные и непроизводительные (табл. 2, рис. 2).

Таблица 1

Качество активов ОАО «Эксимбанк» с позиции ликвидности

Активы	2015 г.	Уд. вес	2016 г.	Уд. вес	Абсолютное отклонение (2016 г. к 2015 г.)
Первоклассные	258 140 271,00	26,21	20 854 904,05	26,96	- 49 597 366,95
Высоколиквидные	9 936 414,81	1,01	21 027 397,39	2,72	11 090 982,58
Низколиквидные	432 629 184,51	43,92	248 856 286,60	32,17	-183 772 897,91
Неликвидные	284 317 222,28	28,86	295 120 953,90	38,15	10 803 731,62

Таблица 2

Качество активов ОАО «Эксимбанк» с позиции доходности

Активы	2015 г.	Уд. вес	2016 г.	Уд. вес	Абсолютное отклонение (2016 г. к 2015 г.)
Производительные	432 629 184,51	43,92	248 856 286,60	32,17	-183 772 897,91
Непроизводительные	552 393 908,09	56,08	524 691 255,34	67,83	-27 702 652,75

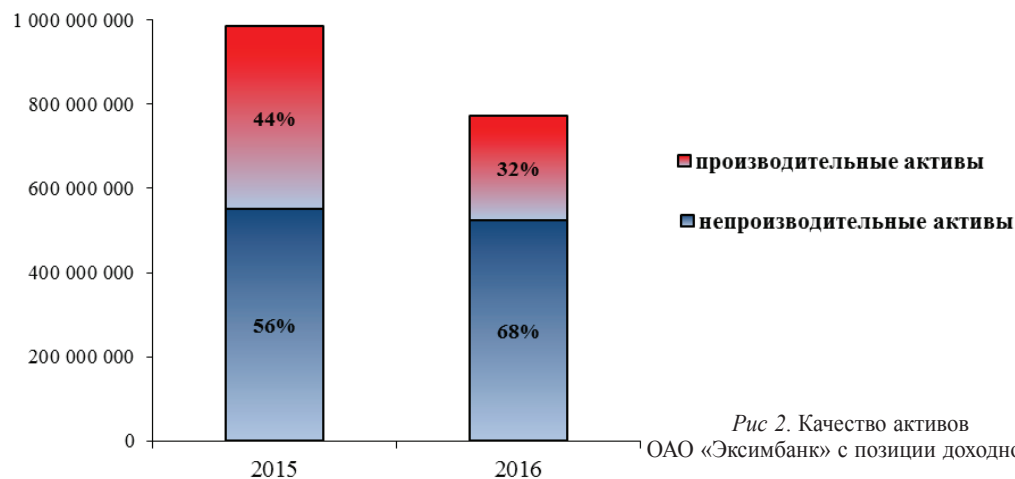


Рис. 2. Качество активов ОАО «Эксимбанк» с позиции доходности

В 2016 году удельный вес производительных активов снизился на 12 %, или на 183 772 897,11 руб., что объясняется уменьшением объема выдачи кредитов. Снижение доли производительных активов не свидетельствует об изменении их качества. Сокращение объема производительных активов произошло в результате списания безнадежных ссуд и просроченной задолженности из фонда риска или перенесения на финансовый результат и изъятия из оборота прочих нерентабельных активов.

Важнейшим элементом в деятельности коммерческих банков в целом является выполнение обязательных нормативов, которые устанавливает ЦБ, так как он осуществляет контроль и надзор за деятельностью коммерческих банков [8, с. 252]. Невыполнение обязательных нормативов приводит к увеличению рисков.

Оценивать качество активов можно и с позиции рискованности (табл. 3).

Из табл. 3 видно, что обязательные нормативы [9] ОАО «Эксимбанк» выполняет в соответствии с установленными значениями.

Перейдем к анализу эффективности использования активов. Цель анализа активов заключается в определении их жизнеспособности и правильности отражения их стоимости в отчетности банка. Основ-

ным видом деятельности банка является формирование и размещение кредитно-инвестиционных ресурсов, поэтому показателем активности банка служит удельный вес кредитно-инвестиционного портфеля в его активах [2, с. 438]:

$$\begin{aligned} \text{Активн. банка} &= \\ &= \frac{\text{чист. задолж. по кредитам}}{\text{всего активов}} \cdot 100 ; (1) \\ 2015 \text{ г.} &= \frac{432629184,51 + 1505389,55}{985023092,60} = 44,07; \\ 2016 \text{ г.} &= \frac{248856286,60 + 2196439,38}{773547541,94} = 32,45. \end{aligned}$$

В 2016 году произошло снижение доли кредитно-инвестиционного портфеля. Такая тенденция в общих активах банка свидетельствует о его попытках понизить прибыльность активов, не пренебрегая их ликвидностью. Однако показатели активности банка на протяжении рассматриваемого периода ниже 65 %, следовательно, кредитно-инвестиционная политика ОАО «Эксимбанк» пассивная. Коэффициент работоспособности показывает, в какой мере банк использует имеющиеся у него ресурсы для получения дохода:

$$\begin{aligned} \text{Коэф. работоспособ. активов} &= \\ &= \frac{\text{производительные активы}}{\text{всего активов}} ; (2) \\ 2015 \text{ г.} &= \frac{432629184,51}{985023092,60} = 0,44; \\ 2016 \text{ г.} &= \frac{248856286,60}{773547541,94} = 0,32. \end{aligned}$$

Допустимое значение этого коэффициента в пределах 0,80–0,85. Следует отметить, что коэффициент работоспособности активов ОАО «Эксимбанк» находится

Таблица 3

**Показатели ликвидности активов
ОАО «Эксимбанк» с позиции рискованности**

Показатель	Значение	Фактическое значение, %	
		2015 г.	2016 г.
Норматив мгновенной ликвидности (Н2.1)	min 20 %	77,90	212,65
Норматив текущей ликвидности (Н2.2)	min 50 %	51,80	111,13
Норматив долгосрочной ликвидности (Н2.3)	max 120 %	59,20	44,38

ниже допустимых пределов. Таким образом, можно сделать вывод, что банк использует имеющиеся у него ресурсы для получения дохода не в полной мере. Коэффициент нагрузки производительных активов показывает, сколько неработающих активов приходится на один рубль активов, приносящих доход:

$$\text{Коэф. нагр. произв. актив.} = \frac{\text{непроизводительные активы}}{\text{производительные активы}}; \quad (3)$$

$$2015 \text{ г.} = \frac{552393908,09}{432629184,51} = 1,28;$$

$$2016 \text{ г.} = \frac{524691255,34}{248856286,60} = 2,11.$$

В 2016 году коэффициент вырос более чем в 1,5 раза вследствие увеличения непроизводительных активов. Коэффициент использования привлеченных средств рассчитывается по формуле

$$\text{Коэф. исп. привл. ср.} = \frac{\text{привлеченные средства}}{\text{чист. задолжен. по кред.}}; \quad (4)$$

$$2015 \text{ г.} = \frac{547746455,01}{432629184,51} \cdot 100 = 126,61;$$

$$2016 \text{ г.} = \frac{450983706,91}{248856286,60} \cdot 100 = 181,22.$$

Таким образом, он превышает 100 %, следовательно, портфель депозитов формируется опережающими темпами по сравнению с темпами роста кредитной организации. Это говорит об использовании привлеченных средств не только в качестве кредитных ресурсов, но и как источника других активных операций [10, с. 178].

Результаты расчетов сведены в табл. 4.

Таким образом, мы можем заключить, что в 2016 году происходило снижение

Таблица 4

Анализ эффективности использования активов ОАО «Эксимбанк»

Показатель	2015 г.	2016 г.	Допустимое значение
Активность банка, %	44,07	32,45	65
Коэффициент работоспособности активов	0,44	0,32	0,80–0,85
Коэффициент нагрузки производительных активов	1,28	2,11	1,00
Коэффициент использования привлеченных средств, %	126,61	126,61	100 %

валюты баланса, связанное в основном с сокращением таких статей, как чистая задолженность по кредитам и приравненная к ней задолженность, чистые вложения в ценные бумаги, приобретенные для торговли, средства в кредитных организациях, средства кредитных операций в ПРБ.

Цитированная литература

1. Банковское дело: учебник / под ред. Е.Ф. Жукова, Н.Д. Эриашвили. – М.: ЮНИТИ, 2016. – 687 с.
2. Тавасиев А.М., Алексеев Н.К. Банковское дело: словарь официальных терминов с комментариями. – М.: Дашков и К, 2015. – 656 с.
3. Финансовый менеджмент в коммерческом банке: учебное пособие / Сост.: И.В. Толмачева, И.В. Вагаман. – Тирасполь, 2017. – 160 с.
4. Юрова Т.Ф. Деньги. Кредит. Банки. – Тирасполь, 2014. – 244 с.
5. Официальный сайт ОАО «Эксимбанк» // <http://bankexim.com/>
6. Жуков Е.Ф. Банковское дело: учебник. – Люберцы: Юрайт, 2015. – 591 с.
7. Андриюшин С.А. Кредитная активность российских банков: состояние и перспективы // Банковское дело. – 2015. – № 3. – С. 95.

8. Печникова А.В. Банковские операции: учебник. – М.: Форум, 2017. – 368 с.
9. Сведения об обязательных нормативах // Вестник Приднестровского республиканского банка // <http://www.cbpmr.net/data/prbvd206.pdf> (дата обращения 08.06.2017).
10. Костерина Т.М. Банковское дело: учебник для СПО. – Люберцы: Юрайт, 2015. – 332 с.
11. Балакин С. Перспективы и направления развития банковской деятельности // Проблемы теории и практики управления. – 2016. – № 8. – С. 134.

УДК 336.717.3

ДЕПОЗИТНЫЕ ОПЕРАЦИИ КАК ИСТОЧНИК БАНКОВСКИХ РЕСУРСОВ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОЙ ЭКОНОМИКИ НА ПРИМЕРЕ ОАО «ЭКСИМБАНК»

И.В. Толмачева, Е.А. Вербанова

Описано значение и роль депозитных операций для деятельности коммерческого банка и экономики государства в целом. Проанализированы депозитные средства, размещенные в конкретном коммерческом банке за последние семь лет, выявлены факторы, влияющие на их объем. В заключение исследования предложен ряд мер, направленных на стимулирование населения и юридических лиц размещать денежные средства на депозитных счетах коммерческого банка.

Ключевые слова: коммерческий банк, клиент, депозитные операции, ресурсы коммерческого банка, депозитная политика, депозитная ставка.

DEPOSIT OPERATIONS AS A SOURCE OF BANK RESOURCES IN THE CONDITIONS OF MODERN ECONOMY USING THE EXAMPLE OF OJSC «EXIMBANK»

I.V. Tolmacheva, E.A. Verbanova

The article describes the significance and the role of deposit operations for the activities of a commercial bank and the state economy as a whole. The author conducted a detailed analysis of deposit funds for a specific commercial bank over the past seven years. The factors were identified that affect their volume. In conclusion of the study, a number of measures are proposed, directed to stimulate the population and legal persons to put money in the deposit accounts of a commercial bank.

Keywords: commercial bank, client, deposit operations, commercial bank resources, deposit policy, deposit rate.

Снижение темпов роста экономики Приднестровья требует укрепления финансовой системы страны и ее банковской составляющей, уменьшения рисков кризиса и обеспечения стабильности банковского сектора. Главная роль в этом принадлежит банковским вкладам населения.

Спектр банковских услуг по привлечению денежных средств физических лиц постоянно расширяется [1, с. 98].

Наполнение ликвидностью кредитных организаций в значительной мере зависит от банковских вкладов населения при соответствующем доверии к этой системе [2, с. 147].

Банковская система предназначена для постоянного развития реальной экономики и удовлетворения потребностей населения, а не только для получения прибыли кредитными организациями.

Актуальность темы исследования обусловлена:

– во-первых, стоящей перед приднестровскими банками задачей повышения эффективности управления финансовыми, интеллектуальными, материальными и информационными ресурсами для достижения устойчивого развития;

– во-вторых, важностью определения путей совершенствования депозитной политики банков. Целью депозитных операций является соблюдение интересов банка и улучшение ликвидности его баланса, своевременное выполнение обязательств перед клиентами, что предполагает знание основных правил, лежащих в основе депозитных операций.

Научная новизна заключается в разработке рекомендаций по совершенствованию депозитных операций в Приднестровье.

Процесс исследования опирался на широкое использование общенаучных методов познания: метода горизонтального и вертикального анализа, метода сравнения.

Проанализируем депозитные операции на примере коммерческого банка – ОАО «Эксимбанк».

Открытое акционерное общество «Экспортно-импортный банк» – это государственный банк с коммерческим подходом, выступающий агентом государства по поддержке и развитию отечественных производителей – экспортеров, а также компаний, которые занимаются импортом технологий, оборудования и продукции, необходимых для развития экономики ПМР.

Организация является универсальным коммерческим банком, который постоянно расширяет спектр предоставляемых услуг и внедряет новейшие банковские технологии.

Клиентская база ОАО «Эксимбанк» представлена предприятиями и компаниями газовой отрасли, торговли, промышленности и сельского хозяйства.

Рассмотрим структуру депозитных размещений и изъятий юридическими и физическими лицами за период 2010–2016 годов, приведенную в табл. 1.

В 2010 году на долю розничных вкладов пришлось 1617,6 млн руб., или порядка 85 % совокупных размещений (45,6 % годом ранее), в связи с чем они прочно заняли позицию основного источника ресурсов для банковской системы. Суммарный

Таблица 1

Структура депозитных размещений и изъятий юридическими и физическими лицами за период 2010–2016 гг. [3–9]

	2010 г.		2011 г.		2012 г.		2013 г.		2014 г.		2015 г.		2016 г.	
	млн руб.	уд. вес, %	млн руб.	уд. вес, %	млн руб.	уд. вес, %	млн руб.	уд. вес, %	млн руб.	уд. вес, %	млн руб.	уд. вес, %	млн руб.	уд. вес, %
Объем размещенных депозитов														
Всего:	1900,6	100,0	2552,6	100,0	2013,3	100,0	2733,7	100,0	2555,1	100,0	1984,7	100,0	1166,0	100,0
– физических лиц	1617,6	85,1	1837,4	72,0	1841,4	91,5	1851,9	67,7	1445,8	56,6	1260,8	63,5	796,9	68,3
– юридических лиц	283,0	14,9	715,2	28,0	171,9	8,5	881,8	32,3	1109,3	43,4	723,9	36,5	369,1	31,7
Объем изъятых депозитов														
Всего:	1688,4	100,0	2154,7	100,0	1771,4	100,0	2361,8	100,0	2247,9	100,0	2305,0	100,0	1235,9	100,0
– физических лиц	1269,3	100,0	1777,9	82,5	1632,9	92,2	1746,2	73,9	1578,0	70,2	1475,0	64,0	943,7	76,4
– юридических лиц	419,0	24,8	376,9	17,5	138,5	7,8	615,6	26,1	669,9	29,8	829,9	36,0	292,2	23,6

объем изъятых в отчетном году вкладов составил 1269,3 млн руб. (+23,9 %), или порядка 78 % от суммы размещенных средств. Кардинального перераспределения в структуре показателя не наблюдалось. Таким образом, чистый приток размещений физических лиц в коммерческих банках достиг 348,2 млн руб., что в 1,8 раза превысило значение прошлого года. В разрезе сроков положительное сальдо сохранилось по всем составляющим. В отличие от вкладов физических лиц, возросших в отчетном году, депозиты корпоративных клиентов сократились достаточно критично: их объем составил 283,0 млн руб., или порядка 20 % от базисного объема. Так, результатом операций юридических лиц с временно свободными ресурсами стало нетто-изъятие средств со счетов в банках в размере 136,0 млн руб., что в 2,3 раза ниже показателя 2009 года. Данная динамика сложилась под влиянием изменения с положительного на отрицательное сальдо по вкладам.

В 2011 году объем размещенных депозитов как физических, так и юридических лиц превысил показатели прошлого года на 219,8 и 432,2 млн руб. соответственно. Объем изъятых срочных размещений составил 376,9 млн руб. Результатом операций корпоративных клиентов с временно свободными ресурсами стал нетто-приток на счета в банках в размере 338,4 млн руб., тогда как годом ранее наблюдался чистый отток (-136,0 млн руб.). Данная динамика стала следствием движения средств по счетам. С периодом размещения более года сумма их пополнения превысила величину изъятия на 354,0 млн руб., тогда как годом ранее ситуация была обратной (-133,0 млн руб.).

Нетто-приток финансовых ресурсов в коммерческие банки республики по каналам депозитных операций в 2012 году составил 365,7 млн руб., что на 56,6 млн руб. ниже значения 2011 года. В целом общее

состояние данного сегмента отражает снижение активности населения и организаций на финансовом рынке по сравнению с показателями двух предшествующих лет.

Объем изъятых в течение года хозяйствующими субъектами средств составил 138,5 млн руб., т. е. на 22,9 % больше, чем в предыдущем году. Нетто-приток на депозитные счета юридических лиц составил 33,4 млн руб., что более чем в 10 раз ниже значения 2011 года. Данная величина сложилась в результате положительного сальдо депозитных операций первого и последнего кварталов 2012 года, чистый приток составил 62,2 млн руб. Всего по депозитным счетам населения и предприятий за анализируемый год сформировался чистый приток финансовых ресурсов в банки Приднестровья в размере 241,9 млн руб., что ниже значения предыдущего года на 156,0 млн руб., или на 39,2 %.

Отсутствие свободных денежных средств сказывается не только на возможности их накопления с целью получения дополнительного дохода от финансовых операций. Более серьезной является проблема ограниченности кредитной активности, что затрудняет выход отечественных производителей на новый качественный уровень развития.

Совокупная величина средств, поступивших за отчетный период на срочные депозитные счета банков, составила 2733,7 млн руб. (+35,8 % к показателю 2012 года), превысив сумму изъятий на 15,7 %. Общим итогом осуществленных транзакций на депозитном рынке стал нетто-приток финансовых ресурсов на уровне 371,9 млн руб. Если в отношении пополнения депозитов очевидна их равнозначность на протяжении ряда лет, то в отношении изъятий ситуация иная. Отток накоплений сложился на уровне 94,3 % объема привлеченных за год средств, составив 1746,2 млн руб. (+6,9 % к базисному показателю). Ранее размещенные валютные ресурсы были

изъяты в сумме 1528,6 млн руб., что на 6,9 % превысило уровень 2012 года и сформировало 87,5 % совокупной величины снятых с банковских счетов сумм.

На протяжении последних трех лет пополнение вкладов населения происходит практически в равных масштабах. Ежегодно на срочные счета банков направляется порядка 1800–1900 млн руб.

Разгорание кризиса в соседней Украине, неопределенность в отношении последствий вступления Республики Молдова в зону всеобщей торговли ЕС, резкая девальвация национальной валюты стран – основных торговых партнеров естественным образом сказались на динамике показателей депозитно-кредитного рынка. Особенно подвержены влиянию вклады населения. В течение 2014 года отмечался снижающийся тренд депозитных накоплений, который по итогам года вылился в чистый отток средств со срочных вкладов физических лиц. Поддержать ресурсную базу банковского сектора удалось за счет депозитных размещений корпоративных клиентов.

Тенденцией 2014 года стало снижение темпов наполняемости накопительных счетов в коммерческих банках республики, вызванное сокращением поступлений временно свободных денежных средств со стороны населения, и ослабление интереса граждан и корпоративных клиентов к заемному капиталу.

В депозитном секторе вследствие снижения активности граждан на фоне умеренного роста размещений юридических лиц пополнение ресурсной базы финансового сектора сократилось относительно прошлогоднего уровня на 6,5 %. Совокупная величина депонированных на срочных счетах физических лиц средств уменьшилась на 406,1 млн руб. и составила 1445,8 млн руб., или 56,6 % всех размещенных в коммерческом банке депозитов. За 2014 год граждане сняли с депозитных

счетов 1578,0 млн руб. (–9,6 % от базисного значения), что превысило объем вновь размещенных ресурсов на 9,1 % (–5,7 % от прошлого года). Основная доля изъятий (85,5 %) пришлось на валютные средства, депонированные ранее на период свыше года. Ресурсы, размещенные на краткосрочной основе, были изъяты в сумме 563,9 млн руб., что близко к базисному уровню (–2,5 %).

Результатом сберегательных операций населения в отчетном периоде стал нетто-отток денежных средств из банков на уровне 132,2 млн руб. при зафиксированном в базисном периоде притоке ресурсов в финансовый сектор в размере 105,7 млн руб. Основное влияние на сложившийся результат оказало движение по счетам учета депозитов на срок свыше трех лет, в разрезе которых сформировалась отрицательная величина, равная –118,1 млн руб.

Резкое ухудшение внешнеэкономических условий, снижение ценовой конкурентоспособности отечественной продукции вызвали падение объемов производства, экспортных поставок, а также спад в инвестиционной сфере. Фактором, существенно повлиявшим на состояние финансового сектора республики, стало уменьшение доходов населения. На фоне оттока средств со срочных депозитов происходило снижение активности в сегменте кредитования. Сложившаяся динамика депозитно-кредитных операций впервые с 2011 года сформировала общий отток ресурсов из банковской системы в объеме 111,7 млн руб. Ухудшение внешнеэкономической конъюнктуры, внутренние экономические и финансовые проблемы, вызвавшие снижение доходов населения, обусловили сохранение отрицательного сальдо по депозитным операциям физических лиц, которое в отличие от прошлого года в отчетном не было перекрыто размещениями временно свободных средств юридических лиц.

По итогам периода впервые с 2010 года зафиксирован нетто-отток средств и со срочных депозитных счетов хозяйствующих субъектов. В целом объем размещенных в банковской системе республики срочных депозитов уменьшился до 1984,7 млн руб., т. е. на 22,3 %. При этом совокупная сумма изъятий составила 2305,0 млн руб., или 102,5 % к уровню 2014 года. В результате за отчетный год срочная депозитная база коммерческих банков сократилась до 2208,9 млн руб. (на 12,6 %), в том числе средства на соответствующих счетах юридических лиц составили 1089,9 млн руб., физических – 1119,0 млн руб., т. е. уменьшились на 8,9 % и 15,9 % соответственно.

В течение 2016 года в розничном сегменте финансового рынка на фоне слабого спроса на заемные ресурсы сохранялась тенденция оттока средств со срочных вкладов. В то же время со стороны корпоративного сектора наблюдался значительный рост объемов ссудных операций, сопровождавшийся сокращением размещений временно свободных средств на срочных счетах в коммерческих банках. Результатом депозитно-кредитных операций физических и юридических лиц по итогам отчетного года стал приток ресурсов в банковскую систему в объеме 374,0 млн руб. С учетом операций кредитования органов государственной власти на покрытие дефицита бюджета сложился нетто-отток средств в размере 248,1 млн руб.

Отток средств со вкладов физических лиц за 2016 год составил 943,7 млн руб., превзойдя величину размещений на 18,4 %. Превышение объемов изъятий розничных депозитов над вновь размещенными средствами фиксировалось на протяжении всего года и привело к формированию в сегменте отрицательного сальдо соответствующих операций в размере –146,8 млн руб. (–214,3 млн руб. годом ранее).

Совокупное изъятие средств с депозитов хозяйствующих субъектов за 2016 год составило 292,2 млн руб., сформировав нетто-приток временно свободных средств в банковском секторе в размере 76,9 млн руб. Учитывая структуру депозитов юридических лиц и их концентрацию, итоговый результат в большей степени определялся действиями клиентов одного банка республики.

В целом по итогам 2016 года объем размещенных в банковской системе республики срочных депозитов составил 1166,0 млн руб., или 58,7 % базисного уровня. Сложившийся показатель является минимальным за семь последних лет, уступая вдвое среднему показателю за этот период.

Рассмотрев структуру депозитных размещений и изъятий юридическими и физическими лицами за период 2010–2016 годов, можно сделать вывод, что приток депозитов в банки зависит от экономической ситуации в республике и за ее пределами в силу непризнанности нашего региона.

Современная депозитная политика банков требует постоянного совершенствования. Определим основные направления повышения ее эффективности:

- Решение проблемы асимметричности информации через создание информационной системы правдивости и доступности информации относительно платежеспособности, ликвидности, рентабельности и прибыльности банков.
- Совершенствование нормативно-правового регулирования защиты средств юридических и физических лиц, находящихся на депозитном счете.
- Создание выгодных условий для активизации применения банками неценовых и ценовых методов маркетинговой политики, что дает возможность увеличить заинтересованность юридических и физических лиц в размещении средств на депозитных счетах, предложить индивидуальным вкладчикам большой комплекс

высококачественных услуг, улучшить качество обслуживания.

- Улучшение качества обслуживания за счет использования современных информационных технологий в банковской сфере, а также повышение квалификации работников банка.

- Упрощение режима функционирования депозитных счетов, в том числе перечисление с депозитных счетов и выдача наличных, применение срочных вкладов с дополнительными взносами, порядок зачисления средств во вклады [10, с. 80].

Рассмотрим некоторые предложения, побуждающие предприятия и население хранить денежные средства на депозитных счетах в банках:

- Для наибольшей заинтересованности клиентов банк может предложить выплату процентов по размещенным вкладам вперед с целью компенсации инфляционных потерь. В данном случае вкладчик при размещении средств на определенный срок сразу же получает полагающийся ему доход. Однако в случае, если договор будет расторгнут досрочно, банк пересчитает проценты по вкладу и свыше нормы выплаченные суммы будут удержаны из суммы вклада.

- С целью поддержания устойчивого положения и динамичного развития на рынке депозитных услуг в банке необходимо создать систему страхования депозитов. Данная система будет выгодна и клиенту, и банку. Для клиентов система страхования депозитов будет интересна с точки зрения сохранности их вкладов при возможном банкротстве банка, что предоставит данному банку преимущества над другими банками, где такая система отсутствует. Эта система обеспечит банку дополнительный приток временно свободных средств юридических лиц и населения во вклады, так как клиенты будут уверены, что их вклады защищены в кризисных ситуациях [11, с. 80].

- Проведение обоснованной депозитной политики предполагает не только совершенствование действующей системы вкладов как форм аккумуляции денежных средств, но и создание специальной системы экономических стимулов. С одной стороны, эти стимулы должны побуждать предприятия, организации и население хранить свои текущие накопления и денежные доходы на тех или иных депозитных счетах, а с другой – мотивировать банки развивать различные виды вкладов, внедрять более прогрессивные формы депозитных счетов. Для вкладчиков важным стимулом является уровень процента по депозитам.

- Клиентам с различным уровнем дохода банк мог бы рекомендовать существенно новые финансовые услуги, например соединение традиционного депозитного вклада с целым набором небанковских услуг – туристических, страховых или по покупке потребительских товаров со скидкой [12, с. 1894].

Одним из главных механизмов регулирования ситуации по привлечению денежных сбережений в банковскую систему является процентная политика.

При разработке комплексного подхода к проблемам процентной политики в области депозитных операций следует учитывать, во-первых, необходимость обеспечения их увязки с процентными ставками по пассивным банковским операциям, а во-вторых, объективность условий установления процентов по всем видам вкладов, экономическую обоснованность соответствующих процентных ставок. Построение эффективной процентной политики любого банка должно исходить из необходимости достижения оптимального привлечения свободных денежных средств на счета в банки, получения всеми подразделениями банка прибыли, а также обеспечения гарантий социально-экономической защищенности вкладчиков.

Для увеличения вкладов населения банкам необходимо рассматривать целесообразность разработки планов вовлечения средств граждан в инвестиционный процесс, предполагающий конкретные программы их привлечения с использованием различных видов вкладов: целевых (на отдых, обучение), премиальных, пенсионных, конверсионных, инвестиционных, накопительных для несовершеннолетних, накопительных с автоматическим перечислением части заработной платы и иных [13, с. 165].

Однако, несмотря на разнообразие вкладов, в стране отсутствуют принципиально новые формы привлечения средств населения. Хотя и говорится о постоянном росте доверия жителей Приднестровья к банковской системе, значительная их часть все еще боятся вкладывать свои сбережения в экономику республики (особенно в приднестровских рублях). В связи с этим банкам рекомендуется разрабатывать и внедрять такой вид вклада в национальной валюте, при котором основная его сумма будет привязана к какой-либо стабильной иностранной валюте (доллару США, евро, российскому рублю). Это позволит увеличить объем привлеченных средств населения в приднестровских рублях, повысить уверенность вкладчиков в защите их сбережений от негативных последствий инфляции и, кроме того, даст возможность гражданам получить дополнительный доход.

Цитированная литература

1. **Лаврушин О.И.** Деньги. Кредит. Банки: учебник / под ред. О.И. Лаврушина. – М.: КНОРУС, 2016. – 448 с.
2. **Мерцалова А.И.** Учет и операционная деятельность в кредитных организациях: кассовые, расчетные, депозитные и кредитные операции: учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2016. – 256 с.
3. Вестник Приднестровского республиканского банка: информ.-аналит. издание / ПРБ [УМАиРДО]. – 2011. – № 2. – 42 с.
4. Вестник Приднестровского республиканского банка: информ.-аналит. издание / ПРБ [УМАиРДО]. – 2012. – № 3. – 69 с.
5. Вестник Приднестровского республиканского банка: информ.-аналит. издание / ПРБ [УМАиРДО]. – 2013. – № 3. – 67 с.
6. Вестник Приднестровского республиканского банка: информ.-аналит. издание / ПРБ [УМАиРДО]. – 2014. – № 2. – 42 с.
7. Вестник Приднестровского республиканского банка: информ.-аналит. издание / ПРБ [УМАиРДО]. – 2015. – № 2. – 69 с.
8. Вестник Приднестровского республиканского банка: информ.-аналит. издание / ПРБ [УМАиРДО]. – 2016. – № 2–3. – 112 с.
9. Вестник Приднестровского республиканского банка: информ.-аналит. издание / ПРБ [УМАиРДО]. – 2017. – № 1. – 64 с.
10. **Кривчанская А.В.** Депозиты и депозитная политика банков в современных условиях // Вестник научных конференций. – 2016. – № 10-6. – С. 80–87.
11. **Осколкова Н.А.** Проблемы правового статуса вкладчика кредитной организации // Банковское дело. – 2017. – № 2. – С. 80–85.
12. **Илюнина Д.А., Луняков О.В.** Сущность и роль депозитных ресурсов коммерческого банка // Финансы и кредит. – 2017. – Т. 23, вып. 32. – С. 1894–1910.
13. **Трошин А.Н., Мазурина Т.Ю., Фомкина В.И.** Финансы и кредит: учебник. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 416 с.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ БЕЗНАЛИЧНЫХ РАСЧЕТОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В ПМР

Ю.М. Сафронов, Е.В. Допилко

Представлен опыт создания и развития международных платежных систем, актуальный в период перехода от локальных систем банковских карт к общенациональной платежной системе. Рассмотрены перспективы его применения в Приднестровской Молдавской Республике. Изучено современное состояние глобального рынка безналичных расчетов с использованием банковских карт.

Ключевые слова: банковская карта, локальная платежная система, международная платежная система, электронные расчеты, Приднестровье.

INTERNATIONAL EXPERIENCE OF DEVELOPMENT OF NON-CASH PAYMENT SYSTEM AND PROSPECTS OF ITS APPLICATION IN PMR

Yu.M. Safronov, Eu.V. Dopilko

The article presents the experience of creation and development of international payment systems, urgent during the transition from local bankcard systems to a nation-wide payment system. The prospects of its application in Pridnestrovian Moldavian Republic are described. The current state of the global market for non-cash payments using bankcards is studied.

Keywords: bankcard, local payment system, international payment system, electronic payments, Pridnestrovie.

Широкое применение во всем мире банковских пластиковых карт в качестве средства платежа подтверждает тот факт, что использование данного банковского инструмента значительно облегчает отношения покупателей и продавцов товаров и услуг, а также упрощает снятие наличных денежных средств со счетов физических лиц. Держатели международных банковских карт могут пользоваться ими практически в любой стране мира для совершения покупок, обналичивания денежных средств и, кроме того, имеют возможность оперативно контролировать состояние своего банковского счета. Предоставление скидок и программы лояльности делают банковские карты дополнительным инструментом потребительского кредита. Еще одним преимуществом является то, что данная система платежей позво-

ляет пользователям контролировать размер и структуру своих расходов во времени.

Повышение эффективности национальной экономики, получение конкурентного преимущества на мировом уровне во многом зависит от организации, удобства и безопасности действующих платежных систем для всех субъектов рынка. Государства, стремящиеся к обеспечению прозрачности финансовых потоков (в особенности в сфере торговли, общественного питания, транспорта), снижению издержек платежной системы, росту потребительского кредитования и развитию разветвленной банковской системы, обычно заинтересованы в развитии системы безналичных расчетов с использованием банковских карт, включая специальные меры для сокращения сферы наличных расчетов [1].

Возникновение и развитие карточных платежных систем произошло в 50–60-е годы XX века в США. Для того времени был характерен масштабный рост и глобализация национальной экономики, что стало главной предпосылкой и мощным импульсом появления в стране платежных систем. Их развитию способствовал рост покупательной способности населения, потребность экономики в высокоэффективных финансовых инструментах, достижения научно-технического прогресса.

Становление платежных систем имело некоторые особенности. Так, первоначально развитие отдельных конкурирующих систем осуществлялось неупорядоченно и было основано лишь на возможностях банка-лидера. Более того, параллельно функционировали кредитные и торговые карты, ставшие впоследствии универсальными. В 1958 году Bank of America в Калифорнии и Chase Manhattan Bank в Нью-Йорке впервые приступили к эмиссии универсальных кредитных карт. Компания American Express разработала свою карту, а спустя несколько лет на рынке появилась компания Diners Club. Однако со временем наблюдалась глобализация платежных систем с созданием ассоциаций, предоставляющих надежную инфраструктуру и качественные услуги. Так, в 1966 году в результате объединения четырех крупнейших банков Калифорнии появилась карта Master Charge.

Создание первых платежных систем в США привело к формированию рыночно конкурирующих платежных систем, получивших статус мировых, а также к проникновению электронных платежных технологий во все сферы экономики.

Развитие потребительского кредитования в Соединенных Штатах способствовало активному выпуску кредитных карт как банками, так и торговыми организациями. Банки и банковские объединения, выдающие и не выдающие ссуды клиентам, стали предлагать помимо популярных

видов кредитных карточек (Master Charge и Americard) карты, к настоящему времени выведенные из оборота, такие как: Town & CountryCards, Everything Cards, Interbank Cards, Midwest Bank Cards. Предполагалось, что главной особенностью банковских карточек станет не столько возможность кредитования, сколько потенциал для создания мировой системы безналичных расчетов. Таким образом, уже к началу 1970-х годов фактически сложилась современная система национальных и международных безналичных расчетов с использованием банковских карточек, представленная ведущими мировыми платежными системами. Международная платежная система Visa отделилась от главного банка – Bank of America, который лицензировал участие других банков на базе своих расчетных возможностей, и стала ассоциацией. Сегодня Visa является крупнейшей ассоциацией, включающей более 21 тыс. банков из 190 стран. Члены компании выступают ее совладельцами и устанавливают правила деятельности [2]. Официально объявленная цель Visa – содействовать развитию бизнеса входящих в ассоциацию банков, помогать в реализации стоящих перед ними задач посредством предоставления надежной инфраструктуры и качественных услуг платежной системы.

Касательно возникновения платежных систем на основе банковских карточек в Российской Федерации необходимо отметить, что этап актуализации банковских карт в качестве инструмента кредитования начался в стране в первой половине 2000-х годов. Данный период характеризовался увеличением количества банков-эмитентов, с одной стороны, и повышением благосостояния населения, с другой стороны, а также совпадением экономических интересов производителей и потребителей карточных услуг.

За весь период существования российских систем с начала 90-х годов про-

лого столетия ни одна из них не только не сумела заполучить значительную долю на международном рынке, но и не достигла конкурентных преимуществ в своей стране. Причиной послужил комплекс законодательных, технических, организационных и других проблем финансового сектора. При этом основными причинами стали низкая капитализация банков-эмитентов по сравнению с мировыми лидерами и отсутствие достаточных инвестиций для наращивания рабочего капитала.

Ситуация немного изменилась в конце 2015 года, когда была запущена российская национальная платежная система «МИР», которая по своему функционалу сходна с мировыми аналогами. На конец апреля 2017 года было эмитировано свыше 5 млн этих карт [3].

Упомянув о платежной системе «МИР», необходимо отметить, что ведутся переговоры о присоединении к ней платежной системы Приднестровья [4]. Это позволит приднестровским держателям карт совершать операции как внутри, так и за пределами Приднестровья, что значительно увеличит возможности и удобство использования банковских карт гражданами нашего государства и фактически превратит приднестровские карточные платежные системы в международные.

Исторически внедрение и распространение банковских карт осуществлялось различными способами, однако функциональные возможности безналичных платежных систем практически идентичны, за исключением небольших различий. В Европе внедрение этого инструмента происходило в основном в качестве замещения традиционной чековой системы с акцентом на дебетовые схемы. В условиях развивающихся рынков (в том числе в России) с меньшим уровнем доходов населения и большей их дифференциацией таким средством создания эффекта массовости стало внедрение зарплатных дебетовых карт [5].

Среди множества банковских карточных платежных систем, используемых в Европе, интерес представляет одна из наиболее развитых, поскольку этот проект изначально был попыткой создания исключительно национальной платежной системы. В 1996 году компания Geiseke & Devrient разработала карточную платежную систему GeldKarte, которая в настоящее время поддерживается банковским сектором Германии, Австрии, Франции и Исландии. Она является одной из наиболее известных и крупных по числу держателей карт в Европе. В обращении находится более 68 млн карт GeldKarte, средняя сумма платежа по которым составляет 2 евро, причем активно используется всего около 10 % карт (более одной операции в месяц) [5]. Большое число эмитированных карт связано с тем, что они зачастую предоставляются банками бесплатно; чипы карты GeldKarte также устанавливаются в качестве дополнения на традиционные кредитные карточки. Кроме того, GeldKarte предоставляет ряд дополнительных услуг:

- использование карты в качестве электронного билета;
- подсчет времени парковки;
- хранение бонусов в системах лояльности;
- использование карты в качестве туристической карты;
- оплата товаров и услуг в интернет-магазинах.

Платежная система GeldKarte заняла определенный сегмент на рынке, она не включается в крупнейшие международные платежные системы, а ведет свою деятельность совместно с ними.

Как видно, функционал карт платежной системы GeldKarte выходит за рамки традиционной формы использования банковских карточек в качестве платежного средства. Тем не менее реализация дополнительных функций невозможна без создания инфраструктуры, а также соответствия самих карт

ее элементам. В этом и видится проблема приднестровских карточных платежных систем, которые в основном используются:

- для снятия наличных денег в банкоматах;
- оплаты покупок при наличии POS-терминалов;
- совершения операций в системе «Интернет-банкинг».

Держатели не могут совершать покупки в зарубежных интернет-магазинах (по очевидным причинам) и, более того, не могут полноценно пользоваться карточкой в онлайн-сервисах приднестровских компаний (за исключением «Интернет-банкинга»), например при покупке билетов на развлекательные мероприятия (процедура многоступенчатая; видится большой потенциал для ее упрощения и повышения удобства пользования).

В зарубежных странах действует множество локальных карточных платежных систем, для которых выход на международный рынок не является приоритетной целью [6]. Несмотря на это, они функционируют достаточно эффективно. К примеру, в Европе существуют десятки систем на основе смарт-карт, которые несовместимы друг с другом. Как правило, такие карты используются при безналичной оплате общественного транспорта, парковки, в почтовых отделениях, для покупки небольших штучных товаров в вендинговых автоматах и пр. Достижения научно-технического прогресса и быстрые темпы развития информационных компьютерных технологий привели к выпуску банковских пластиковых карт со встроенным микропроцессором (чипом), который наряду с привычной магнитной полосой необходим для проведения транзакции.

Со временем значительно расширились и возможности пополнения электронных карточек. Теперь банковский счет можно пополнить контактным и бесконтактным способом, а также через Интернет посредством

услуги «Интернет-банкинг». Несмотря на то что современная пластиковая смарт-карта фактически содержит два электронных кошелька – для контактных (например, для получения наличных денежных средств) и бесконтактных (например, для оплаты парковки) платежей, оба они прозрачны для пользователя, поскольку система обслуживания карт обеспечивает надежную синхронизацию депозитов в обоих кошельках. Удобство использования, а также развитая инфраструктура способствуют повышению привлекательности банковских пластиковых карт.

В процессе развития банковских платежных систем имело место государственное стимулирование и конкуренция между ведущими международными карточными системами в Европе и США. После объединения Master Card с Europay возникла глобальная конкурентная система, представленная крупными системами Master Card, Visa, American Express, Diners Club и различными локальными (национальными) системами, которые дополняют международные системы. Конкуренция между этими сетями и меньшими компаниями, а также возможности НТП привели к технологическому прорыву в сфере пластиковых карт, включая снижение издержек обращения, повышение скорости и надежности проведения расчетов, оперативности всех платежей, усиление мер безопасности от мошенничества, расширение функциональности карточек.

С начала 1990-х годов в развитии платежных систем ярко выделяются две тенденции – рост доли дебетовых карточек (в настоящее время их количество составляет более 1 млрд во всем мире), а также развитие электронной торговли. Необходимо отметить, что электронная торговля в ее современном виде в Приднестровье практически отсутствует, поскольку неразвита система электронных платежей, вследствие чего не создаются интернет-магазины. Поэтому формирование эффективной и удобной системы электронных расчетов для по-

ребительского сектора видится хорошей предпосылкой для развития электронной торговли в нашем регионе.

Операции с использованием банковских карт в зарубежных странах стали преимущественным средством платежа, которое позволяет существенно снизить проблемы, возникающие при обращении традиционных бумажных денег, платежных документов и при доступе к товарам и услугам. Развитие многих отраслей мировой экономики, в особенности туризма, развлечений и отдыха, способствует стимулированию спроса на безналичные платежные карточки. Состояние безналичных расчетов и степень развития банковской системы взаимосвязаны и взаимообусловлены. Критерием такого развития может служить наличие банковских счетов у граждан старше 16 лет. В странах с развитой экономикой этот показатель составляет 85–98 % (Япония, Австралия, Германия), в среднеразвитых государствах он достигает 45–55 % (Малайзия, Южная Африка, Аргентина), а в развивающихся странах – составляет всего 20–35 % (Мексика, Польша, Индия) [7].

Для стран со слаборазвитой экономикой карточные платежные системы являются колоссальным прорывом в доступе значительной части населения с низким уровнем дохода к современным финансовым технологиям и инструментам. Развитие электронных платежных систем как средства расчетов потребителей и выплаты доходов повышает прозрачность финансовых потоков в странах с теневой экономикой и способствует увеличению налоговых поступлений в бюджет.

Рассматривая возможность применения международного опыта по развитию системы безналичных платежей в Приднестровье, приходим к выводу, что одного лишь увеличения эмиссии банковских карточек и точек обслуживания недостаточно. Необходимо развивать инфраструктуру

преимущественно в направлении электронной торговли, создавать возможности использования карт приднестровских банков за рубежом (в том числе в зарубежных интернет-магазинах).

При обеспечении адекватной законодательной базы и развитой инфраструктуры безналичная система платежей создает предпосылки для ускорения интеграции страны в глобальную экономику. Вместе с тем государства с развитой экономикой обладают более современными электронными системами платежей и кредита, что положительно воздействует на экономический рост.

Мировая система платежей на основе банковских пластиковых карт прошла путь от изначально неупорядоченного развития отдельных конкурирующих систем во главе с банком-лидером на базе его расчетных возможностей до всемирной интеграции платежных систем с созданием крупных ассоциаций, предоставляющих высококачественные услуги наряду с развитой и надежной инфраструктурой.

Цитированная литература

1. **Титоренко Г.А.** Автоматизированные информационные технологии в экономике. – М.: ЮНИТИ, 2009.
2. Официальный сайт Visa // <http://www.visa.com.ru> (дата обращения 13.06.2017).
3. Официальный сайт ПС «МИР» // <http://mironline.ru> (дата обращения 13.06.2017).
4. Вестник Приднестровского республиканского банка. – 2017. – № 7. – С. 42–43.
5. **Копытин В.Ю.** Обзор платежных систем Европейского союза // Расчеты и операционная работа в коммерческом банке. – 2006. – № 11. – С. 29–30.
6. **Челноков В.А.** Эволюция денег, кредита и банков. – М.: Финансы и статистика, 2008.
7. **Ревенков П.В.** Электронный банкинг. – М.: Регламент, 2009.

ПРИНЯТИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИИ О ЗАТРАТАХ

Т.П. Стасюк, Е.М. Загадайлова

Обоснована необходимость принятия эффективных управленческих решений молокоперерабатывающих предприятий на основе информации о затратах и раскрыты инструменты для получения этой информации в рамках грамотно выстроенной системы управленческого учета.

Ключевые слова: управленческое решение, система управленческого учета, анализ безубыточности производства, политика ценообразования, управленческая отчетность.

EFFECTIVE MANAGERIAL DECISIONS ON ENTERPRISES OF MILK-PROCESSING INDUSTRY BASED ON THE INFORMATION ON COST

T.P. Stasuk, E.M. Zagadailova

The article considers the necessity of effective managerial decisions on milk-processing enterprises on the basis of the information on cost. The instruments to obtain this information are revealed in the frame of a competently built management accounting system.

Keywords: management decision, management accounting system, analysis of break-even production, pricing policy, management reporting.

Залогом успешного функционирования и динамичного развития производственного предприятия является высокий уровень организации производственного процесса и надлежащее качество принимаемых управленческих решений. В условиях рыночных отношений молокоперерабатывающие предприятия несут полную ответственность за результаты своей деятельности.

Недостатком существующих учетно-аналитических систем предприятий молочной промышленности ПМР является отсутствие важной для управленческого звена любого уровня информации в нужном объеме и виде, а также грамотно налаженных механизмов, в том числе учитывающих отраслевую специфику экономических субъектов и позволяющих сгенерировать, проанализировать и предоставить руководству качественно новую информацию. Более того, принимаемые руководством решения по развитию и ор-

ганизации производства зачастую не подкреплены соответствующими расчетами и обычно носят интуитивный характер.

Как показывает практика, предприятия, имеющие сложную производственную структуру, остро нуждаются в получении оперативной информации, в частности по затратам, помогающей оптимизировать все виды затрат и максимизировать прибыль, принимать экономически обоснованные управленческие решения. Именно поэтому особое значение приобретает проблематика построения эффективной комплексной системы управленческого учета и в ее рамках управленческой отчетности (внутренней отчетности), особенно в части учета и предоставления информации о затратах.

Проблема построения эффективных систем управленческого учета сегодня для предприятий молокоперерабатывающей отрасли актуальна как никогда, поскольку

результативность и финансовая устойчивость экономического субъекта по праву являются показателями грамотных и своевременных управленческих решений.

Обеспечение непрерывности производства и поддержание объемов реализации на оптимальном уровне с максимально возможным удовлетворением потребительского спроса по качеству, ассортименту и количеству являются приоритетными задачами в достижении главной цели – максимизации прибыли.

Особенностью предприятий молокоперерабатывающей отрасли является материалоемкость производственного процесса. Наличие скоропортящегося сырья – молока и готовой продукции с коротким сроком годности требует поддержания страховых запасов в небольшом объеме для обеспечения устойчивости и непрерывности всех стадий производственного цикла. Определение оптимального объема запасов, в свою очередь, является одной из задач, которые решаются на основании данных, полученных в системе управленческого учета.

Построение на предприятиях молокоперерабатывающей отрасли системы управленческого учета приобретает на современном этапе развития экономики ПМР важнейшее значение как для достижения целевых ориентиров, так и для повышения качества управленческих решений, принимаемых менеджерами всех уровней. Ядром системы управленческого учета, как показывает практика, является учетно-аналитическая система в части затрат экономического субъекта.

Другим ключевым инструментом эффективной системы управленческого учета служит анализ безубыточности производства «затраты – объем – прибыль», среди задач которого выделяется определение оптимального объема производства. Принятие решений об оптимальных объемах производства, в свою очередь, является комплексной задачей, которая должна

включать проведение анализа безубыточности производства «затраты – объем – прибыль» по каждому виду производимой продукции для формирования более целостной картины о реальном положении дел.

Значимость данного анализа отмечают многие авторы. В частности, И.Г. Кукукина анализирует «затраты – объем – прибыль» рассматривает в качестве анализа поведения затрат, в основе которого лежит взаимосвязь затрат, выручки, объема производства и прибыли. Анализ понимается как инструмент планирования и контроля [1].

Ч.Т. Хорнгрен, Дж. Фостер отмечают: «Управленческие модели, основанные на изучении взаимоотношений затрат, объема производства и прибыли (CVP-анализ), трактуются иногда более узко как анализ критической точки» [2].

Анализ взаимосвязи «затраты – объем – прибыль» позволяет отыскать наиболее выгодное соотношение между переменными затратами, постоянными затратами, ценой и объемом производства продукции и часто используется для краткосрочного планирования и оценки альтернативных решений. Более того, он является ключевым фактором в процессе принятия многих управленческих решений, касающихся вопросов определения ассортимента выпускаемых изделий, объема производства, типа маркетинговой стратегии и т. д.

Ключевыми элементами анализа являются:

1. *Маржинальный доход* – разница между выручкой от реализации и суммой переменных затрат.

2. *Порог рентабельности* (точка безубыточности) – в натуральном и стоимостном выражении – показатель, характеризующий объем продукции, при котором предприятие не имеет ни прибыли, ни убытка.

3. *Производственный леверидж* – отношение маржинального дохода к прибыли – механизм управления прибылью

предприятия в зависимости от изменения объема реализации продукции.

4. *Маржинальный запас прочности*, который определяется отношением разности фактической и пороговой выручки к фактической выручке в процентах [3].

Отнесение товаров молокоперерабатывающего предприятия к социально значимым, а также тот факт, что процент рентабельности продаж не должен превышать установленной государством величины, предопределяют особую потребность руководящего звена в расчете безубыточного объема производства.

Болевой точкой многих предприятий сегодня является отсутствие грамотно разработанной и обоснованной политики установления цен с учетом отраслевой специфики экономического субъекта. Поскольку основным источником дохода для молокоперерабатывающего предприятия выступает выручка от реализации, а размер выручки, или величина дохода от продаж, прямым образом зависит от объемов выпуска и цен реализации продукции, то еще одним направлением повышения эффективности управленческих решений и улучшения показателей финансово-хозяйственной деятельности предприятия представляется разработка эффективной политики ценообразования. Важно отметить, что эффективная политика установления цены также является элементом системы управленческого учета.

Как известно, все методы ценообразования разделяются на три большие группы: ориентированные на издержки производства (затратные методы), на конъюнктуру рынка (рыночные методы) и параметрические методы. Очевидно, что методика ценообразования должна максимально справедливо способствовать покрытию всех издержек (полной себестоимости) и, что немаловажно, обеспечивать запланированный уровень прибыли. На практике, как правило, именно затратные

методы способствуют установлению аргументированной цены [4].

Политика ценообразования должна быть обусловлена глубоким управленческим анализом, основанным на полных фактических калькуляциях, которые формируются именно в системе управленческого учета. Заметим, что в системе финансового учета фактическая себестоимость формируется иным способом, регламентированным СБУ № 2 «Запасы», и не включает ряд расходов, которые предусматриваются при формировании полной себестоимости в системе управленческого учета, являющейся базой для установления цены на продукцию. Более того, грамотная методика распределения косвенных затрат и калькулирования себестоимости продукции может стать хорошим базисом для реализации эффективной политики ценообразования. При распределении косвенных затрат важно учитывать, что для каждого вида накладных затрат эффективнее всего выбирать такие базы распределения, которые непосредственно характеризуют возникновение этих накладных затрат. Методика распределения накладных затрат оказывает прямое влияние на себестоимость и, как следствие, на прибыль по каждому виду производимой продукции.

Еще одним ключевым элементом системы управленческого учета является управленческая отчетность.

Управленческая отчетность – это система детальной и конкретной информации об имуществе, капитале, обязательствах, доходах и расходах организации, хозяйственных процессах и их результатах, о внутренних и внешних факторах, оказавших влияние на достигнутые результаты, необходимой управленческому персоналу для прогнозирования, планирования, организации, контроля и регулирования деятельности хозяйствующего субъекта [5].

Комплект форм управленческой отчетности может варьироваться в зависимости от требований руководства, а также от уровня менеджера, для которого они предназначены. Например, внедрение перечня-кодификатора причин и виновников отклонений от норм по расходу сырья и материалов на предприятии молокоперерабатывающей отрасли поможет выявить причины и виновников возникновения сверхнормативных затрат. Сопоставляя отчеты о продажах и произведенной продукции с отчетом о наличии запасов материалов (сырья), можно оперативно выяснить и сформировать отчет о требуемых закупках материалов (сырья).

Обобщив вышеизложенное, можно резюмировать, что грамотное аккумулирование и использование учетно-аналитической информации, в том числе в части учета затрат на предприятиях молокоперерабатывающей отрасли, приведет к улучшению их финансового состояния и максимизации прибыли. Такие элементы системы управленческого учета, как проведение анализа безубыточности производства, разработка справедливой методики ценообразования, внедрение форм управленческой отчетности, являются действенными направлениями повышения

качества и эффективности управленческих решений на всех уровнях управления.

Цитированная литература

1. **Кукучкина И.Г.** Управленческий учет: учебное пособие. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 400 с.
2. Бухгалтерский учет: управленческий аспект: пер. с англ. / под ред. Я.В. Соколова. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 416 с.
3. **Стасюк Т.П.** Система управленческого учета как информационная база для принятия управленческих решений // Сб. матер. Республ. научно-практич. конф. «Управление и маркетинг: перспективы развития в условиях экономики Приднестровья». – Тирасполь: Ликрис, 2013. – С. 125–135.
4. Административно-управленческий портал, конспект лекций Т.А. Фроловой: Ценообразование на предприятии // http://www.aup.ru/books/m217/8_3.htm
5. **Стасюк Т.П.** Формирование системы бухгалтерской управленческой отчетности в части затрат на производство для повышения качества информационного обеспечения менеджмента на предприятиях ПМР // Сб. матер. научно-практич. конф. ППС эконом. фак-та ПГУ им. Т.Г. Шевченко по итогам 2014 г. – Тирасполь: Ликрис, 2015. – С. 4–14.

УДК 336.64

ОСОБЕННОСТИ РОССИЙСКОЙ МОДЕЛИ КОРПОРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

И.В. Ватаман, И.А. Канна

Рассматривается специфика корпоративного управления в Российской Федерации, сложившаяся под влиянием ряда особых факторов. Проводится их анализ. Сравняется российская модель корпоративного управления с другими моделями управления, которые ранее сформировались в развитых странах.

Ключевые слова: корпорация, корпоративное управление, модели управления, акционеры-собственники, инвесторы.

FEATURES OF THE RUSSIAN CORPORATE GOVERNANCE MODEL

I.V. Vataman, I.A. Kanna

In the article the authors consider the specifics of corporate governance in the Russian Federation, which has developed under the influence of the special factors. The authors analyze the factors. The main features of the Russian corporate governance are explored, compared with other management models that were formed early in developed countries.

Keywords: *corporation, corporate governance, management models, shareholders-owners, investors.*

В настоящее время при активном развитии бизнеса и его интеграции в общественные отношения все большую значимость приобретают вопросы открытости компаний, эффективного управления ими, прибыльности и обеспечения защиты прав всех заинтересованных сторон. Данные задачи призвано решать корпоративное управление.

Несмотря на давность появления данного термина за рубежом, однозначного определения до сих пор не существует. Вместе с тем специалисты в области управления сходятся во мнении, что профессиональное корпоративное управление (англ. – *corporate governance*) является одним из факторов повышения инвестиционной привлекательности компании и ее рыночной стоимости [1, с. 170].

Сущность корпоративного управления состоит в предоставлении акционерам возможности контролировать и мониторить деятельность менеджмента и таким образом достигать своей цели – увеличения капитализации компании. Подобный контроль должен сочетать в себе внутренние механизмы управления и внешние механизмы регулирования. Акционеры хотят четко знать, какую именно ответственность перед ними несут высшие должностные лица компании за достигнутые результаты. Инвесторы хотят понимать, будет ли у них реальная возможность влиять на принятие важных решений.

По-настоящему российская модель корпоративного управления стала форми-

роваться только в начале XXI века. Этому способствовало повышение внимания к корпоративному управлению со стороны государства, необходимость привлечения западных инвестиций, потребность в соответствии международным стандартам ведения бизнеса.

Все национальные системы корпоративного управления основываются на четырех моделях корпоративного управления: англо-американской, немецкой, японской и семейной [2, с. 32].

В российском законодательстве отсутствует такая организационно-правовая форма, как корпорация, следовательно, отсутствует и однозначное определение понятия «корпоративное управление».

Российская модель корпоративного управления, как и любая другая модель, развивается с учетом историко-политической и экономической эволюции страны. Именно поэтому уже признанные модели корпоративного управления, сложившиеся в различных развитых государствах, не могут рассматриваться как единственный ориентир и применяться в чистом виде в российских реалиях. В связи с этим сегодня стоит вопрос о формировании собственной, отечественной модели корпоративного управления.

Следует отметить, что в основе формирования моделей корпоративного управления и различий между ними лежат два основных аспекта: отношения собственности и контроля, оказывающие

влияние на правовое регулирование соответствующих отношений. Модели корпоративного управления отличаются характером распределения контрольных и управленческих функций между органами, а также типичными конфигурациями органов акционерного общества, наличием или отсутствием особого контролирующего органа (наблюдательного совета), призванного через наблюдение за исполнительными органами гарантировать интересы акционеров.

Гражданским кодексом Российской Федерации и Федеральным законом от 26.12.1995 г. № 208-ФЗ «Об акционерных обществах» предусмотрена трехуровневая система управления акционерным обществом: общее собрание акционеров; совет директоров (наблюдательный совет); исполнительный орган (единоличный, а в некоторых случаях и коллегиальный (правление)). Такая система по форме напоминает трехзвенную германскую модель, но, по сути, в большей степени соответствует англо-американской модели, в которой функции управления и контроля четко не разделены. Так, например, имеется возможность избрания членов правления в совет директоров акционерного общества. При этом лицо, являющееся единоличным исполнительным органом общества, может выступать одновременно и членом совета директоров. Другими словами, функции управления и контроля могут осуществлять одни и те же лица в рамках формально самостоятельных органов управления [3].

Более того, для формирующихся российских корпоративных отношений основной характерной чертой является *высокая концентрация собственности*. Доминирование крупных собственников, отсутствие реальных механизмов защиты прав мелких инвесторов, высокие транзакционные издержки на рынке капитала приводят к тому, что структура собствен-

ности в российских компаниях не меняется либо меняется очень медленно. Таким образом, риск смены контроля над компанией не оказывает никакого влияния на менеджмент и его работу.

В большинстве компаний уровень концентрации собственности настолько высок, что собственник управляет всеми процессами в компании, включая оперативную деятельность. Данная предпосылка ведет к еще одной специфической черте российского корпоративного управления – *нарушению принципа разделения собственности и управления* [4].

Следующая черта российского корпоративного управления – *неразвитость рынка ценных бумаг* и невозможность привлечения средств мелких инвесторов. В реальности на российском фондовом рынке обращаются акции только крупных российских компаний. В настоящее время отсутствует определенная тенденция развития отечественных биржевых площадок. Незначительную роль играют такие категории инвесторов, как физические лица, паевые инвестиционные фонды (ПИФ), доля которых резко снизилась после кризиса 2008 г. Большие надежды на развитие площадок ММВБ и РТС связывали с негосударственными пенсионными фондами. Однако финансовые кризисы и ограниченная ресурсная база привели к низкому и достаточно монотонному инвестированию данных фондов. Средства Государственного пенсионного фонда РФ также не оказывают существенного влияния на развитие фондового рынка, что связано с законодательным ограничением перечня возможных вариантов инвестирования для фонда. Таким образом, основным (до 70 %) источником финансирования компаний выступают собственные средства.

Данная ситуация усугубляется наличием еще одной специфической черты российского корпоративного управления, такой как *тяжелое финансовое положение*

ние многих компаний, обострившееся в результате финансового кризиса 2008 г., введения экономических санкций в 2014 г. Подобная ситуация осложняется колебаниями валютного курса, удорожанием и без того дорогих заемных ресурсов, что связано с политикой Центрального банка РФ, который только в 2014 г. шесть раз менял ставку рефинансирования в сторону увеличения. Все это не может не оказывать влияния на деятельность компаний, которые сталкиваются с невозможностью эффективного стратегического корпоративного управления в столь динамично меняющихся условиях функционирования.

Еще одной характерной чертой российской модели корпоративного управления является *сохранение влияния государства на деятельность крупных компаний* («РЖД», «Газпром», «Роснефть», «Лукойл» и др.). В данном случае возникает конфликт интересов государства как собственника и как высшего контролирующего органа.

Также к особенностям развития корпоративного управления следует отнести *отсутствие необходимого числа профессиональных менеджеров*. Так, до 90-х гг. в стране отсутствовала подготовка управленцев, ориентированных на осуществление своей деятельности в условиях рыночной экономики. В настоящее время будущие менеджеры стремятся получить образование в престижных бизнес-школах, формировать управленческое искусство, посещая управленческие поединки, приглашая в особо сложных ситуациях профессионалов – консультантов по управлению. Однако многие руководители не уделяют своему профессионализму и его росту достаточного внимания, считая, что главное – обладать властью. Таким образом, слабая конкуренция среди менеджеров высокого уровня приводит к завышению их окладов, их размыванию

в компаниях (увеличению количества менеджеров среднего и низшего звена) и их неадаптивному поведению.

Кроме того, для российского корпоративного управления характерна непубличность бизнеса, непрозрачность информации о деятельности компаний, захват олигархическими группировками власти в корпорациях, пассивная роль трудовых коллективов в управлении компанией, краткосрочное инвестирование и высокий риск банкротства.

Все вышесказанное подтверждает специфику формирования и развития российской модели корпоративного управления. Она непохожа в чистом виде ни на одну из существующих в развитых странах моделей, однако имеет ряд схожих с ними черт.

Изначально российская модель формировалась на базе принципов, характерных для американской модели, однако низкая финансовая культура и экономические факторы привели к невозможности применения американской модели на практике. Так, отличительной чертой последней является сильный фондовый рынок. В России, несмотря на активное участие государства в создании финансового центра в Москве и отечественного фондового рынка, площадки ММВБ и РТС так и остались невостребованными широким кругом инвесторов. Схожими чертами российской и американской моделей выступают унитарность совета директоров, ориентация на краткосрочное инвестирование, быстрая прибыль, высокая оплата труда управленцев, построенная на премиальной (бонусной) системе [5, с. 268].

По степени концентрации собственности российская модель корпоративного управления схожа с немецкой и японской моделями. Однако в Германии преобладающую роль в составе акционеров играют коммерческие банки и другие организации (перекрестное владение), а в Японии льви-

ная доля принадлежит страховым компаниям. В России же, как уже было отмечено, в большинстве случаев акционерная собственность принадлежит узкому кругу (или одному) акционеров-собственников. Данная структура кардинально отличается от американской модели, которой присуща распыленная (дисперсная) структура с большим количеством независимых акционеров.

Слабое влияние фондового рынка и значительное влияние государства на бизнес являются схожими чертами российской и немецкой моделей корпоративного управления. В то же время жесткая вертикальная интеграция уровней управления и сосредоточение власти в руках собственников-управленцев приводят к отсутствию перекрестного владения. Совет директоров немецких компаний кардинально отличается от аналогичных органов в России или США. Так, совет директоров немецкой модели корпоративного управления является двухуровневым, что обеспечивает четкое разделение функций управления и контроля [6].

Проблема формирования в России эффективной модели корпоративного управления не может быть решена только на уровне компаний. Здесь требуется участие всех заинтересованных лиц, которые должны осознавать разницу между собственными краткосрочными интересами и долгосрочными перспективами повышения конкурентоспособности российских компаний в целом. Кроме того, необходимо содействие государства, которое может узаконить правила игры для корпораций. Одним из примеров успешного сотрудничества государства (в лице Федеральной службы по финансовым рынкам РФ) и заинтересованных лиц (Российского института директоров, Института внутренних аудиторов, Национального объединения корпоративных секретарей, Российского союза промышленников и предпринимате-

лей и т. д.) стала работа над новой редакцией Кодекса корпоративного управления, который был введен в действие в 2014 г. [7].

В заключение следует отметить, что для формирования эффективной системы корпоративного управления в России целесообразно принять такие меры, как:

- реформа российского законодательства с целью защиты руководства и сотрудников предприятий от враждебных поглощений, рейдерских захватов, насильственного установления корпоративного контроля;

- формирование нового, молодого, инициативного поколения менеджеров посредством государственной поддержки (специальные гранты для обучения за границей, управленческие резервы и т. п.);

- создание новой концепции обучения менеджменту (сеть государственных центров, университетов, НИИ и их филиалов для обучения научному управлению, сфокусированных на предоставлении практических знаний);

- вовлечение в управление корпорациями трудовых коллективов (господдержка предприятий, передающих часть акций трудовому коллективу);

- принятие на федеральном уровне закона, запрещающего непрофессиональным менеджерам занимать посты управленцев среднего и высшего звена в акционерных обществах, создание единого реестра менеджеров с системой рейтинга.

Таким образом, будущее корпоративного управления зависит от того, сможет ли бизнес и научное сообщество грамотно использовать идеи западного и восточного менеджмента, перенести их в российскую действительность и выработать базовые принципы эффективной отечественной модели корпоративного управления с учетом существующих экономических, политических и институциональных факторов.

Цитированная литература

1. **Веснин В.Р.** Корпоративное управление: учебник. – М.: ИНФРА-М, 2013. – 272 с.
2. **Бочарова И.Ю.** Бенчмаркинг в корпоративном управлении // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2012. – № 8. – С. 31–39.
3. **Рощупкин В.Г.** Особенности российской модели корпоративного управления // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2–2 // <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=22257> (дата обращения: 17.08.2017).
4. Принципы корпоративного управления ОЭСР // <http://www.corp-gov.ru/projects/principles-ru.pdf>
5. **Дементьева А.Г.** Корпоративное управление в российских и зарубежных компаниях. – М.: МГОУ, 2013. – 428 с.
6. **Дробышевская Л.Н., Саломатина Е.В.** Модели корпоративного управления: мировой опыт и российская практика // Теория и практика общественного развития. – 2011. – № 5 // http://teoria-practica.ru/rus/files/arhiv_zhurnala/2011/5/ekonomika/drobyshevskaya-salomatina.pdf (дата обращения: 17.08.2017).
7. **Семенов А.С.** В России появился новый Кодекс корпоративного управления // Акционерное общество: вопросы корпоративного управления. – 2014. – № 6 // http://gaar.ru/articles/V_Rossii_poyavilsya_novyy_Kodeks_korporativnogo_upravleniya (дата обращения: 17.08.2017).

УДК 657

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В ЭФФЕКТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ
ДЕБИТОРСКОЙ ЗАДОЛЖЕННОСТЬЮ
КОММЕРЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ***А.А. Цуркан, Е.В. Стоянова*

Исследована проблема управления дебиторской задолженностью. Предложены мероприятия по совершенствованию системы управления дебиторской задолженностью. Обоснованы системный и комплексный подходы в управлении ею как в составной части управления оборотными активами коммерческого предприятия.

Ключевые слова: дебиторская задолженность, управление дебиторской задолженностью, проблема управления дебиторской задолженностью, предприятие, кредитная политика, системный подход, комплексный подход, эффективность.

**MODERN APPROACHES TO THE EFFECTIVE MANAGEMENT
OF ACCOUNTS RECEIVABLE OF A COMMERCIAL ENTERPRISE***А.А. Tsurkan, E.V. Stoyanova*

The article examines the problem of management of accounts receivable. The measures are presented to improve the management system of accounts receivable. The authors substantiate the systemic and integrated approaches to management of receivables as the main part of the management of current assets of a commercial enterprise.

Keywords: accounts receivable, receivables management, receivables management problem, enterprise, credit policy, system approach, integrated approach, efficiency.

Серьезную угрозу финансовой стабильности предприятия представляют неплатежи, т. е. неплатежеспособность контрагентов предприятия.

Вследствие продолжающихся и даже затянувшихся кризисных явлений в экономике данная проблема стала актуальной не только для Приднестровья, но и для партнеров, коммерческих предприятий, относящихся к зарубежным агентам. Поэтому руководителям и финансовым менеджерам отечественных предприятий приходится решать ряд задач [1]:

- определение основных условий, согласно которым предприятия готовы реализовывать свою продукцию, работы или услуги;

- установление предельного уровня дебиторской задолженности (его превышение недопустимо, так как создает угрозу платежеспособности предприятия);

- предоставление постоянным и оптовым потребителям системы скидок и, наоборот, при определенных условиях продажи продукции (чаще всего при индивидуальных заказах) применение системы наценок;

- ужесточение платежной дисциплины предприятия, а когда необходимо, установление четких требований по возврату просроченной задолженности покупателями;

- снижение объемов продаж продукции бюджетным потребителям, чей долг неустанно растет, и с целью его сокращения уменьшение бюджетных поставок до полного погашения бюджетными организациями задолженности;

- расчет упущенной выгоды с целью ее предъявления при рассмотрении в судах спорных вопросов.

Проблеме управления дебиторской задолженностью посвящено много трудов как зарубежных, так и российских авторов.

Среди иностранных исследователей можно отметить Колина Друри, который акцентирует внимание на балансе правильной структуры дебиторской задол-

женности и ее влиянии на деятельность предприятия [2].

В число российских авторов, которые профессионально занимаются проблемой управления дебиторской задолженностью, входят А.И. Гончаров, О.В. Новичкова, О.А. Овчинникова, Ж.М. Корзоватых, К.В. Подгузова, И.Н. Раздерищенко, О.А. Ромадькина, Н.А. Соколова, Е.А. Сурикова и др. Многие из них уделяют особое внимание снижению объема дебиторской задолженности.

Немаловажное значение в управлении дебиторской задолженностью на отечественных предприятиях имеет осуществление поэтапного контроля за возникновением дебиторской задолженности, т. е. от поиска потенциальных покупателей и предприятий, оказывающих услуги, до наступления момента оплаты.

Кроме того, существенным фактором в управлении дебиторской задолженностью является несовершенство нормативной и законодательной базы в части востребования возврата дебиторской задолженности. В действующих нормативных актах отсутствуют четко разработанные меры по стимулированию дебиторов своевременно погашать свои обязательства.

В научной литературе нет однозначной трактовки понятия «управление дебиторской задолженностью». Современные авторы сходятся в понимании цели этого процесса, которая заключается в оптимизации уровня дебиторской задолженности. Однако ее рост далеко не всегда представляет собой проблему для предприятия. Если оно расширяет деятельность, наращивает объем продаж, то увеличивается число покупателей и соответственно может возрастать дебиторская задолженность. В данном случае нежелательными будут наличие и рост лишь просроченной дебиторской задолженности, поскольку это повышает финансовые риски предприятия, связанные с непогашением основно-

го долга, а также с отвлечением и замораживанием оборотного капитала.

Применительно к местным условиям специалисты в области управления финансами предлагают следующие мероприятия по совершенствованию системы управления дебиторской задолженностью:

- пересмотр потенциальных покупателей предприятия и исключение тех партнеров, которые чаще всего являются нарушителями договорных обязательств;

- использование бухгалтерской информации о состоянии дебиторской задолженности для корректировки предельной суммы коммерческого кредита, которая может быть предоставлена покупателям;

- использование вексельной формы расчетов с целью сокращения объема дебиторской задолженности;

- ужесточение платежной дисциплины для покупателей и прочих дебиторов, имеющих наибольший удельный вес просроченной задолженности;

- формирование принципов расчетов предприятия с контрагентами на предстоящий период;

- определение финансовых возможностей для предприятий в части предоставления коммерческого кредита покупателям после проведения жесткого отбора претендентов;

- определение суммы оборотных активов, которую предприятие может без потерь для своего финансового состояния отвлечь из хозяйственного оборота и предоставить в виде коммерческого кредита в случае недостаточности денежных средств;

- установление критерия формирования определенных условий по взысканию суммы возникшей дебиторской задолженности, когда срок ее погашения наступил или уже просрочен;

- разработка и утверждение перечня дополнительных штрафных санкций за несоблюдение сроков погашения дебитор-

ской задолженности или за иные нарушения договорных обязательств;

- применение современных форм рефинансирования возникшей задолженности в процессе разработки политики взыскания дебиторской задолженности;

- установление дифференцированного подхода к покупателям и заказчикам с целью уменьшения риска неуплаты дебиторской задолженности.

На практике известны два подхода к управлению дебиторской задолженностью – системный и комплексный [3].

Управление дебиторской задолженностью предприятия очень часто осуществляется на основе системного подхода, который заключается в комплексном применении взаимосвязанных процедур, направленных:

- на всесторонний анализ дебиторской задолженности;

- синхронизацию денежных поступлений и выплат;

- определение объема денежных средств, включаемых для инвестирования в дебиторскую задолженность;

- формирование кредитной политики;

- разработку процедуры инкассации дебиторской задолженности;

- расширение практики применения альтернативных методов погашения дебиторской задолженности;

- создание системы мотивации персонала, привлеченного для управления дебиторской задолженностью;

- формирование эффективной системы контроля движения и своевременной инкассации дебиторской задолженности [3].

Современные экономические условия позволяют использовать новую форму управления дебиторской задолженностью, какой является рефинансирование. Основными видами рефинансирования дебиторской задолженности выступают:

- факторинг;

- вексель;

- форфейтинг.

Осуществлять эффективное управление всей финансово-хозяйственной деятельностью практически невозможно без достаточного внимания к методике управления дебиторской задолженностью, которая должна сводиться к тому, чтобы у предприятия ни в коем случае не было просроченной задолженности. Успешное управление дебиторской задолженностью выполняется в несколько этапов [4].

1. Учет и контроль возникновения и движения дебиторской задолженности. Большое значение для финансового оздоровления предприятия имеют своевременно поступившие на счета предприятия денежные средства. Отсутствие средств от продажи продукции на счетах предприятия приводит к тому, что обслуживание этой задолженности обходится предприятию очень дорого, так как финансовая устойчивость и платежеспособность предприятия снижается и соответственно уменьшается возможность своевременно погашать долги, а это, в свою очередь, влечет потерю деловой репутации на рынке.

2. Расчет и утверждение кредитной политики на предприятии. Принятие решения руководством (собранием акционеров) предприятия об утверждении кредитной политики предусматривает предоставление кредита покупателям в целях своевременного погашения задолженности или недопущения просроченной задолженности. При этом аналитики совместно с менеджерами должны точно определить возможность кредитования предприятий согласно кредитной политике без вовлечения предприятия в какие-либо сомнительные сделки, в связи с чем необходимо:

- разработать типовые договоры на кредитование юридических лиц, предусматривающие в зависимости от типа задолженности различные сроки кредитования и различные условия;
- определить степень платежеспособности и кредитоспособности потенциаль-

ного потребителя, так как непосредственно от этого будут зависеть впоследствии все возможные варианты погашения задолженности дебиторами;

- рассмотреть возможности предоставления льгот или скидок при погашении задолженности за определенные действия;
- разработать порядок взаимодействия предприятия с должником в случае, когда последний не может своевременно оплачивать предоставленный кредит.

3. Информация о клиенте. Данный пункт очень важен при возникновении задолженности и рассмотрении возможности предоставления кредита для погашения задолженности. Менеджеры должны исследовать на основании полученных документов платежеспособность клиента, его возможность в финансовом плане погашать в будущем свою задолженность. В случае выявления финансовой несостоятельности клиента нужно ужесточить платежную дисциплину и при необходимости подготовить иски для взыскания дебиторской задолженности через суд, если иные мероприятия по ее взысканию не дали должного результата.

4. Расчет планов возникновения и погашения дебиторской задолженности. Здесь подразумевается тесная взаимосвязь бухгалтерской службы с аналитиками предприятия по поводу составления планов поступления дебиторской задолженности, заключения новых договоров на реализацию продукции, работы и услуг, на погашение задолженности, конечно, с четким установлением сроков погашения. Планирование имеет большое значение, так как предусматривает всевозможные поступления средств от предприятий в будущих периодах и обычно осуществляется на основании фактических данных за предыдущие периоды.

5. Контроль исполнения обязательств покупателями. Рассмотрение и подбор той или иной методики работы предприятия по взысканию задолженности означает ис-

следование всех фактов, их анализ, выявление причин и виновников, из-за которых покупатели и прочие дебиторы не могут своевременно рассчитываться по своим долгам. Можно назвать следующие причины непоступления средств и невыполнения обязательств:

– у предприятия-должника отсутствуют достаточные денежные средства вследствие сокращения объемов производства и реализации продукции, работ или услуг;

– все средства, которые были зачислены предприятием-покупателем на счета организации-поставщика, часто направляются на погашение не задолженности перед кредиторами за полученные ценности, а совсем других обязательств;

– не урегулированы все возникшие разногласия между предприятиями по поводу качества полученной продукции, работ или услуг, поэтому до окончательного решения о поставке товара средства не зачисляются на счета покупателей;

– возникли споры по поводу отгруженных товаров, так как у покупателя исчезла необходимость в полученном товаре и оно не намерено сейчас оплачивать.

Очевидно, что эффективность управления дебиторской задолженностью во многом обусловлена профессионализмом кадров, вовлеченных в этот процесс. Профессиональный уровень работников, а также ответственность, которая на них возложена, в значительной степени определяют результативность продаж и своевременность получения платежей.

Исходя из всего вышеизложенного можно сделать вывод, что менеджерам предприятия рекомендуется постоянно проверять финансовое положение дебиторов на основании представленных ими форм отчетности и в случае выявления не очень платежеспособных клиентов не заключать с ними договоров на поставку продукции, выполнение работ или оказание услуг.

К основным действиям, направленным на эффективное управление дебиторской задолженностью, можно отнести:

– постоянный контроль за дебиторской и кредиторской задолженностью, за их соотношением с учетом того, что рост дебиторской задолженности приведет к финансовым затруднениям предприятия, а это, конечно же, повлечет рост кредиторской задолженности, поскольку у предприятия не будет достаточно средств для оплаты возникших обязательств;

– постоянный контроль за состоянием дебиторской задолженности с целью выявления просроченной задолженности по всем ее видам: по расчетам с покупателями и заказчиками, по расчетам за авансы выданные, по расчетам с прочими дебиторами за оказанные ими услуги и выполненные работы;

– планирование и прогнозирование поступления средств от покупателей и прочих дебиторов на основании рассчитанных коэффициентов инкассации;

– расчет на основании данных бухгалтерского учета суммы, определяющей размер дебиторской задолженности, т. е. реальной стоимости всей дебиторской задолженности [5].

Решение вопросов по взысканию задолженности (досудебное решение споров) возможно несколькими способами:

– при помощи специализированных организаций, которые способны применять различные технологии по возврату возникшей задолженности, но при этом привлечение таких организаций должно быть согласовано с предприятиями-дебиторами;

– путем страхования сделки между покупателями и заказчиками как основного способа покрытия возможных потерь организации;

– через использование современной системы продажи своей задолженности третьим лицам (факторинг).

Однако практика показывает, что предприятиям очень тяжело вернуть за-

долженность самостоятельно, без привлечения судебных органов.

Все перечисленные способы взыскания дебиторской задолженности относятся к случаям, когда предприятие-дебитор в состоянии оплатить свою задолженность, но существуют и мероприятия для случаев, когда должник находится в кризисном состоянии и не может погасить свои обязательства, несмотря на принятие вышеуказанных мер.

Крайней мерой по взысканию просроченной задолженности с покупателей является продажа существующего долга третьим лицам, либо обмен данной задолженности на другой актив, либо использование факторинговых операций в работе предприятия.

Для предприятий, которые не в состоянии выйти из кризиса и своевременно оплатить свои обязательства, разработаны шоковые методы, т. е. разбирательства в судах, подача исковых требований с правом перехода долгов третьим лицам и т. п.

В процессе комплексного управления дебиторской задолженностью предприятия следует выделить следующие элементы:

1. Разработка и утверждение основных параметров кредитной политики.
2. Отбор поставщиков и подрядчиков для заключения договорных отношений.
3. Заключение, учет и контроль исполнения договоров с контрагентами.
4. Осуществление безналичных платежей на предприятии.
5. Учетная политика.
6. Работа комиссии по контролю состояния дебиторской задолженности предприятия.
7. Работа подразделений предприятия по взысканию сомнительной и просроченной задолженности [3].

Для того чтобы реализовать указанные направления, необходимо создать учетно-информационное обеспечение системы управления дебиторской задолженностью,

соответствующее современным требованиям менеджмента. Учетно-аналитическая информация должна подвергнуться серьезным изменениям, особенно с точки зрения аналитики и оперативности представления. В связи с этим особое значение приобретает такая система учета, которая позволит получать оперативные данные с достаточной степенью детализации для выполнения менеджерами функций, направленных на повышение эффективности управления дебиторской задолженностью.

Таким образом, предлагаемый подход обладает системностью, поскольку все функции управления взаимосвязаны, что обеспечивает целостный взгляд на вопросы управления дебиторской задолженностью и позволяет не только снизить потери от списания безнадежной дебиторской задолженности, но и сократить расходы на судебные издержки и текущие управленческие расходы за счет выявления и предупреждения проблемы на ранних этапах ее возникновения.

Цитированная литература

1. Брунгильд С.Г. Управление дебиторской задолженностью. – М.: Книжкин Дом; Астрель, 2007.
2. Друри К. Управленческий и производственный учет: вводный курс: учебное пособие. – М.: Юнити, 2005.
3. Новичкова О.В. Современные подходы к управлению дебиторской задолженностью предприятия // Финансы и управление. – 2015. – № 1. – С. 1–10.
4. Покудов А. Как управлять дебиторской задолженностью. – М.: Эксмо, 2008.
5. Овчинникова О.А., Ромадыкина М.Ю. Управление дебиторской и кредиторской задолженностью: практика применения скидок и взаимозачетов // Auditorium. – 2015. – № 2. – С. 39–43.

ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СУБЪЕКТОВ МАЛОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В ПМР

Н.В. Зеленин, Е.С. Юрко

Рассматриваются вопросы, связанные с обеспечением экономической безопасности субъектов малого предпринимательства в ПМР в условиях развивающегося конкурентного рынка, повышенного уровня рисков. Анализируется состояние рыночной среды, проблемы малого бизнеса. Предлагаются меры, направленные на совершенствование деятельности по обеспечению экономической безопасности малого предприятия и предпринимателей, работающих по патенту.

Ключевые слова: *экономическая безопасность малого предприятия, финансовая устойчивость, конкурентная среда, статистические показатели малого предприятия, профессиональное суждение, оценки стоимости предприятия, активные и пассивные угрозы, риски, коэффициент опережения темпов роста одного показателя над другим, личная безопасность предпринимателя.*

FEATURES OF ECONOMIC SECURITY OF SMALL BUSINESS SUBJECTS IN THE PMR

N.V. Zelenin, E.S. Yurko

The article deals with the issues, connected to economic security of small business subjects in the PMR in the conditions of developing competitive market, and increased risk rate. The state of the market, the problems of small business is analyzed. The arrangements are proposed, directed to improving the activity to ensure the economic security of a small enterprise and entrepreneurs working on a patent.

Keywords: *economic security of a small enterprise, financial stability, competitive environment, statistical indicators of small enterprise, professional judgment, enterprise valuation, active and passive threats, risks, the rate of growth of one indicator over another, personal safety of an entrepreneur.*

Малое предпринимательство в Приднестровской Молдавской Республике продолжает развиваться, несмотря на многочисленные трудности и риски. Дополнительные сложности связаны с непризнанностью Приднестровья, экономической блокадой и другими вызовами современной политики. Способность гибко реагировать на запросы рынка, узкая специализация деятельности, сравнительно простая организация производства позволяют малому бизнесу удерживать свои позиции.

Данные табл. 1 показывают, что за период с 2011 г. по 1 января 2016 г. количество организаций всех форм собственности в Приднестровье выросло с 9911 до 10 587, т. е. на 676 единиц, или 6,82 %. Количество предприятий государственной

формы собственности с 417 увеличилось до 459, рост составил 42 единицы, или 10,1 %. Число предприятий частной формы собственности увеличилось с 6899 до 7567, прирост составил 668 единиц, или 9,7 %. В то же время количество муниципальных предприятий уменьшилось с 783 до 724, т. е. на 59 единиц, или 7,5 %. Таким образом, наблюдается устойчивая тенденция увеличения количества организаций частной формы собственности с ежегодным темпом роста около 2 % [1].

В свою очередь, количество субъектов малого предпринимательства также увеличивается (табл. 2). За период с 2011 г. по 1 января 2016 г. число предпринимателей, зарегистрированных в форме юридического лица, выросло с 4352 до 4771,

Таблица 1

Распределение предприятий ПМР по формам собственности

Форма собственности	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	На 1 января 2016 г.
Государственная собственность	417	410	461	454	459
Муниципальная собственность	783	782	749	729	724
Общая собственность	621	608	597	597	596
Собственность общественных организаций	1191	1222	1227	1232	1241
Частная собственность	6899	7177	7318	7478	7567
Всего	9911	10 199	10 352	10 490	10 587

Таблица 2

Распределение субъектов малого предпринимательства ПМР по отраслям

Отрасль	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	На 1 января 2016 г.
Промышленность	546	567	568	568	561
Сельское хозяйство	243	359	353	367	368
Транспорт	96	91	96	100	118
Строительство	318	336	359	359	357
Торговля и общепит	2246	2256	2301	2294	2282
Жилищно-коммунальное хозяйство	51	106	95	83	87
Всего	4352	4464	4732	4762	4771

т. е. на 419 единиц, или 9,63 %. По данным Минфина ПМР, на первое полугодие 2016 г. индивидуальных предпринимателей, работающих по патенту, зарегистрировано 16 407 человек. Таким образом, всего субъектов малого предпринимательства насчитывается более 20 000.

Увеличение количества субъектов малого предпринимательства наблюдается по всем отраслям. Наибольшее число предприятий малого бизнеса сосредоточено в торговле и общепите. Также отмечается рост количества субъектов малого предпринимательства в промышленности, сельском хозяйстве, транспорте.

Приведенные данные указывают на то, что малый бизнес в республике развивается как количественно, так и качественно, увеличивая объем денежных поступлений в бюджет. Вместе с тем он нуждается в активном обеспечении безопасности со стороны государства и в проведении собственных мероприятий по защите. В Приднестровье уделяется

должное внимание развитию и государственной поддержке малого бизнеса, что способствует повышению экономической безопасности субъектов малого предпринимательства на государственном уровне. Можно надеяться, что принимаемые меры приведут к достижению устойчивости экономики республики.

Законодательно определено понятие субъекта малого предпринимательства, виды и формы государственной поддержки и регулирования отношений этой категории с органами государственной власти и местного самоуправления. Закон предусматривает в качестве поддержки малого бизнеса осуществление особой государственной налоговой политики и создание системы бухгалтерского учета и отчетности, связанной с установлением особых налоговых режимов и дифференцированных преференций для каждой категории субъектов малого бизнеса [2]. Введена в действие упрощенная система налогообложения для малых предприятий. Планируется

разработка и других мер государственной поддержки.

В публикациях и научных работах отечественных и зарубежных ученых-экономистов А.А. Арбатова, В.А. Богомолова, П.Ф. Друкера, В.К. Сенчагова и других преобладает точка зрения, согласно которой экономическая безопасность важна только для государства и крупных организаций. Такое же мнение бытует среди представителей малого и среднего бизнеса.

Изучению особенностей обеспечения экономической безопасности малых предприятий в теоретическом и методическом планах, на наш взгляд, не уделяется достаточного внимания, хотя именно малые предприятия наиболее часто оказываются в условиях повышенного риска и высокой неопределенности.

Малое предпринимательство Приднестровья выделяется инициативностью, новаторством, хозяйственной самостоятельностью, личной ответственностью в принятии управленческих решений и наличием целой группы рисков. Эти риски распространяются на чувствительные точки повседневной деятельности малых предприятий и индивидуальных предпринимателей, работающих по патенту, и относятся к экономической, физической и правовой безопасности. Согласно данным ряда социологических исследований к факторам, обуславливающим успех или неуспех субъектов малого предпринимательства, относятся, прежде всего, качество законодательной базы, правильный выбор зоны хозяйствования, надежность партнеров, личные качества самого предпринимателя, наличие качественных хозяйственных и деловых связей. Неуспех деятельности предпринимателя связан с его слабой профессиональной подготовкой, ошибочным выбором направления деятельности и т. д.

Правовой базой развития малого предпринимательства в республике является Гражданский кодекс ПМР, ряд зако-

нотательных актов о государственной поддержке малого бизнеса, Закон ПМР «Об упрощенной системе налогообложения для юридических лиц». Для эффективного управления малым бизнесом важное значение имеет разработка критериев, определяющих субъекты малого предпринимательства. Верховный Совет в июле 2011 г., обобщив практику ранее принятых нормативных документов, принял Закон ПМР «О развитии и государственной поддержке малого предпринимательства», который определил пути дальнейшей поддержки и развития государством малого бизнеса. В этом законе малый бизнес делится на три группы в зависимости от масштабов деятельности:

– индивидуальные предприниматели – физические лица, занимающиеся предпринимательской деятельностью в качестве индивидуального предпринимателя;

– микропредприятия – юридические лица, занимающиеся предпринимательской деятельностью, у которых среднесписочная численность работников, принимаемая для расчета средней заработной платы, составляет не более 15 человек;

– малые предприятия – юридические лица, занимающиеся предпринимательской деятельностью, у которых среднесписочная численность работников, принимаемая для расчета средней заработной платы, составляет не более 50 человек [3–5].

В законе прописан показатель финансовой деятельности, согласно которому предприятие относится к категории микропредприятия при годовой сумме доходов не более 365 000 РУ МЗП, а к категории малого предприятия – 1 200 000 РУ МЗП.

Одним из важных элементов экономической безопасности малого бизнеса является поддержка со стороны государства в виде налоговых льгот, упрощенной системы налогообложения, моратория на проверки. Эти меры не могут носить общий характер и должны быть адресными. Финансовая

поддержка субъектов малого бизнеса оказывается через специальные фонды. Так, через Фонд государственного резерва ПМР осуществляется льготное кредитование субъектов малого предпринимательства, через районные государственные администрации проводится бюджетное кредитование местных фермерских хозяйств [6].

Изучение нормативных документов и статистических материалов показывает, что нынешняя система идентификации предприятий малого бизнеса имеет крайне размытые критерии и не позволяет государству четко определять такие субъекты. Например, отдельные положения Закона ПМР «Об упрощенной системе налогообложения для юридических лиц», связанные с предельной численностью до 15 человек и предельной выручкой 365 000 РУ МЗП, сужают границы малого предпринимательства. Предприятия, превышающие указанные в законе критерии, из-за нежелания терять налоговые льготы могут дробиться на несколько более мелких структур. Гражданский кодекс ПМР позволяет это сделать [7].

Необходимо проанализировать проблему и установить приемлемые критерии. При разработке новых предложений следует обратить внимание на то, что термин «малые предприятия» не указывает на организационно-правовую форму, он лишь характеризует размеры предприятия. Статистические данные по сектору малого бизнеса в ПМР неполные и не отражают фактического положения дел, что не позволяет проводить объективный анализ и сопоставлять показатели с аналогичными из других отраслей экономики.

Для эффективного обеспечения государством экономической безопасности субъектов малого предпринимательства, на наш взгляд, целесообразно на законодательном уровне дифференцировать субъекты малого бизнеса по конкретным определенным критериям. Можно рассмотреть

вопрос о включении всех субъектов малого бизнеса в государственный регистр, а не только вести единый реестр субъектов малого предпринимательства – получателей государственной поддержки. Создание полного регистра позволит выделить предприятия, на которые будут распространяться нормативные положения, связанные с поддержкой и обеспечением экономической безопасности, сформировать качественную информационную базу и получить реальную картину состояния дел в малом предпринимательстве. Реализация предложения будет способствовать выработке действенной системы мер по поддержке и обеспечению экономической безопасности субъектов, относящихся к данной категории.

Важным шагом в направлении упорядочения отчетности субъектов малого бизнеса и приведения ее к сопоставимым статистическим показателям является издание Приказа Государственной службы статистики № 61 от 27 декабря 2016 г. «Об утверждении формы государственной статистической отчетности № 1-МП (квартальная, годовая)», «Отчет об основных показателях деятельности малого предприятия» и инструкции по ее заполнению (САЗ № 2, 2017 г.) [8]. Отчет представляется юридическими лицами – малыми предприятиями (включая микропредприятия) согласно порядку отнесения к субъектам малого предпринимательства в соответствии с законом «О развитии и поддержке малого предпринимательства». Отчет должен содержать данные по труду, общим экономическим показателям, основным показателям торговли и платных услуг населению, формированию финансовых результатов, по затратам и расходам на производство продукции (товаров, работ и услуг). С введением в действие данного приказа появится возможность получать сведения для проведения обобщающего анализа экономических показателей сек-

тора экономики, представляющего малый бизнес.

Экономическая безопасность субъекта малого предпринимательства, который по определению является рисковым, подразумевает защиту предприятия от активных или пассивных угроз со стороны внешних и внутренних воздействий и зависит, прежде всего, от профессиональной подготовленности команды управленцев. Необходимо учитывать, что основными факторами, влияющими на экономическую безопасность малого предприятия, являются уровень конкурентоспособности, финансовая устойчивость, рентабельность и др.

Практика показывает, что для субъектов малого предпринимательства немаловажное значение имеет наличие информации о ситуации на рынке и о предстоящих событиях. Работа по ее сбору должна быть повседневной.

В качестве комплексного показателя уровня конкурентоспособности и экономической безопасности может рассматриваться рыночная стоимость малого предприятия или активов предпринимателя, работающего по патенту, которая учитывает конкурентные преимущества. Важность расчета показателя стоимости предприятия как денежной суммы заключается в том, что оценивается стоимость не только материальных, но и нематериальных активов, например таких, как деловая репутация. Среди видов стоимости малого предприятия целесообразно выделить: рыночную цену купли-продажи, страховую, залоговую, инвестиционную и ликвидационную стоимость.

На наш взгляд, назрела необходимость более глубоко изучить применение в учетной практике оценки активов малых предприятий Приднестровья, пересмотреть с профессиональной точки зрения существующий порядок учета стоимости активов и пассивов, привести их оценку к рыночной стоимости.

Бухгалтерский учет в части баланса не содержит информации о реальной стоимости средств предприятия в конкретный момент времени, т. е. их рыночной стоимости, поэтому бухгалтерский баланс не дает возможности провести общую оценку предприятия без экспертизы. Такое положение обусловлено тем, что актив обычно вносится в учетные регистры по оплаченной за его приобретение стоимости, которая является основой для всего последующего учета. В ходе эксплуатации на эту сумму не влияют последующие изменения в цене актива. Таким образом, суммы, по которым показаны активы на счетах предприятия, не отражают цены реализации активов, поэтому в бухгалтерском учете различают балансовую и рыночную стоимость.

Стоимость материальных и нематериальных активов с течением времени изменяется, уменьшаясь или увеличиваясь при начислении износа и соответствующей амортизации активов. В процессе начисления в расчет принимается гудвил – деловая репутация фирмы, включающая стоимость фирменной марки, репутации продукции фирмы, клиентуры и неосязаемых активов предприятия, в частности его местоположения. Принцип учета по стоимости позволяет применять на практике профессиональное суждение бухгалтера с документальным закреплением в учетной политике организации и отражает объективную реальность, не способствующую произвольной оценке текущей стоимости активов, но вместе с тем требующую дополнительного изучения в плане определения рыночной стоимости активов организации [9].

С учетом того что в отраслевой структуре малого бизнеса ПМР преобладает торговая деятельность, для определения параметров состояния экономической безопасности и для расчета показателей конкурентоспособности можно рекомендовать предпринимателям использовать

метод, предложенный И.Н. Понкратовым и опробованный старшим преподавателем кафедры бухгалтерского учета и аудита ПГУ Н.Ю. Муравьевой. Показатели, рассчитанные по этому методу, характеризуют результат совместного функционирования всех взаимосвязанных экономических элементов предпринимательской структуры и предполагают расчет соотношений зависимостей при помощи коэффициентов опережения темпов роста одного показателя относительно другого [10].

На наш взгляд, для субъектов малого предпринимательства можно применять упрощенный расчет и сравнивать такие показатели, как темп роста прибыли до налогообложения субъекта и темп роста выручки от реализации. Допускается сравнение темпа роста чистой прибыли и темпа роста прибыли до налогообложения. Заслуживает внимания и соотношение темпов роста дебиторской и кредиторской задолженности. Имеются и другие пары сравниваемых показателей, но предлагаемые наиболее понятны и доступны. Расчет ведется по формуле

$$K_0 = (T_1 : T_2) > 1,$$

где K_0 – коэффициент опережения темпов роста пары сравниваемых показателей; T_1 – темп роста первого сравниваемого показателя; T_2 – темп роста второго сравниваемого показателя.

При этом темп роста конкретного показателя (T_1 и T_2) рассчитывается как отношение результата рассматриваемого показателя за отчетный период (год, квартал, месяц) к данным рассматриваемого показателя за предыдущий отчетный период. Полученные результаты можно сравнить с показателями отрасли, рынка в целом или конкурента, что даст дополнительные сведения о конкурентоспособности и состоянии экономической безопасности субъекта малого предпринимательства.

Практически все субъекты малого предпринимательства в условиях рыночных отношений подвергаются различным угрозам с точки зрения экономической безопасности. Угрозы экономической безопасности делятся на внутренние и внешние. Наиболее вероятные внутренние угрозы экономической безопасности любого малого предприятия лежат в производственной сфере и связаны с высокими издержками производства, ошибочными действиями персонала, возможностью мошенничества и краж внутри предприятия, использованием конкурентами персонала организации как канала получения информации. Внешние угрозы предполагают потерю ниши на рынке товаров и услуг, появление проблем с реализацией продукции, ухудшение финансовой ситуации в регионе, некорректные действия конкурентов и партнеров [11].

Особого внимания требует анализ безопасности экономического пространства, который включает в себя такие элементы, как определение границ реального экономического пространства предпринимателя, а также факторов, влияющих на эти границы, и зон пространства. Важной характеристикой экономического пространства является его концентрация, уровень которой определяется отношением количества частных экономических процессов, входящих в общий экономический процесс, к общему количеству частных процессов, осуществляемых хозяйствующим субъектом. Концентрация экономического пространства влияет на время, необходимое для совершения хозяйственных операций. С увеличением концентрации время сделок уменьшается.

Действия, которые квалифицируются как угрозы бизнесу, направлены на извлечение выгоды от нарушения работы предпринимателя. Как правило, они носят сознательный и корыстный характер, нацелены на нанесение ущерба и являются противоправными [12].

По степени тяжести последствий угрозы могут быть разными. Угрозы с высокой степенью тяжести последствий ведут к ухудшению всех показателей малого предприятия вплоть до его ликвидации. В результате угроз средней тяжести субъект предпринимательства несет ощутимые потери. Угрозы с низкой степенью последствий не оказывают влияния на текущую деятельность предприятия.

По степени вероятности угрозы могут быть маловероятными и реальными. К первым относятся конфликтные ситуации, связанные с эмоциями клиентов и вызванные текущей производственной практикой. При этом необходимо проанализировать наличие реальных возможностей приведения угрозы в действие, личность угрожавшего, способ, примененный для нейтрализации ситуации (была применена сила или достигнута договоренность по урегулированию конфликта). Реальными угрозами являются те, которые сопровождаются экономическими потерями, ведут к повреждению активов бизнесмена и частичному или полному выводу их из производственного оборота.

В отличие от крупного бизнеса важным элементом для субъектов малого предпринимательства, особенно для индивидуальных предпринимателей, с точки зрения обеспечения экономической безопасности является личная безопасность. Известно, что успех в малом бизнесе обусловлен поступками и управленческими решениями конкретного предпринимателя. Невозможно дать рекомендации на все случаи жизни, в особенности когда конкуренты стремятся действовать скрытно. Вместе с тем соблюдение определенных, совсем несложных правил поведения на работе и в быту будет способствовать повышению личной безопасности бизнесмена. Она во многом зависит от самого человека, от его физической и психологической готовности к отражению угроз. Важнейшим элементом

личной безопасности является в первую очередь информационная защита, которая включает:

- сокрытие предпринимателем, членами его семьи, ближайшим окружением информации, которая в случае ее использования конкурентами может нанести ущерб предпринимателю;

- разработку определенных инструкций ближайшему окружению о том, какие сведения о бизнесе являются коммерческой тайной;

- своевременную фиксацию и анализ всех фактов проявления подозрительного, необоснованного интереса к личности предпринимателя, указывающих на возможный сбор сведений о нем.

При возникновении необходимости одним из активных способов защиты предпринимателя является личная охрана, в том числе самоохрана, которая должна включать в себя защиту в рабочее и нерабочее время, при проведении мероприятий, сопровождение и охрану членов семьи.

Подводя итог, можно сделать вывод о том, что экономическая безопасность субъектов малого предпринимательства является составной частью экономической безопасности государства, требует должного внимания и зависит от согласованной работы в этом направлении органов власти и малого бизнеса.

Цитированная литература

1. Статистический ежегодник ПМР-2016.
2. Закон ПМР «О развитии и государственной поддержке малого предпринимательства» от 29.07.2011 г. № 140-3-V// (САЗ 11-30).
3. Закон ПМР «О развитии малого предпринимательства» от 23.02.1999 г. № 139-3// (СЗМР 99-1).
4. Федеральный закон РФ «О государственной поддержке малого предпринимательства в Российской Федерации» от 14.06.1995 г.

№ 88-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 1995. – № 29. – Ст. 2757.

5. Федеральный закон РФ «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации» от 24.06.2007 г. № 209-ФЗ (с изменениями от 18 октября 2007 г., от 22, 23 июля 2008 г., от 2 августа, 27 декабря 2009 г., от 5 июля 2010 г.).

6. Гончаренко Л.П., Акулина Ф.В. Экономическая безопасность: учебник для вузов. – М.: Юрайт, 2017. – 478 с.

7. Зеленин Н.В. Обеспечение безопасности малых и средних предприятий // Матер. научно-практ. конф. ППС экон. ф-та ПГУ им. Т.Г. Шевченко по итогам научно-исслед. работы в 2015 г. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2016. – С. 38–45.

8. Приказ Государственной службы статистики ПМР № 61 от 27.12.2016 г. «Об утверждении формы государственной статистической

отчетности № 1-МП (квартальная, годовая), «Отчет об основных показателях деятельности малого предприятия» и инструкции по ее заполнению (САЗ № 2. 2017 г.).

9. Колесников А., Колесникова Л. Малый и средний бизнес: эволюция понятий и проблемы определения // Вопросы экономики. – 1996. – № 7. – С. 35.

10. Казакова Н.А., Гендон А.Л., Муравьева Н.Ю. Анализ и оценка конкурентоспособности торговых организаций Приднестровья // Экономика, статистика и информатика. – 2016. – № 2. – С. 38–44.

11. Зеленин Н.В. Конкурентная разведка как элемент системы экономической безопасности предприятия // Экономика Приднестровья. – 2016. – № 1–2. – С. 86–88.

12. Суглобов А.Е., Хмелев С.А., Орлова Е.А. Экономическая безопасность: учебное пособие. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2013. – 272 с.

УДК 331:338.48(478)

МЕТОДИКА УЧЕТА МЕЖДУНАРОДНЫХ ТУРИСТОВ В МОЛДОВЕ И ЕЕ ОСОБЕННОСТИ

Ю.И. Кротенко, Е.И. Лясковская

Рассмотрены стандарты учета международных туристов, принятые международным сообществом. Изучены основы статистического учета туристов в Республике Молдова. Даны рекомендации по его совершенствованию.

Ключевые слова: статистика, учет международных туристов, статистика туризма в Молдове.

METHODICS OF INTERNATIONAL TOURIST ACCOUNTING IN MOLDOVA AND ITS PECULIARITIES

Yu.I. Krotenko, E.I. Liaskovskaia

The article considers the standards of international tourists accounting, accepted by the international community. The basis of statistical accounting in tourism are studied in the Republic of Moldova. Basic conclusions and the recommendations for its improving are presented.

Keywords: statistics, international tourists accounting, tourism statistics in the Republic of Moldova.

Среди механизмов государственного управления национальной экономикой важное место занимает статистика. От качества статистических исследований, своевременности, полноты и достоверности статистической информации в значительной степени зависят результаты менеджерских решений, принимаемых на высшем уровне управления страной (президентура, органы законодательной и исполнительной власти).

Сегодня к числу наиболее значимых отраслей мировой экономики относится туризм. В 2016 г. общее количество международных туристских прибытий в мире превысило 1,2 млрд, а доходы в результате туристической деятельности – составили более 1,3 трлн долл. [1].

Учет международных туристов по методологии Всемирной туристической организации (ЮНВТО) предполагает использование четырех показателей, таких как:

- международные туристские прибытия на границу (за исключением посетителей на один день) – TF;
- международные туристские прибытия посетителей на границу (туристов и однодневных посетителей) – VF;
- международные туристские прибытия в гостиницы и другие аналогичные учреждения – THS;
- международные туристские прибытия в коллективные туристические учреждения – TSE.

Молдова, как и Румыния, Финляндия, Германия и ряд других стран, предоставляет статистическим службам ООН результаты учета международных туристских прибытий по серии TSE. В то же время девять из десяти государств, относящихся к наиболее посещаемым (Франция, США, Испания, Китай, Россия и др.), отчитываются по серии TF [1].

Национальное бюро статистики Республики Молдова утвердило на 2016 г. по

отрасли «Туризм» следующий перечень форм статистической отчетности:

- Годовой отчет № 1-A-SC «Вместимость коллективных структур по приему туристов с функциями размещения». Представляется территориальному органу статистики в срок до 20 января 2016 г. хозяйствующими субъектами, осуществляющими фактическое управление коллективными структурами размещения, независимо от формы собственности.

- Квартальный отчет № 1-B-SC «Размещение туристов в коллективных структурах по приему туристов с функциями размещения». Представляется территориальному органу статистики в срок до 20 числа месяца, следующего за отчетным периодом, хозяйствующими субъектами, осуществляющими фактическое управление коллективными структурами размещения, независимо от формы собственности.

- Квартальный отчет № 1-tur «Туристическая деятельность туристических агентств и туроператоров». Представляется территориальному органу статистики в срок до 25 числа месяца, следующего за отчетным периодом, всеми экономическими агентами, осуществляющими туристическую деятельность на основании лицензии по туризму [2].

Формы статистической отчетности по туризму № 1-A-SC и № 1-B-SC включают следующие реквизиты: наименование структуры размещения, адрес (район или муниципий, село или коммуна, улица и номер дома), наименование экономического агента и его адрес (если адрес отличается от адреса структуры размещения), код ОКПО (cod CUIO), фискальный код предприятия (cod IDNO), форма собственности с указанием кода КФС (Классификатора форм собственности), основной вид деятельности с указанием кода КЭДМ (Классификатора видов экономической деятельности Молдовы, ред. 2, издание 2009), руководитель (фамилия, имя и под-

пись), печать и дата подписания, исполнитель (фамилия, имя и номер телефона).

В форме № 1-tur содержится тот же набор реквизитов, но отсутствует наименование экономического агента и его адрес (если адрес отличается от адреса туристических агентств или туроператора). Следует учитывать, что туристические объекты могут располагать двумя наименованиями (регистрационным и рекламным) и использовать несколько адресов одного экономического агента (регистрационного и фактического местонахождения в арендованных помещениях).

Форма № 1-A-SC «Вместимость коллективных структур по приему туристов с функциями размещения» состоит из введения (год начала деятельности структуры в сфере размещения туристов) и пяти разделов:

1. Тип и категория структуры размещения туристов (согласно свидетельству о присвоении категории).

2. Вместимость структуры размещения туристов.

3. Площадь, занимаемая структурой размещения туристов.

4. Период функционирования структуры размещения (круглогодично или сезонно).

5. Предоставление услуг структурой размещения туристов.

В первом разделе на основании свидетельства о присвоении категории указывается тип структуры размещения туристов (гостиница, гостиница-квартира, мотель, туристическая вилла, бунгало, туристический пансион, кемпинг, лагерь отдыха, детский лагерь, ботель, арендуемая квартира или комната, неклассифицированная) и ее категория (5 звезд, 4 звезды, 3 звезды, 2 звезды, 1 звезда и без категории). При этом согласно постановлению Правительства Республики Молдова № 643 от 27.05.2003 г. в группе неклассифицированных структур размещения туристов ука-

зывается тип оздоровительной структуры (санаторий, санаторий-профилакторий и др.), тип структуры отдыха или структуры размещения аналогично гостинице, у которой отсутствует свидетельство о присвоении категории.

Второй раздел содержит информацию о числе номеров (комнат) и койко-мест в номерах и в домиках. При этом выделяются: номера одноместные, номера с двумя индивидуальными кроватями и / или двухместной кроватью (включая брачную или двойную кровать), номера трехместные и более, номера (спальни) в квартире (включая однокомнатный номер). Отдельно учитываются номера с ванной или душем, а также количество мест для палаток и автофургонов.

Число номеров (комнат) в структурах размещения указывается в соответствии с числом номеров, которые предназначены для ночевки туристов и включены в последний акт приемки, т. е. включая номера, временно закрытые по различным причинам (отсутствие клиентов, текущий ремонт и т. д.).

Число койко-мест должно соответствовать количеству койко-мест, установленных в номерах. Не включаются дополнительные койки, которые могут быть установлены в случае необходимости.

В третьем разделе регистрируется фактическая собственная общая площадь (в кв. м), в том числе сданная в аренду, жилая площадь, арендованная общая площадь, которая используется для размещения туристов, а также конференц-залы, их число и площадь.

Общая площадь структуры размещения туристов определяется как сумма площади всех номеров и подсобных помещений (кухонь, ванных комнат и душевых, туалетов, камер хранения, буфетов, кладовых и бытовых комнат, коридоров, вестибюлей, холлов, гардеробных, гостиных, конторы администратора и т. д.),

включая площадь встроенных шкафов и отапливаемых помещений, пригодных для проживания в течение всего года (мансард и мезонинов). Однако не указывается площадь лестничных клеток, тамбуров, сеней; летних помещений (веранд, балконов, лоджий, террас); помещений, занятых отопительными печами и другими выступающими конструктивными элементами; неотапливаемых мансард и мезонинов.

Жилая площадь включает площадь всех имеющихся номеров, предназначенных для проживания приезжающих. Не являются жилой площадью подсобные помещения, а также номера, постоянно используемые не по прямому назначению, например под учреждения, буфеты и т. д.

Общая арендованная площадь включает площадь, арендованную структурой размещения туристов.

Структуры размещения туристов делятся на две группы: круглогодичного функционирования (не меньше 9 месяцев без перерыва) и сезонного (с указанием числа и месяца открытия и закрытия сезона). Это указывается в четвертом разделе.

Пятый раздел посвящен описанию оснащения структуры размещения туристов и услуг, предоставляемых ею. Сюда входят рестораны (находящиеся на производственных площадях или земельном участке структуры, в том числе собственные, арендованные или принадлежащие другим юридическим или физическим лицам), заведения ресторанного типа (бары, кафе и т. д.), казино, лифты, сейфы, бассейны, сауны, спортивные залы / площадки, конференц-залы, залы (салоны) для лечения, автостоянки, магазины (продовольственные или непродовольственные), прачечные, химчистки, парикмахерские, залы / площадки для детей, фитнес-центры; продажа сувениров, туристических карт и т. д.; условия для приема и обслуживания инвалидов, использующих кресла на колесах; использование электронных карточек;

обмен валюты; доступ к Internet; массаж, косметика. Указываются также данные о средней стоимости одной ночевки посетителя (в леях).

Следует отметить, что из учета по форме № 1-A-SC выпали некоторые типовые средства оснащения и нормативные услуги, предоставляемые гостиницами. Это, в частности, световая (освещаемая) реклама; бронирование и продажа авиа- и железнодорожных билетов; room-service (заказ блюд из ресторана); заказ такси и трансфера; организация экскурсий; бизнес-услуги (ксерокс, факс и другая оргтехника, передача и отправка корреспонденции, в том числе экспресс-доставка и курьерская служба); визовая поддержка; Wi-Fi; камера хранения; дискотека или ночной клуб; услуги консьержа и др.

Ряд услуг в данной статистической форме недостаточно конкретизирован. Это, например, касается услуги по предоставлению сейфа (в службе Front Office или в номере). В услуге «бассейн, сауна» не учитываются принципиальные различия бассейнов по размеру и глубине ванны, техническим возможностям применяемого водного оборудования, возрастной категории обслуживаемых, стандарту (бассейн олимпийского класса и др.). Та же проблема и в учете категории «сауна»: из совокупности бань (турецкая, римская, русская, финская и др.) произвольно выделяется один ненормированный компонент.

Заполнение формы № 1A-SC предполагает составление отчета по структурам размещения туристов на 31 декабря отчетного года. В отчет включаются и те структуры, которые временно закрыты по различным причинам (текущий ремонт, отсутствие клиентов и т. д.). Обследованию не подлежат те заведения, деятельность которых на 31 декабря была прервана для выполнения работ, связанных с существенными переделками вместимо-

сти. Для сезонных коллективных структур размещения туристов указываются данные на конец месяца закрытия сезона. При этом по каждой действующей структуре размещения заполняется отдельный бланк статистической анкеты. Форма собственности учитывается по форме собственности экономического агента – собственника структуры размещения туристов. Это относится и к структурам размещения, сданным в аренду.

Форма № 1-B-SC «Размещение туристов в коллективных структурах по приему туристов с функциями размещения» состоит из двух разделов:

1. Число прибывших посетителей (туристов) и число ночевок.

2. Вместимость структуры размещения.

Первый раздел предполагает учет посетителей (туристов) по стране их местожительства. При этом выделяются резиденты Республики Молдова, а также нерезиденты. Учет ведется по двум группам стран (из СНГ и из других государств) с фиксацией названия страны. Посетители группируются по каждому из трех месяцев квартала как по числу прибывших, так и по числу ночевок. В виде справки к статистической форме прилагается число прибывших посетителей (туристов) по туристическим ваучерам в отчетном квартале (всего, в том числе прибывшие нерезиденты).

Второй раздел формы содержит результаты учета количества комнат (номеров) в наличии к первому дню месяца; количества комнат, предоставленных к размещению (если была отмечена неполная вместимость структуры, то приводится среднее количество); количества фактически предоставленных (занятых) комнатно-дней; количества койко-мест, предоставленных к размещению (если не были заняты все койко-места, то рассчитывается их среднее количество); ко-

личества дней работы структуры размещения.

Также фиксируется численность персонала, занятого деятельностью по размещению туристов, включая ресторан (бар, кафе и т. д.), в последний день работы в отчетном квартале – всего, в том числе в ресторане (баре, кафе и т. д.). Если структура не работала, то указывается причина и ожидаемый период начала работы.

Статистический отчет № 1B-SC обязаны представлять все экономические агенты, осуществляющие управление структурами коллективного размещения, все структуры, которые были открыты хотя бы один день в отчетном квартале.

Бланк статистического отчета № 1B-SC заполняется для каждой структуры размещения. Однако допускается, чтобы один экономический агент, владеющий несколькими домиками, бунгало, туристическими пансионатами с единой регистрацией, заполнял один бланк для нескольких заведений одного типа и категории. Данные по домикам и площадкам для кемпингов, дополнительным к другим структурам размещения посетителей (гостинице, мотелю, лагерю отдыха и т. д.), представляются на бланке основной структуры. Туристические домики, существующие отдельно от других структур, с единой администрацией составляют одну структуру размещения и для них заполняется один бланк.

Тип и категория структуры размещения фиксируются в соответствии с действующими классификаторами:

- Гостиницы и другие аналогичные учреждения (55.10). Этот класс включает гостиницы, санатории, отели класса люкс / квартиры, мотели.

- Жилье на выходные и прочие периоды краткосрочного проживания (55.20). Этот класс включает жилье, детские лагеря или прочие дома отдыха, квартиры и бунгало для приезжих, коттеджи и домики без предоставления услуг по уборке или

приготовлению пищи, турбазы (хостелы), горные лагеря, кемпинги.

• Стоянки жилых трейлеров, автофургонов и территории для кемпинга и лагерей (55.30). Этот класс включает предоставленные мест для временного проживания на территории кемпинга, стоянок для жилых автофургонов в оздоровительных лагерях и рыбацких и охотничьих лагерях, защитных укрытий или простых биваков.

• Другие виды жилья (55.90). Этот класс включает студенческие общежития, школьные общежития, рабочие поселки, пансионаты и интернаты, железнодорожные спальные вагоны [3].

Прибывшим является лицо, зарегистрированное в Регистре учета структуры размещения, для того чтобы провести одну или более ночевочек. В заведении каждое прибытие посетителя считается за единицу независимо от того, сколько ночевочек им проведено. Посетители, которые проживают в заведении с предыдущего квартала, не включаются в число прибывших. Каждый член семьи, для которого было оплачено хотя бы одно место размещения, включается в число прибывших.

Ночевкой считается промежуток времени в 24 часа, который посетитель использует для размещения в структуре, начиная с гостиничного часа независимо от фактического времени пребывания. В отчете учитываются и ночевочки, проведенные на дополнительно установленных койках (оплаченные посетителями).

Кроме того, приводится Международный классификатор стран мира и территорий, который используется при составлении статистических отчетов по размещению туристов в коллективных структурах по примеру туристов с функциями размещения, с группировкой на страны СНГ (10 стран) и государства остального мира.

Форма № 1-tur «Туристическая деятельность туристических агентств и туроператоров» состоит из двух разделов:

1. Основные показатели туристической деятельности.

2. Данные о численности обслуженных туристов (включая экскурсантов) по странам.

В первом разделе учитывают категории туризма всего, в том числе внутреннего и международного (въездного и выездного). При этом как во въездном, так и в выездном туризме выделяют туристов из стран СНГ, а также по целям путешествия: досуг, рекреация и отдых; деловой и профессиональный туризм; лечение; прочие цели. Отдельно в группе въезжающих туристов в категории «досуг, рекреация и отдых» учитывают посетителей виноградарско-винодельческих объектов.

По каждой перечисленной категории туризма учитывается количество посетителей (с дифференциацией на туристов и экскурсантов), количество туристо-дней и поступления денежных средств (в тыс. леев). Фиксируется численность лиц, занятых туристической деятельностью, на конец квартала.

Во втором разделе учитываются иностранные туристы и экскурсанты, прибывшие в Республику Молдова и выехавшие за границу. Данные группируются по странам.

Форму № 1-tur заполняют хозяйствующие субъекты, обладающие лицензией на осуществление туристической деятельности, т. е. туристические агентства и туроператоры. Они учитывают численность туристов, которым были выданы туристические ваучеры, и туристов, для которых туристические пакеты были приобретены хозяйствующими субъектами. Во избежание повторного счета туристов туроператоры указывают их численность дробью: в числителе – количество, обслуженное посредниками (туристическими агентствами), а в знаменателе – количество получателей туристических пакетов у туроператора.

Определения понятий «туристическое агентство» и «туроператор», приведенные в указаниях по заполнению формы № 1-tur, идентичны определениям в Законе РМ «Об организации и осуществлении туристической деятельности» [4]. Идентичны также определения туристического пакета (каникулярного пакета, пакета для поездки), организованного туризма, внутреннего туризма. Однако трактовка понятий «турист», «экскурсант», «въездной туризм», «выездной туризм» в разной степени отличается от их толкования, приводимого в законе. Более того, есть расхождения и с рекомендациями вспомогательного счета туризма ООН [5].

В указаниях по заполнению формы № 1-tur также приводится Международный классификатор стран мира и территорий, который используется при составлении статистических отчетов по туристической деятельности туристическими агентствами и туроператорами.

Следует отметить, что из статистического учета туристов в Молдове выпадают самостоятельные туристы, а приводимые в формах № 1-A-SC и № 1-B-SC данные не соответствуют реальному туристическому потоку, так как учитывают не только туристов, но и иные категории посетителей (в частности, лиц, проживающих во временных средствах размещения, но осуществляющих оплачиваемую деятельность в посещаемом месте либо находящихся в Молдове не в туристических целях).

Действующая в Молдове система статистического учета туристов в основном соответствует международным подходам, и с 2012 г. данные по стране включаются в статистический ежегодник Всемирной туристической организации по методологии

ТСЕ (международные туристские прибытия в коллективные туристические учреждения).

Вместе с тем применяемые в республике методики, учетные формы и туристические термины не всегда и не в полной мере отвечают современным требованиям международной статистики. Это относится и к статистике деятельности туристических агентств и туроператоров, и к статистике гостиничных услуг для туристов.

Для адаптации национальной методологии учета туристических услуг целесообразно привести статистический учет Республики Молдова в соответствие с рекомендуемой ООН методологической основой Вспомогательного счета туризма.

Цитированная литература

1. UNWTO Tourism Highlights, 2015 Edition // <http://www.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/9789284416899>
2. Формы статистической отчетности 2016 г. Туризм. Национальное бюро статистики Республики Молдова // <http://www.statistica.md/pageview.php?l=ru&id=4933&idc=526>
3. Классификатор видов экономической деятельности Молдовы (КЭДМ, ред. 2). – Кишинев, 2009. – 250 с.
4. Закон № 352 от 24.11.2006 г. «Об организации и осуществлении туристической деятельности в Республике Молдова» // Официальный монитор Республики Молдова. – 2007. – 2 февр., № 14–17.
5. Вспомогательный счет туризма: рекомендуемая методологическая основа, 2008 год. – Люксембург, Мадрид, Нью-Йорк, Париж. Организация Объединенных Наций. 2010. – 145 с.

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИДНЕСТРОВЬЯ (1990–2015 гг.)

М.П. Бурла, А.В. Кривенко, В.Г. Фоменко

Проанализирована динамика численности жителей Приднестровья с опорой на данные переписей населения 1989, 2004 и 2015 гг. Показан вклад естественного и механического движения в динамику общей численности населения. Отмечены основные перспективные направления демографического развития региона.

Ключевые слова: демография, численность населения, естественное движение, миграционный отток, депопуляция, Приднестровье.

POPULATION DYNAMICS OF PRIDNESTROVIE (1990–2015)

M.P. Burla, A.V. Krivenco, V.G. Fomenko

The article presents the analysis of indicators of the population dynamics of Pridnestrovie, based on the data of the population censuses of 1989, 2004 and 2015. The contribution of natural and mechanical movement to the dynamics of the total population is shown. The main perspective directions of demographic development of the region are presented.

Keywords: demography, population, natural movement, migratory outflow, depopulation, Pridnestrovie.

Общая численность населения является одним из приоритетных вопросов в изучении демографических процессов, поскольку она выступает базовым показателем, позволяющим определить ее ретроспективную динамику и произвести перспективные оценки.

Численность населения какой-либо территории – это число людей, относящихся к одной из следующих совокупностей:

- 1) находящиеся в данный момент на данной территории (*наличное население*);
- 2) обычно проживающие на данной территории (*постоянное население*);
- 3) зарегистрированные (прописанные) на данной территории (*юридическое население*).

Численность жителей любой территории непрерывно изменяется в результате взаимодействия четырех компонент – рождений, смертей, иммиграции, эмиграции. Знание закономерностей изменения каждой из названных компонент позволяет решить одну из главных задач демографии –

объяснить тенденции и оценить перспективы изменения численности населения.

В общем виде изменение численности населения любой территории за определенный период времени $(0, t)$ выражается уравнением демографического баланса, или основным демографическим уравнением:

$$P(t) = P(0) + \{B(0, t) - D(0, t)\} + \{I(0, t)\} - E(0, t),$$

где $P(0)$ и $P(t)$ – численности населения в начале и конце исследуемого периода; $B(0, t)$ – число родившихся за период $(0, t)$; $D(0, t)$ – число умерших за период $(0, t)$; $I(0, t)$ – число прибывших (иммигрантов) за период $(0, t)$; $E(0, t)$ – число выбывших (эмигрантов) за период $(0, t)$.

Основными компонентами, позволяющими осуществлять мониторинг изменения числа жителей того или иного региона, служат результаты переписи населения и погодные оценки естественного и механического движения населения.

Общеизвестно, что данные о естественном движении вызывают доверие в большей степени, поскольку процедура регистрации рождений и смертей носит более устойчивый характер и является жестко фиксированной. Другой показатель динамики населения – миграция, с учетом порядка регистрации ушедших и прибывших для определенной территории, требует тщательного анализа, полноты и точности данных.

Достоверный анализ динамики численности населения республики, отдельных административно-территориальных единиц и населенных пунктов в значительной степени определяется статистической базой, основу которой составляет периодический и текущий учет населения, а также административным статусом и юрисдикцией отдельных поселений.

Динамика общего показателя численности населения Приднестровья

С 1990 г. (года основания республики) в Приднестровье в качестве базового

показателя использовалась величина численности населения, равная 740 тыс. человек (рис. 1). Эта цифра была получена в результате суммирования численности населения Тираспольского и Бендерского горсоветов, а также пяти административных районов бывшей Молдавской ССР (Каменского, Рыбницкого, Дубоссарского, Григориопольского, Слободзейского), в том числе правобережных частей Дубоссарского и Каменского районов. В указанную численность были включены также жители левобережных сел Дубоссарского района (таких, как Кошница – 5135, Кочиеры – 4190, Дороцкое – 3330, Маловата – 3180, Пырыта – 3036, Новая Маловата – 1886, Погребя – 749, Васильевка – 136 человек по данным переписи 1989 г.) и правобережных сел Варница (в составе Бендерского городского совета) и Копанка (Слободзейский район), которые не перешли под юрисдикцию ПМР и находятся под управлением властей Республики Молдова.

По данным переписи населения 1989 г. в сельских населенных пунктах Дубоссар-

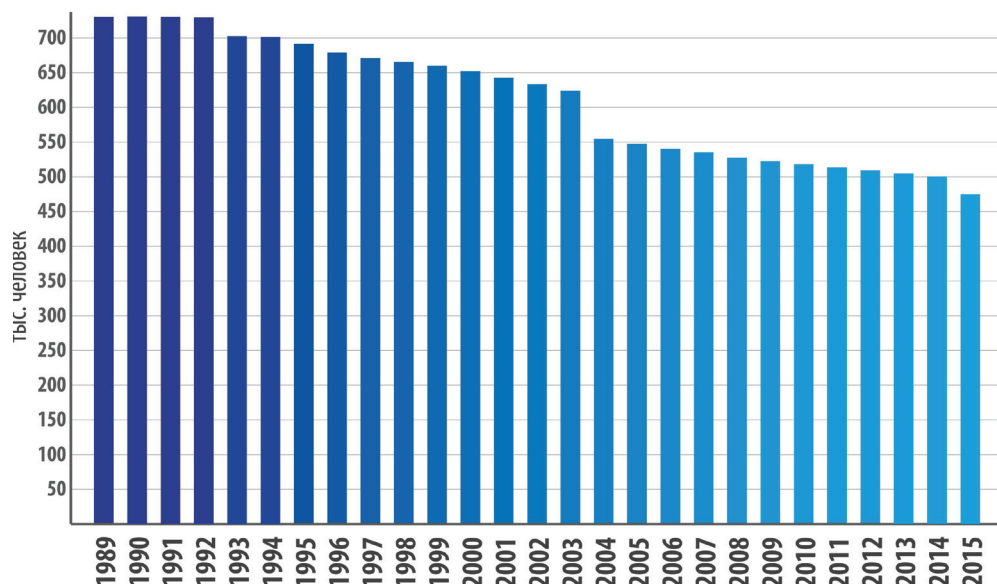


Рис. 1. Динамика численности населения Приднестровья (официальные данные)

ского района проживало 42 710 человек, в том числе в правобережных поселениях – 9116 человек, в левобережных поселениях, не перешедших под юрисдикцию ПМР, – 21 642 человека, в левобережных поселениях, перешедших под юрисдикцию ПМР, – 11 952 человека. В сельских населенных пунктах Каменского района проживало 47 227 человек, в том числе в правобережных поселениях – 26 275 человек, в левобережных – 20 952 человека. В сельских поселениях Слободзейского района проживало 85 479 человек, в том числе в населенных пунктах, перешедших под юрисдикцию ПМР, – 79 780 человек, в Копанке, не перешедшей под юрисдикцию ПМР, – 5699 человек. В Варнице, которая по Конституции относится к ПМР, но находится под управлением органов государственной власти Республики Молдова, проживало 4930 человек.

Суммарная численность населения указанных сел по данным переписи 1989 г. составила 67 662 человека. В то же время в состав ПМР вошло с. Гиска (входившее ранее в состав Каушанского района МССР) с численностью населения 6072 человека. С учетом абсолютного прироста численности населения за 1989 г. (8,1 тыс. человек) разница в оценке численности населения на 1990 г. составила более 60 тыс. человек.

От достоверности демографических статистических данных зависит эффективность осуществления экономической и демографической политики, разработки и реализации социальных программ, развития социальной инфраструктуры, проведения выборов. Поэтому релевантным базовым показателем для анализа и сопоставления представляется численность населения только тех поселений, которые находятся под юрисдикцией ПМР. Расчет такой численности по данным переписи 1989 г. привел к цифре в 680,9 тыс. человек.

Исключение упомянутой ошибки и использование предлагаемой величины является весьма важной мерой, так как текущий и периодический демографический учет осуществляется только по указанному кругу поселений (включая последующие переписи населения 2004 и 2015 гг.).

Сопоставление отмеченной расчетной численности населения Приднестровья, основанной на переписи 1989 г., и данных последующих переписей в 2004 и 2015 гг. дает более адекватную картину масштабов депопуляционных процессов в регионе, чем официальные данные (табл. 1).

За межпереписной период (1989–2004 гг.) численность населения сократилась с 680,9 до 555,4 тыс. человек (на 125,5 тыс. человек, или 18,4 %). По дан-

Таблица 1

Динамика численности населения ПМР по городам и районам*

Административно-территориальная единица	Численность населения, чел.			Отношение 2015 г. к 1989 г., %	Отношение 2015 г. к 2004 г., %
	1989 г.	2004 г.	2015 г.		
г. Тирасполь	199 940	159 163	129 367	–35,32	–12,52
г. Бендеры	139 463	105 010	91 197	–34,60	–13,06
Каменский р-н	34 635	27 284	20 542	–40,63	–24,24
Рыбницкий р-н	95 810	82 699	69 405	–27,54	–15,89
Дубоссарский р-н	47 757	37 449	31 159	–34,75	–16,63
Григориопольский р-н	53 128	48 000	39 795	–25,10	–17,04
Слободзейский р-н	110 138	95 742	83 798	–23,91	–12,41
Всего	680 871	555 347	475 373	–30,18	–14,35

* По данным переписей населения соответствующих лет (2015 г. – предварительные данные).

ным последней переписи 2015 г. численность жителей региона составляет 475,7 тыс. человек (или 85,6 % от численности 2004 г.). Абсолютное уменьшение численности населения за 2004–2015 гг. составило 79,7 тыс. человек (рис. 2).

Общие депопуляционные потери Приднестровья за период с 1989 по 2015 г. составили 205,5 тыс. человек, или 30,2 %. Это очень существенная утрата демографического потенциала региона, что негативно сказывается на его социально-экономическом развитии.

Вклад естественного и механического движения в показатели численности населения

Динамика численности населения республики в целом, а также отдельных административно-территориальных единиц и поселений определяется его естественным и механическим движением.

К концу 80-х гг. в поселениях, находящихся в настоящее время под юрисдикцией ПМР, наблюдалась положительная динамика численности населения, об-

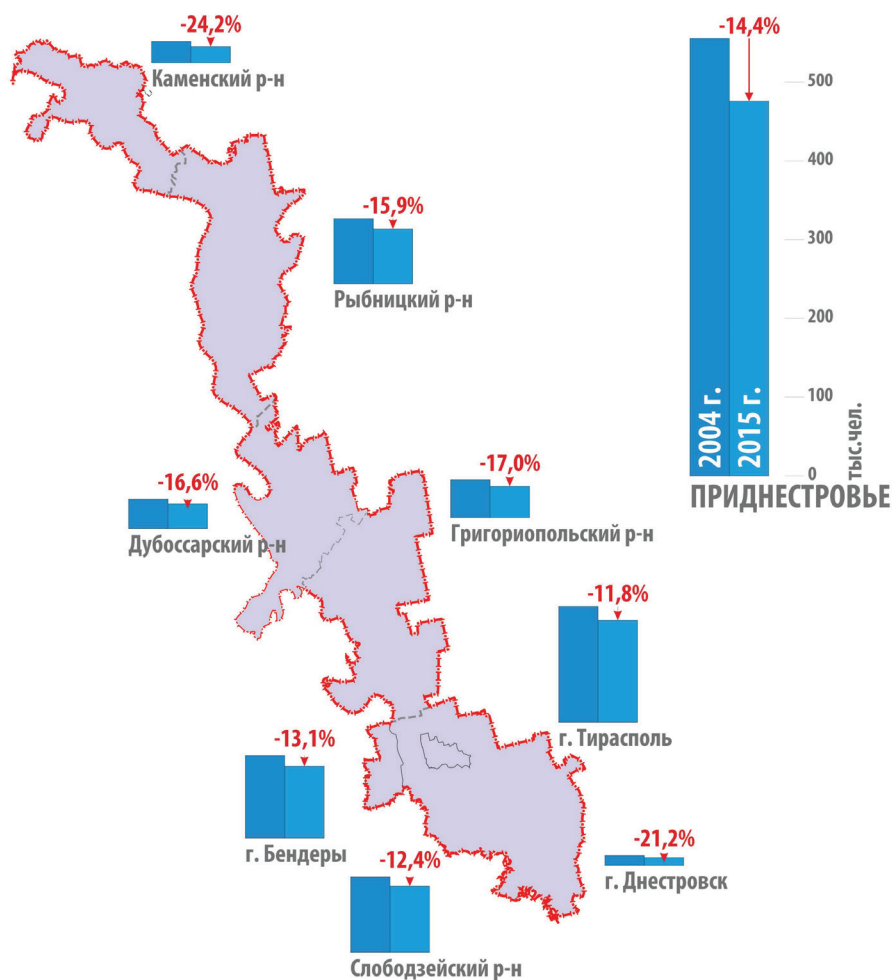


Рис. 2. Динамика численности населения городов и районов ПМР с 2004 по 2015 г.

условленная естественным и миграционным приростом. По нашим расчетам абсолютный прирост населения в 1989 г. составил 8,1 тыс. человек и был обусловлен естественным (+5,4 тыс. человек) и миграционным (+2,7 тыс. человек) приростом. Как следствие, в 1989 г. численность населения увеличилась с 680,9 до 689,0 тыс. человек.

Абсолютный прирост населения сохранялся и в 1990–1991 гг. Значительный миграционный отток населения, вызванный военно-политическими событиями 1992 г., впервые в новейшей истории ПМР привел к абсолютной убыли населения.

В 1993 г. зафиксирован абсолютный прирост населения, обусловленный преимущественно поствоенным компенсационным положительным миграционным сальдо. В последующем периоде (начиная с 1994 г.) сочетание отрицательного сальдо миграций с естественной убылью привело к абсолютной убыли населения республики и депопуляции территории.

К началу 90-х гг. прошлого века число родившихся в Приднестровье заметно превышало число умерших. Итогом был естественный прирост, составлявший 4,5–5,0 тыс. человек в год. Однако уже к 1994 г. республика пришла к простому воспроизводству – так демографы называют состояние, при котором число умерших и родившихся примерно равно. В дальнейшем вплоть до настоящего времени смертность стала превышать рождаемость. В последние годы этот разрыв составляет 2,0–2,5 тыс. человек.

По показателям смертности населения (14–15 промилле) Приднестровье вместе с нашими восточноевропейскими соседями (Украиной, Болгарией, Беларусью и др.) располагается в самом начале этого печального мирового списка, где прежде находились только слаборазвитые африканские страны. Показатель рождаемости (около 10 промилле) примерно соответствует средневропейскому показателю.

Простой расчет демографических потерь региона за период между переписями 2004 и 2015 гг. дает нам усредненную цифру ежегодной убыли несколько более 7 тыс. человек. Таким образом, мы видим, что миграционный отток играет гораздо большую роль в депопуляции региона, практически в два раза превышая потери от естественной убыли населения.

В отличие от довольно точного учета естественного движения населения в республике (когда службы ЗАГС регистрируют рождаемость и смертность) система учета миграционного движения населения очень несовершенна. Дело в том, что жители Приднестровья нечасто сообщают официально (т. е. через паспортный отдел) о своем отъезде за пределы республики на работу, учебу и по другим причинам. Кроме того, жители региона используют свои заграничные паспорта других государств (России, Молдовы, Украины и др.). Таким образом, мы не можем рассчитывать на адекватный учет текущего миграционного движения населения. Однако данные прошедшей переписи позволяют оценить масштабы негативного влияния этого процесса.

Определенный интерес представляет анализ соотношения постоянного, наличного и временно отсутствующего населения.

Численность постоянного населения по данным переписи 1989 г. составляла 677 947 человек (в том числе городского – 481 328, сельского – 196 619 человек), а наличного населения – 680 871 (в том числе городского – 483 227, сельского – 197 644). Общая численность наличного населения на 2924 человека превышала численность постоянного населения (городского – на 1899, сельского – на 1025 человек). Эти показатели свидетельствовали о миграционной привлекательности региона.

Результаты переписи 2004 г. продемонстрировали иную тенденцию. Численность наличного населения оказалась на

36 312 человек меньше, чем постоянного (табл. 2). Это является косвенным признаком того, что часть населения республики на момент переписи находилась за пределами Приднестровья (трудоустроенные, обучающиеся за рубежом, командированные и другие категории).

Наиболее высокая численность и доля временно отсутствующего населения наблюдалась в Бендерах и районах с преобладанием сельского населения, расположенных вдали от крупных городов, – в Каменском и Григориопольском. Среднее положение занимал Дубоссарский район. Наименьшей являлась доля временно отсутствующего населения в Слободзейском районе, что обусловлено его близостью к двум крупным городам – Тирасполю и

Бендерам. Для постоянного населения сел района характерны интенсивные маятниковые многоцелевые перемещения населения в указанные города.

По данным переписи населения 2015 г. абсолютная численность временно отсутствующего населения (70,6 тыс.) и его доля в общей численности постоянного населения (14,8 %) существенно возросли.

Динамика численности населения районов и городов Приднестровья

К концу 80-х годов XX в. во всех административно-территориальных единицах Приднестровья наблюдалась положительная динамика численности населения, обусловленная естественным и миграционным приростом (табл. 3).

Таблица 2

Доля временно отсутствующего населения в общей численности постоянного населения, 2004 г.

Административно-территориальная единица	Всего постоянного населения, чел.	В том числе временно отсутствующее население	
		чел.	%
Тирасполь – горсовет	159 163	4548	2,9
Бендеры – горсовет	105 010	11 916	11,3
Каменский р-н	27 284	2540	9,3
Рыбницкий р-н	82 699	5277	6,4
Дубоссарский р-н	37 449	3092	8,3
Григориопольский р-н	48 000	4299	9,0
Слободзейский р-н	95 742	4640	4,8
Городское население	377 667	23 793	6,3
Сельское население	177 680	12 519	7,0
ПМР – всего	555 347	36 312	6,5

Таблица 3

Движение населения Приднестровья в 1989 г., чел.

Административно-территориальная единица	Численность населения на начало года	Миграционный прирост	Естественный прирост	Абсолютный прирост	Численность населения на конец года
Тирасполь – горсовет	199 940	1017	1819	2836	202 776
Бендеры – горсовет	138 321	263	1411	1674	139 995
Каменский р-н	34 635	254	100	354	34 989
Рыбницкий р-н	95 810	331	625	956	96 766
Дубоссарский р-н	47 757	405	338	743	48 500
Григориопольский р-н	53 128	126	452	578	53 706
Слободзейский р-н	110 138	315	650	965	111 103
ПМР – всего	679 729	2711	5395	8106	687 835

В последующие годы демографическая ситуация заметно ухудшилась. Демографические потери региона со времени образования республики составили к 2004 г. около 125 тыс. человек (или 1/7 часть), а уже к 2015 г. – 205 тыс. человек (т. е. почти треть). Между тем административно-территориальные единицы отличаются по глубине депопуляции. Наиболее демографически устойчивым выглядит Слободзейский район, где потери с 1989 по 2015 г. составили 17,5 %, в то время как в Каменском районе ситуация очень тревожная, ведь он потерял за этот период более 40 % населения (табл. 4).

В настоящее время около половины населения Приднестровья сосредоточено

в поселениях, входящих в состав Тираспольского и Бендерского городских советов. Среди других административно-территориальных единиц по суммарной численности населения выделяются Слободзейский и Рыбницкий районы (табл. 5).

Приднестровье имеет сравнительно высокую плотность населения, являясь одним из самых густонаселенных регионов на постсоветском пространстве. В 1989 г. по показателю плотности населения среди союзных республик первое место занимала ССР Молдова – около 130 человек на 1 кв. км. Плотность населения в Приднестровье в тот момент была в 1,5 раза выше (почти 190 человек на 1 кв. км). Абсолютная убыль жителей привела к су-

Таблица 4

**Динамика численности населения
по административно-территориальным единицам, тыс. чел.***

Административно-территориальная единица	1989 г.	2004 г.	2015 г.	Абсолютная убыль к 2015 г.	Отношение 2015 г. к 1989 г., %
Тирасполь – горсовет**	199 940	159 163	139 025	–60 915	69,5
Бендеры – горсовет	139 463	105 010	91 298	–48 165	65,5
Каменский р-н	34 635	27 284	20 481	–14 154	59,1
Рыбницкий р-н	95 810	82 699	69 560	–26 250	80,2
Дубоссарский р-н	47 757	37 449	31 222	–16 535	75,4
Григориопольский р-н	53 128	48 000	39 819	–13 309	84,8
Слободзейский р-н	110 138	95 742	83 863	–26 275	82,5
ПМР – всего	680 871	555 347	475 268	–205 403	77,1

* По данным переписей населения соответствующих лет (2015 г. – предварительные данные).

** Включая г. Днестровск.

Таблица 5

**Динамика доли населения в общей численности населения
по административно-территориальным единицам***

Административно-территориальная единица	2015 г., чел.	2015 г., %	1989 г., %	2004 г., %	Отношение 2015 г. к 1989 г., %
Тирасполь – горсовет	139 025	29,3	29,3	28,7	–
Бендеры – горсовет	91 298	19,2	20,5	18,9	–1,3
Каменский р-н	20 481	4,3	5,1	4,9	–0,8
Рыбницкий р-н	69 560	14,6	14,1	14,9	+0,5
Дубоссарский р-н	31 222	6,6	7,0	6,7	–0,4
Григориопольский р-н	39 819	8,4	7,8	8,7	+0,6
Слободзейский р-н	83 863	17,6	16,2	17,2	+1,4
ПМР – всего	475 268	100	100	100	–

* По данным переписей населения соответствующих лет (2015 г. – предварительные данные).

ественному снижению плотности населения республики (табл. 6).

Несмотря на сложившуюся устойчивую тенденцию к сокращению абсолютной численности жителей, плотность населения Приднестровья сопоставима с аналогичным показателем ряда стран СНГ, Восточной и Западной Европы (табл. 7).

Внутри республики наиболее высокая плотность населения характерна для городских агломераций, пригородной сельской местности и ареалов концентрации крупных сельских поселений.

Среди административных районов высокой плотностью сельского населения отличается Слободзейский. Григориопольский район по этому показателю занимает промежуточное положение. В Каменском, Рыбницком и Дубоссарском районах плотность сельского населения в 2,5–3,5 раза ниже максимальной (табл. 8).

Предпосылками сложившегося распределения населения выступают исторические факторы заселения и хозяйственного освоения региона в 1950–1980-е гг. Следует отметить, что за последние 20 лет пропорция между городом и селом существенно не изменилась: доля горожан выросла на 3 % за счет внутренней миграции и естественного движения.

Среди городов (районов) ПМР наиболее населенными являются Тирасполь и Бендеры, а также Слободзейский район, на территории которых проживает 66,1 % населения республики. Наименьшая численность жителей отмечается в Дубоссарском и Каменском районах, доля которых в общей численности составляет 6,6 % и 4,3 % соответственно.

Численность населения является моментным показателем. Для характеристики скорости изменения численности населения во времени используется коэффициент общего прироста населения $K_{\text{ДР}}$, который может быть рассчитан через общие коэффициенты рождаемости, смерт-

Таблица 6

Динамика плотности населения ПМР*

Год	Численность населения, тыс. чел.	Плотность населения, чел./км ²
1989	680,9	189,6
2004	554,4	154,3
2015	475,1	132,2

* По данным переписей населения соответствующих лет (2015 г. – предварительные данные). Плотность рассчитана с учетом величины площади, находящейся под юрисдикцией ПМР.

Таблица 7

Плотность населения в некоторых странах современного мира в 2012 г.

Страна	Чел./км ²	Страна	Чел./км ²
Австрия	102	Польша	119
Венгрия	106	Португалия	114
Дания	130	Словения	105
Италия	202	Франция	115
Люксембург	192	Чехия	133
Молдова	116	Швейцария	195

Таблица 8

Плотность сельского населения в административных районах ПМР*

Район	ЧСН**	ПР**	ПСН**
Каменский	11,6	434,5	26,7
Рыбницкий	24,1	850,2	28,3
Дубоссарский	8,1	397,0	20,4
Григориопольский	29,5	822,0	35,7
Слободзейский	62,7	873,0	71,8

* По предварительным данным переписи населения 2015 г.

** ЧСН – численность сельского населения, тыс. чел.; ПР – площадь района, км²; ПСН – плотность сельского населения, чел./км².

ности, естественного и миграционного приростов. Это обусловлено тем, что источником прироста населения является как естественное, так и механическое движение, или миграция. Поэтому при анализе характера воспроизводства населения в целом важно учитывать не только составные процессы рождаемости и смертности, но и влияние (прямое и косвенное) миграции. В ПМР миграция в последние

годы оказывает определяющее влияние на изменение не только численности, но и состава, а также качества населения.

Отрицательный прирост населения характерен для всех городов и районов Приднестровья. Однако наибольшая убыль населения за период 2004–2015 гг. наблюдается в Каменке и Каменском районе (24,24 %) и в г. Днестровске (21,21 %). Наименьшая убыль населения характерна для г. Тирасполя (11,79 %).

Анализируя демографические показатели, мы приходим к некоторым неутешительным выводам.

Во-первых, численность населения нашего региона продолжит сокращаться, хотя темпы этого процесса начнут замедляться. Некоторое повышение показателей рождаемости выглядит обнадеживающим, однако высокий уровень смертности в ближайшие годы не позволит выйти на уровень простого воспроизводства. Более реалистичным инструментом замедления депопуляции может стать политика, направленная на сокращение миграционного оттока населения. Существующая демографическая тенденция может привести к утрате Приднестровьем еще 50–70 тыс. человек в ближайшие 10 лет.

Во-вторых, результатом депопуляции станет дальнейшее сокращение числа населенных пунктов. Так, за период между переписями 2004 и 2015 гг. шесть мелких населенных пунктов утратили жителей и перестали существовать. Сегодня 21 село (преимущественно на севере республики) насчитывают менее 50 жителей (в том числе восемь – менее 10 человек) и находятся под угрозой исчезновения. Обезлюдивание сельской местности делает актуальным вопрос о необходимости корректировки административно-территориального устройства – укрупнении сельских администраций, а возможно, и расформирования самого малолюдного в республике Каменского района.

В-третьих, продолжится процесс старения населения. В период между 2004 и 2015 гг. доля детей в Приднестровье сократилась с 17,3 % до 14,3 %, а доля лиц пенсионного возраста увеличилась с 19,9 % до 27,7 %. Снижение доли трудоспособного населения при увеличении доли пенсионеров приведет к дальнейшему повышению демографической нагрузки (проще – соотношение работающего и неработающего населения). В этой связи ожидаемым станет принятие непопулярного решения увеличить пенсионный возраст.

В-четвертых, сохранятся позитивные тенденции уменьшения младенческой смертности и увеличения ожидаемой продолжительности жизни. Успехи системы здравоохранения позволили приблизить Приднестровье к европейским низким показателям младенческой смертности, опередив соседние страны – Украину, Молдову, Румынию, Россию и др. По-прежнему остается значительным разрыв между показателями ожидаемой продолжительности жизни у мужчин и женщин – восемь–девять лет.

Впрочем, демографическая ситуация для исследователей не выглядит безнадziejной. Неутешительные данные должны стать не поводом к унынию, а стимулом к активным действиям, направленным на преодоление негативной ситуации.

Необходимо сделать демографическую политику в нашей республике более последовательной и системной. Основные ее направления должны включать:

- 1) стимулирование рождаемости и укрепление семьи;
- 2) укрепление здоровья и увеличение ожидаемой продолжительности жизни;
- 3) регулирование миграций и оптимизацию расселения.

Готовых рецептов реализации этих направлений нет, но опыт других стран и международных организаций заслуживает того, чтобы быть учтенным при осуществ-

влении государственной политики в Приднестровье.

Базой для проведения государственной демографической политики должны стать адекватная система учета движения населения и его характеристик и исследования в области народонаселения, в первую очередь те, что позволяют прогнозировать демографические тенденции.

В связи с этим целесообразными представляются усилия государственных структур, общественных организаций и научных учреждений по следующим направлениям:

- совершенствование учета населения, расширение числа демографических показателей и их дезагрегации среди форм Государственной службы статистики ПМР;

- детальное изучение данных переписи населения 2015 г. и использование результатов таких исследований в осуществлении государственной политики;

- регулярное проведение обследований населения (обследований домашних хозяйств, социологических исследований);

- организация более широкого доступа к демографическим данным (создание он-лайн баз данных, удобных для использования сотрудниками государственных учреждений, научными работниками и др.);

- сотрудничество с демографическими центрами России и международными организациями (Программой развития ООН, Международной организацией по миграции, Фондом ООН в области народонаселения и др.).

Сложные демографические проблемы, корни которых лежат в далеком прошлом, подпитываемые социально-экономическими трудностями в регионе, не имеют простых решений. Только последовательная, ответственная, рассчитанная на долгосрочную перспективу политика способна дать позитивные результаты.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ

ОФИЦИАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ
ОБ ОБЪЕКТАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
зарегистрированных в Министерстве юстиции
Приднестровской Молдавской Республики

Изобретения

(71)(73) Государственное образовательное учреждение «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»,

г. Тирасполь, ул. 25 Октября, д. 128

(11) 479

(21) 16100533

(51) F 22 B 1/30, F 24 H 1/20

(22) 04.11.2016

(15) 08.12.2016

(72) Ф.Ю. Бурменко, Л.Л. Юров, Ю.Ф. Бурменко, В.Г. Звонкий и Г.П. Лупашко

(56) Патент РФ № 2038543, F 24 H 1/20, 1995.

(54) Электродный водогрейный котел, содержащий корпус с теплоносителем, неподвижный электрод и подвижный короткозамкнутый электрод, *отличающийся* тем, что, с целью самостабилизации потребляемой мощности и повышения энергетической эффективности, подвижный короткозамкнутый электрод размещен в корпусе котла в направляющих пазах изолированного основания в среде теплоносителя с возможностью перемещения его посредством сильфонного термостата.

(71)(73) Государственное образовательное учреждение «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»,

г. Тирасполь, ул. 25 Октября, д. 128

(11) 480

(21) 16100532

(51) F 24 H 1/20

(22) 04.11.2016

(15) 23.12.2016

(72) Ф.Ю. Бурменко, Л.Л. Юров, Ю.Ф. Бурменко, Г.П. Лупашко и С.Л. Чирвина

(56) Патент РФ № 2189542, F 24 H 1/20, 2002.

(54) Электродный нагреватель жидкости, содержащий корпус с входным и выходным патрубками, коаксиально размещенный в корпусе в среде жидкости конический фазный электрод со штоком, снабженный хвостовиком, *отличающийся* тем, что, с целью повышения эффективности, надежности работы нагревателя за счет обеспечения саморегулирования потребляемой мощности, нагреватель снабжен управляющим ме-

ханизмом положения конического фазного электрода, выполненным в виде соленоида, конический фазный электрод со штоком и хвостовиком выполнен с возможностью свободного перемещения по вертикали, при этом хвостовик штока выполняет функцию сердечника соленоида, включенного последовательно в электрическую цепь питания нагревателя.

(71)(73) Государственное образовательное учреждение «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»,

г. Тирасполь, ул. 25 Октября, д. 128

(11) 481

(21) 17100534

(51) А 61 К

(22) 03.02.2017

(15) 14.02.2017

(72) В.А. Шептицкий, Ю.Н. Березюк и С.А. Бурцева

(56) Шептицкий В.А., Братухина А.А., Бурцева С.А. Условно-рефлекторная деятельность белых крыс при длительном потреблении биопрепаратов на основе метаболитов *Streptomyces massasporeus* // Известия АНМ. Науки о жизни. – 2007. – № 2(302). – С. 7–12.

(54) Способ стимуляции условно-рефлекторной деятельности, преимущественно у лабораторных животных, включающий прием метаболитов из биомассы стрептомицетов, *отличающийся* тем, что, с целью расширения арсенала средств природного происхождения для стимулирования условно-рефлекторной деятельности у особей, пребывающих в периоде деминуации функций, природные метаболиты штамма *Streptomyces fradiae CNMN-Ac-II* принимают в качестве пищевой добавки ежедневно в дозе 250 мг/кг массы тела в течение 90 суток.

Программы для ЭВМ

(76) Черняховский Станислав Геннадьевич,

г. Тирасполь, ул. Краснодонская, д. 36/19, кв. 21

(11) 337

(21) 15300369

(22) 16.11.2016

(15) 17.11.2016

(57) Программа для ЭВМ «1С „Программно-аппаратный комплекс для автоматизации работ в сфере технической инвентаризации“» предназначена для автоматизации процесса камеральной обработки натурных замеров по технической инвентаризации зданий и сооружений.

Программный продукт является отдельной самостоятельной программой для составления инвентарных дел и справок об оценочной стоимости объектов недвижимого имущества после натурных замеров. Данная система базируется на регистрах накопления и регистрах сведений.

Программа для ЭВМ «1С „Программно-аппаратный комплекс для автоматизации работ в сфере технической инвентаризации“» реализована в виде набора программных модулей, справочников, документов, отчетов, регистров накопления и регистров сведений.

Основными функциями программы являются автоматизация процесса камеральной обработки натурных замеров по технической инвентаризации зданий и сооружений.

Формирование форм инвентарного дела (1У, 7ТИ, экспликация):

- 1) заполнение адреса объекта недвижимого имущества;
 - 2) заполнение ФИО правообладателя и правоустанавливающих документов на данный объект;
 - 3) заполнение параметров земельного участка;
 - 4) заполнение параметров и автоматический подсчет площадей, объемов и оценки надворных построек;
 - 5) заполнение и автоматический подсчет площадей и стоимости сооружений;
 - 6) автоматический подсчет общей стоимости домовладения;
 - 7) автоматический подсчет площадей и объемов основного строения;
 - 8) автоматическое заполнение конструктивов, материалов, удельных весов основного строения и пристроек к нему;
 - 9) автоматическое исчисление оценки основного строения и пристроек к нему;
 - 10) автоматический подсчет площадей внутренних помещений строения с указанием их назначения и подсчетом итоговых площадей основного строения;
 - 11) автоматическое формирование форм инвентарного дела (1У, 7ТИ, экспликация).
- Формирование справок об оценочной стоимости объектов недвижимости:

- 1) заполнение адреса объекта недвижимого имущества;
- 2) заполнение ФИО правообладателя;
- 3) заполнение параметров земельного участка;
- 4) заполнение параметров и автоматический подсчеты площадей, объемов и оценки надворных построек;
- 5) заполнение и автоматический подсчет площадей и стоимости сооружений;
- 6) автоматический подсчет общей стоимости домовладения;
- 7) автоматический подсчет площадей и объемов основного строения;
- 8) автоматическое исчисление оценки основного строения и пристроек к нему;
- 9) автоматический подсчет стоимости квартир;
- 10) автоматическое формирование справки.

Программа написана на языке 1С и функционирует в среде Windows XP/7/8/10.

(76) Ницуленко Александр Петрович,

Рыбницкий р-н, с. Попенки, ул. Садовая, д. 28

и Шестопал Оксана Викторовна,

г. Рыбница, ул. Кирова, д. 105, кв. 21

(11) 338

(21) 15300370

(22) 13.02.2017

(15) 14.02.2017

(57) Программа для ЭВМ «Получение оптимальной модели полным перебором слабо коррелированных факторов» предназначена для получения объективного набора факторов для построения математической модели путем полного перебора слабо коррелированных факторов и применения математических методов обработки пассивных данных.

В основу программы положены результаты исследования субъективности экспертных методов при выборе одного представителя из плеяд сильно коррелированных факторов, показывающие, что экспертные методы, несмотря на все их достоинства, обладают некоторой (а в отдельных случаях и высокой) степенью субъективности.

Данный модуль позволяет импортировать с помощью технологии ADO исходные данные из Excel-приложения в вектор. В наличии возможность экспорта данных в более привычный для пользователя формат Excel документа.

Разработанный программный продукт обеспечивает выполнение ряда задач, которые позволяют построить эффективную математическую модель:

- формирование плеяд сильно коррелированных факторов;
- полный перебор возможных сочетаний слабо коррелированных факторов;
- расчет критерия адекватности полученных моделей;
- отсев моделей с отрицательной адекватностью;
- определение информационной емкости полученных математических моделей;
- сортировка математических моделей по критерию информационной емкости.

Программа написана на языке C++ в интегрированной среде визуального программирования Borland C++ Builder 6.0 фирмы Borland и предназначена для ЭВМ типа IBM в операционной системе Windows. Минимальные требования для устойчивой работы программного продукта следующие: процессор с тактовой частотой 1.6 Гц, оперативная память 2 Гб.

Товарные знаки

(730) Общество с ограниченной ответственностью «БОЛГАР ПРОДУКТ»,
Слободзейский р-н, с. Парканы, ул. Ленина, д. 60

(111) 1697

(210) 16201682

(220) 21.10.2016

(151) 15.11.2016

(180) 21.10.2026

(540)

Тупальчик

(591) Желтый, темно-зеленый.

(511)

29 – мясо, рыба, птица и дичь; мясные экстракты; овощи и фрукты консервированные, сушеные и подвергнутые тепловой обработке; желе, варенье, компоты; яйца, молоко и молочные продукты; масла и жиры пищевые.

(730) АКВА ЕН.ЕР.ДЖИ. ИНВЕСТМЕНТС ЛИМИТЕД, (AQUA NRG INVESTMENTS LIMITED)

Лампоусас 1, П.С. 1095, Никосия, Кипр
(Lampousas 1, P.C. 1095, Nicosia, Cyprus)

(111) 1698

(210) 16201684

(220) 24.10.2016

(151) 16.11.2016

(180) 24.10.2026

(540)

PIT BULL

(511)

32 – пиво; минеральные и газированные воды и прочие безалкогольные напитки; фруктовые напитки и фруктовые соки; сиропы и прочие составы для изготовления напитков.

33 – алкогольные напитки (за исключением пива).

(730) АКВА ЕН.ЕР.ДЖИ. ИНВЕСТМЕНТС ЛИМИТЕД (AQUA NRG INVESTMENTS LIMITED)

Лампоусас 1, П.С. 1095, Никосия, Кипр
(Lampousas 1, P.C. 1095, Nicosia, Cyprus)

(111) 1699

(210) 16201685

(220) 24.10.2016

(151) 16.11.2016

(180) 24.10.2026

(540)

POP STAR

(511)

32 – пиво; минеральные и газированные воды и прочие безалкогольные напитки; фруктовые напитки и фруктовые соки; сиропы и прочие составы для изготовления напитков.

33 – алкогольные напитки (за исключением пива).

(730) Пёрпл Инк. (Purple Inc.),

Корнер Хьюстон энд Эйри Стрит,
Блэйк Билдинг, Сьют 302 Белиз Сити, Белиз
(Corner Huston & Eyre Street,
Blake Building, Suite 302 Belize City, Belize)

(111) 1700

(210) 16201677

(220) 18.08.2016

(151) 16.11.2016

(180) 18.08.2026

(540)

(591) Красный, синий, белый.

(511)

02 – краски, олифы, лаки; защитные средства, предохраняющие металлы от коррозии и древесину от разрушения; красящие вещества; протравы; необработанные природные смолы; листовые и порошкообразные металлы, используемые для художественно-декоративных целей и художественной печати; вещества красящие; вещества связывающие для красок; глазури [покрытия]; грунтовки; заплатки-краски перемещаемые; красители; красители ализариновые; красители анилиновые; красители для кожи; красители из дре-

весины; краски [тонеры] для копируемых аппаратов и машин; краски алюминиевые; краски асбестовые; краски бактерицидные; краски для древесины; краски для керамических изделий; краски для клеймения животных; краски клеевые; краски огнестойкие; краски типографские; краски эмалевые; лак черный; лак асфальтовый; лаки битумные; лаки для бронзирования; лаки копаловые; масла антикоррозионные; масла защитные для древесины; мастики [природные смолы]; пасты типографские [чернила]; пигменты; позолота; покрытия [краски]; покрытия [краски] для гудронированного картона; покрытия [краски] для древесины; покрытия защитные грунтовые для рам, шасси транспортных средств; покрытия необрастающие; политуры; порошки алюминиевые для художественно-декоративных целей; порошки для бронзирования; порошки для серебрения; препараты антикоррозионные; препараты защитные для металлов; протравы; протравы для древесины; протравы для кожи; разбавители для красок; разбавители для лаков; растворы для побелки; сгустители для красок; сиккативы [ускорители высыхания] для красок; смазки антикоррозионные консистентные; смолы природные необработанные; составы для внутренней отделки; составы для предотвращения потускнения металлов; составы для предохранения от ржавчины; средства для предохранения древесины; сурик свинцовый; терпентин [разбавитель для красок]; фиксативы [лаки]; фиксативы [фиксаторы] для акварельных красок; экстракты красильные из древесины; эмали [лаки]; эмульсии серебра [пигменты].

(730) Закрытое акционерное общество «Рыбницкий цементный комбинат»,

г. Рыбница, ул. Запорожца, д. 1

(111) 1701

(210) 16201686

(220) 22.11.2016

(151) 22.11.2016

(180) 22.11.2026

(540)



(526) Рыбницкий цементный комбинат, Rybnitskii Cementnyi Kombinat.

(591) Черный, зеленый.

(511)

19 – известняк; известь; камень; цементы.

(730) Индивидуальный предприниматель Богуславская Карина Ирековна,

422624 Российская Федерация, Республика Татарстан,

Лаишевский муниципальный район,

д. Матюшино, ул. Богатая, д. 1

(111) 1702

(210) 16201680

(220) 10.10.2016

(151) 01.12.2016

(180) 10.10.2026

(540)

FREE TIME

(511)

03 – абразивы; амбра [парфюмерия]; антинакипины бытовые; антистатика бытовые; ароматизаторы [эфирные масла]; ароматизаторы воздуха; ароматизаторы для кондитерских изделий из сдобного теста [эфирные масла]; ароматизаторы для напитков [эфирные масла]; аэрозоль для освежения полости рта; баллоны со сжатым воздухом для уборки и удаления пыли; бальзамы, за исключением используемых для медицинских целей; блески для губ; бруски для полирования; бумага абразивная; бумага наждачная; бумага полировальная; вазелин косметический; средства для ухода за обувью; вар сапожный; вага для косметических целей; вещества ароматические для отдушивания белья; вещества влагопоглощающие для посудомоечных машин; вещества клейкие для косметических целей; вода ароматическая; вода жавелевая; вода лавандовая; вода туалетная; воск для белья; воск для пола; воск для пола, предохраняющий от скольжения; воск для удаления волос; воск для усов; воск портновский; воски для полирования мебели и полов; воски обувные; воски полировочные; гели для массажа, за исключением используемых для медицинских целей; гелиотропин; гель для отбеливания зубов; гераниол; грим; дезодоранты для домашних животных; древесина ароматическая; духи; жидкости для пола, предохраняющие от скольжения; жидкости для чистки стекол, в том числе ветровых; жиры для косметических целей; зола вулканическая для чистки; изделия парфюмерные; изображения переводные декоративные для косметических целей; ионон [парфюмерный]; камень квасцовый для бритвы [вяжущее средство]; камни шлифовальные; карандаши для бровей; карандаши косметические; карбид кремния [абразивный материал]; карбиды металлов [абразивные материалы]; квасцы алюминиевые [вяжущее средство]; кизельгур для полирования; клеи для прикрепления искусственных ресниц; клеи для прикрепления накладных волос; кора мыльного дерева для стирки; корунд [абразив]; красители для бороды и усов; красители для воды в туалете; красители косметические; крахмал [аппрет]; крахмал для придания блеска белью; кремы для кожи; воски для кожи; кремы для полирования; вакса, гуталин для обуви; кремы косметические; кремы косметические отбеливающие; крокус красный для полирования; ладан; лаки для волос; лаки для ногтей; лосьоны для волос; лосьоны для косметических целей; лосьоны после бритвы; маски косметические; масла для парфюмерии; масла косметические; масла туалетные; масла эфирные; масла эфирные из кедра; масла эфирные из лимона; масла эфирные из цитрона; масла, используемые как очищающие средства; масло бергамотовое; масло гаультериевое; масло жасминное; масло лавандовое; масло миндальное; масло розовое; масло терпентинное для обезжиривания; мел для побелки; мел для чистки; молоко миндальное для косметических целей; молочко туалетное; мускус [парфюмерия]; мыла; мыла дезинфицирующие; мыла дезодорирующие; мыла для бритвы; мыла для оживления оттенков тканей; мыла кусковые туалетные; мыла лечебные; мыла против потения; мыла против потения ног; мыло миндальное; мята для парфюмерии; наборы косметические; наждак; наклейки для ногтей; ногти искусственные; одеколон; основы для цветочных духов; палочки ватные для косметических целей; палочки фиамные; пасты для ремней для заточки бритв; пасты зубные; порошки зубные; пемза; пероксид водорода для косметических целей; полоски для освежения дыхания; полотно абразивное; полотно наждачное со стеклянным абразивом; помада губная; помады для косметических целей; препараты для бритвы; препараты для ванн косметические; изделия для гигиенических целей, относящиеся к категории парфюмерно-косметических; препараты для завивки волос; препараты для замачивания белья; препараты для заточки

инструментов; препараты для интимной гигиены, дезодоранты; препараты для лощения [подкрахмаливания]; препараты для обесцвечивания; препараты для осветления кожи; препараты для полирования; препараты для полирования зубных протезов; препараты для полоскания рта, за исключением используемых в медицинских целях; препараты для похудения косметические; препараты для придания блеска белью; препараты для придания лоска; препараты для смягчения белья при стирке; препараты для стирки; препараты для сухой чистки; препараты для удаления красок; препараты для удаления лаков; препараты для удаления макияжа; препараты для удаления паркетного воска [очищающие препараты]; препараты для удаления политуры; препараты для ухода за ногтями; препараты для чистки; препараты для чистки зубных протезов; препараты для чистки обоев; препараты для чистки сточных труб; препараты отбеливающие для стирки; препараты с алоэ вера для косметических целей; препараты солнцезащитные; препараты химические бытовые для оживления красок при стирке белья; продукты для наведения блеска [для полировки]; пудра для макияжа; пыль алмазная [абразив]; пятновыводители; растворы для очистки; ресницы искусственные; салфетки, пропитанные косметическими лосьонами; сафрол; синька для обработки белья; скипидар для обезжиривания; смеси ароматические из цветов и трав; сода для отбеливания; сода для стирки; сода для чистки; соли для ванн, за исключением используемых для медицинских целей; соли для отбеливания; составы для окуривания ароматическими веществами [парфюмерные изделия]; составы для предохранения кожи [полировальные]; спирт нашатырный [моющее, очищающее средство]; средства вяжущие для косметических целей; средства для бровей косметические; средства для гримирования; средства для загара косметические; средства для окрашивания волос; средства для перманентной завивки нейтрализующие; средства для придания блеска листьям растений; средства для ресниц косметические; средства для удаления волос; депилятории; средства для ухода за кожей косметические; крем для обуви; средства косметические; средства косметические для животных; средства косметические для окрашивания ресниц и бровей; средства моющие, за исключением используемых для промышленных и медицинских целей; средства обезжиривающие, за исключением используемых в промышленных целях; средства обесцвечивающие [деколораторы] для косметических целей; средства туалетные против потения [туалетные принадлежности]; тальк туалетный; терпены [эфирные масла]; ткань наждачная; тряпки для уборки, пропитанные моющими средствами; хна [краситель косметический]; шампуни; шампуни для мытья животных; шампуни сухие; шкурка стеклянная; щелок содовый; экстракты цветочные [парфюмерия]; эссенции эфирные; эссенция из бадьяна; эссенция мятная [эфирное масло].

(730) Валенко Ирина Петровна,

г. Тирасполь, ул. К. Маркса, д.129, кв. 84

(111) 1703

(210) 16201690

(220) 09.12.2016

(151) 20.12.2016

(180) 09.12.2026

(540)

ВАЛЕНКО

(511)

29 – продукты растительного происхождения: обработанные или консервированные.

(730) Общество с ограниченной ответственностью «Смак»,
г. Бендеры, ул. Коммунистическая, д. 45

(111) 1704

(210) 16201687

(220) 06.12.2016

(151) 29.12.2016

(180) 06.12.2026

(540)



(526) КЕБАВ

(591) Красный, желтый, зеленый, оттенки коричневого, белый, черный.

(511)

29 – мясо, рыба, птица и дичь.

30 – хлебобулочные изделия, кондитерские изделия, мороженое.

35 – продвижение товаров (для третьих лиц).

43 – услуги по обеспечению пищевыми продуктами и напитками.

(730) СУМИТОМО КЕМИКАЛ КО., ЛТД. (SUMITOMO CHEMICAL CO., LTD.)

27-1, Синкава 2-тёмэ, Гуо-ку. Токио 104-8260, Япония
(27-1, Shinkawa 2-chome, Chuo-ku, Tokyo 104-8260, Japan)

(111) 1705

(210) 16201688

(220) 05.12.2016

(151) 09.01.2017

(180) 05.12.2026

(540)

PLEDGE

(591) Черно-белый.

(511)

01 – вещества химические для изготовления гербицидов, фунгицидов и инсектицидов.

05 – гербициды, фунгициды, инсектициды и препараты для уничтожения вредных растений и животных.

(730) СУМИТОМО КЕМИКАЛ КО., ЛТД. (SUMITOMO CHEMICAL CO., LTD.)

27-1, Синкава 2-тёмэ, Гуо-ку. Токио 104-8260, Япония
(27-1, Shinkawa 2-chome, Chuo-ku, Tokyo 104-8260, Japan)

(111) 1706

(210) 16201689

(220) 05.12.2016

(151) 09.01.2017

(180) 05.12.2026

(540)

ПЛЕДЖ

(591) Черно-белый.

(511)

01 – вещества химические для изготовления гербицидов, фунгицидов и инсектицидов.

05 – гербициды, фунгициды, инсектициды и препараты для уничтожения вредных растений и животных.

(730) Общество с ограниченной ответственностью «ВлаРад»,

Слободзейский р-н, с. Сукляя, ул. Гагарина, д. 225/10, кв. 1

(111) 1707

(210) 17201691

(220) 27.01.2017

(151) 27.02.2017

(180) 27.01.2027

(540)



(591) Красный, черный.

(511)

05 – фармацевтические и ветеринарные препараты; гигиенические препараты для медицинских целей; диетическое питание и вещества для медицинских или ветеринарных целей, детское питание; пищевые добавки для человека и животных; пластыри, перевязочные материалы; материалы для пломбирования зубов и изготовления зубных слепков; дезинфицирующие средства; препараты для уничтожения вредных животных; фунгициды, гербициды.

30 – пряники.

36 – обмен денег.

39 – расфасовка, упаковка товаров.

43 – обеспечение временного проживания; услуги кемпингов.

44 – услуги фармацевтов (приготовление лекарств по рецептам).

(730) Скуртул Александр Петрович,

Слободзейский р-н, с. Ближний Хутор, ул. Энергетиков, д. 7

(111) 1708

(210) 17201692

(220) 15.02.2017

(151) 20.03.2017

(180) 15.02.2027

(540)

RELAX

(591) Черно-белый.

(511)

37 – ремонт и техническое обслуживание автомобилей; восстановление двигателей полностью или частично изношенных; чистка и мойка автомобилей.

43 – услуги предприятий общественного питания; кафе.

(730) Закрытое акционерное общество «Бендерский мясокомбинат»,
г. Бендеры, ул. Индустриальная, д. 35

(111) 1709

(210) 17201693

(220) 09.03.2017

(151) 27.03.2017

(180) 09.03.2027

(540)



(511)

29 – овощи и фрукты консервированные, сушеные и подвергнутые тепловой обработке; желе, варенье, компоты.

30 – мука и зерновые продукты, хлебобулочные изделия, кондитерские изделия, мороженое; мед, сироп из патоки; дрожжи, пекарные порошки; соль, горчица; уксус, приправы; пряности; пищевой лед.

35 – продвижение товаров (для третьих лиц).

(730) Общество с ограниченной ответственностью «Доктор Смайл»,
г. Тирасполь, ул. К. Маркса, д. 131, кв. 89

(111) 1710

(210) 17201694

(220) 10.03.2017

(151) 07.04.2017

(180) 10.03.2017

(540)



(511)

40 – услуги зубных техников.

44 – помощь зубоврачебная; стоматология.

(730) Общество с ограниченной ответственностью «Мазаре В.»,
г. Тирасполь, ул. Шевченко, д. 99/2

(111) 1711

(210) 17201695

(220) 17.03.2017

(151) 07.04.2017

(180) 17.03.2027

(540)



(511)

6 – двери металлические.

19 – двери неметаллические.

35 – продвижение (для третьих лиц).

(730) Общество с ограниченной ответственностью «Хабиви»,

г. Тирасполь, ул. Юности, д. 17/2, кв. 12

(111) 1712

(210) 17201697

(220) 31.03.2017

(151) 07.04.2017

(180) 31.03.2027

(540)**НАВИВІ**

(511)

1– 45 (МКТУ-10).

(730) Общество с ограниченной ответственностью «Хабиви»,

г. Тирасполь, ул. Юности, д. 17/2, кв. 12

(111) 1713

(210) 17201698

(220) 31.03.2017

(151) 07.04.2017

(180) 31.03.2027

(540)**GARAGA**

(511)

1– 45 (МКТУ-10).

(730) Общество с ограниченной ответственностью «Апельсин»,

г. Бендеры, ул. Ползунова, д. 15

(111) 1714

(210) 17201696

(220) 21.03.2017

(151) 11.04.2017

(180) 21.03.2027

(540)

(591) Красный, светло-красный, голубой, светло-голубой, серый, желтый, светло-желтый.

(526) NANOFARB.

(511)

02 – краски бактерицидные; влагостойкие; водоотталкивающие; интерьерные; для древесины; малярные; смешанные; флуоресцентные; покрытия (краски); для бетонных покрытий; для декоративно-прикладных целей; для наружных работ; для художественных целей; покрытия атмосферные; лаки.

(730) Гандрабура Ирина Владимировна,

г. Тирасполь, ул. Краснодонская, д. 39, кв. 38

(111) 1715

(210) 17201699

(220) 03.04.2017

(151) 11.04.2017

(180) 03.04.2027

(540)

БИГУДИ

(511)

35 – продвижение товаров (для третьих лиц).

44 – имплантация волос; маникюр; массаж; парикмахерские; салоны красоты; татуирование; услуги визажистов; услуги косметологов.

(730) Некоммерческое партнерство «Клуб взаимопомощи „Наша семья“»,

г. Тирасполь, ул. Юности, д. 8/1, кв. 21

(111) 1716

(210) 17201701

(220) 12.04.2017

(151) 03.05.2017

(180) 12.04.2027

(540)

НАШ ГОРОД – НАША СЕМЬЯ

(511)

41 – академии [обучение]; организация конкурсов [учебных или развлекательных]; организация и проведение коллоквиумов; организация и проведение мастер-классов [обучение]; тьюторинг; клубы здоровья [оздоровительные и фитнес-тренировки]; услуги спортивных лагерей; проведение фитнес-классов; организация и проведение конференций; организация и проведение конгрессов; организация и проведение семинаров; организация и проведение симпозиумов; организация и проведение образовательных форумов неvirtуальных; услуги клубов [развлечение или просвещение]; организация выставок с культурно-просветительной целью; услуги музеев [презентация, выставки]; представление цирковых спектаклей; представления варьете / представления мюзик-холлов; представления театральные; шоу-программы; представления театрализованные; предоставление услуг кинозалов; организация балов; организация спектаклей [услуги импресарио]; организация и проведение концертов; организация показов мод в развлекательных целях; развлечения; развлечение гостей; организация досуга; дискотеки; составление программ встреч [развлечение]; услуги по распространению билетов [развлечение]; предоставление полей для гольфа; аренда теннисных кортов; аренда спортивных площадок; организация спортивных состязаний; программирование спортивных состязаний; производство кинофильмов, за исключением производства рекламных роликов; монтирование теле- и радиопрограмм; услуги студий записи; монтаж видеозаписей; видеосъемка; фоторепортажи; фотографирование; публикация текстовых материалов, за исключением рекламных; информация по вопросам воспитания и образования; информация по вопросам развлечений; информация по вопросам отдыха; служба новостей; радиопередачи развлекательные; услуги оркестров; услуги по написанию сценариев, за исключением рекламных; сочинение музыки; выпуск музыкальной продукции.

(730) Общество с ограниченной ответственностью «Моби-групп»,

г. Тирасполь, ул. Чапаева, д. 101

(111) 1717

(210) 17201702

(220) 12.05.2017

(151) 15.05.2017

(180) 12.05.2027

(540)

XIAOMI

(511)

09 – аппараты телефонные; сотовые и мобильные телефоны; видеотелефоны; автоответчики телефонные; смарт-карточки [карточки с микросхемами]; карточки идентификационные магнитные; карты с магнитным кодом; гарнитуры беспроводные для телефонов; шнуры для мобильных телефонов; передатчики телефонные; провода телефонные; телефоны переносные; трубки телефонные; компьютеры портативные; микропроцессоры; медиаплееры портативные; модемы; носители информации магнитные; программы компьютерные [загружаемое программное обеспечение]; файлы звуковые, загружаемые для звонков мобильных телефонов; файлы изображений загружаемые; файлы музыкальные загружаемые.

35 – агентства по импорту-экспорту; продвижение товаров для третьих лиц; производство рекламных фильмов; публикация рекламных текстов; радиореклама; реклама; услуги снабженческие для третьих лиц [закупка и обеспечение предпринимателей товарами]; управление процессами обработки заказов товаров; телемаркетинг; информация и советы коммерческие потребителям [информация потребительская товарная].

(730) Закрытое акционерное общество «Букет Молдавии»,

г. Дубоссары, ул. Свердлова, д. 109

(111) 1718

(210) 17201700

(220) 04.04.2017

(151) 17.05.2017

(180) 04.04.2027

(540)**СВЯТОЙ НЕКТАР**

(511)

33 – вина; ликеры.

(730) Иностранное дочернее общество с ограниченной ответственностью «Агриматко-сервис»,

г. Тирасполь, пер. Энгельса, д. 16

(111) 1719

(210) 17201705

(220) 19.05.2017

(151) 22.05.2017

(180) 19.05.2027

(540)**Agrimatco**

(511)

35 – продвижение товаров (для третьих лиц).

(730) Общество с ограниченной ответственностью «Алмаз-групп»,
г. Бендеры, ул. Кишиневская, д. 30, кв. 2

(111) 1720

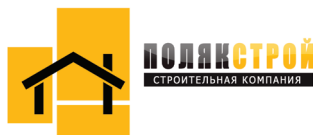
(210) 17201703

(220) 17.05.2017

(151) 06.06.2017

(180) 17.05.2027

(540)



(526) СТРОИТЕЛЬНАЯ КОМПАНИЯ.

(521) Желтый, черный.

(511)

37 – строительство; ремонт.

(730) Середюк Оксана Ивановна,

04116, Украина (UA), г. Киев,
ул. Довнар-Запольского, д. 4, кв. 106

(111) 1721

(210) 17201704

(220) 17.05.2017

(151) 26.06.2017

(180) 17.05.2027

(540)



(526) RESTAURANT.

(521) Красный, черный.

(511)

43 – услуги по обеспечению пищевыми продуктами и напитками; заведения общественного питания; закусочные; кафе; кафетерии; рестораны; рестораны самообслуживания; услуги баров; услуги по приготовлению блюд и доставке их на дом; предварительный заказ мест в ресторанах, барах и кафе; наем (аренда) обеденных и банкетных залов; прокат кухонного оборудования; прокат передвижных строений (заведений общественного питания); прокат мебели, столового белья и посуды; создание композиций из пищевых продуктов.

(730) Общество с ограниченной ответственностью «Гристалком»,

г. Тирасполь, ул. Восстания, д. 46, кв. 30

(111) 1722

(210) 17201706

(220) 19.05.2017

(151) 06.06.2017

(180) 19.05.2027

(540)

GRITALCOM

(511)

02 – краски, олифы, лаки.

19 – неметаллические строительные материалы.

(730) Общество с ограниченной ответственностью «Неоновый город»,

г. Тирасполь, ул. К. Либкнехта, д. 199, кв. 11

(111) 1723

(210) 17201708

(220) 07.06.2017

(151) 05.07.2017

(180) 07.06.2027

(540)

(511)

19 – неметаллические строительные материалы.

(730) Закрытое акционерное общество «Страховая компания „Арион“»,

г. Тирасполь, ул. Котовского, д. 2-б

(111) 1724

(210) 17201707

(220) 05.06.2017

(151) 05.07.2017

(180) 05.06.2027

(540)

(511)

36 – страхование.

(730) Общество с ограниченной ответственностью «Славянский продукт»,

г. Бендеры, ул. Победы, д. 4, кв. 1

(111) 1725

(210) 17201709

(220) 12.06.2017

(151) 11.07.2017

(180) 12.06.2027

(540)

(511)

30 – мука и зерновые продукты.

31 – корма для животных.

(730) Хоржан Евгений Олегович,

г. Тирасполь, ул. Свердлова, д. 80, кв. 14

(111) 1726

(210) 17201722

(220) 19.07.2017

(151) 20.07.2017

(180) 19.07.2027

(540)



(511)

35 – продвижение товаров (для третьих лиц).

(730) Муниципальное унитарное предприятие «Спецавтохозяйство г. Тирасполь»,

г. Тирасполь, ул. Украинская, д. 11

(111) 1727

(210) 17201716

(220) 20.06.2017

(151) 20.06.2017

(180) 20.06.2017

(540)



(511)

37 – уборка улиц.

39 – перевозки автомобильные.

40– сортировка отходов; переработка и утилизация отходов и мусора.

(730) Муниципальное унитарное предприятие «Спецавтохозяйство г. Тирасполь»,

г. Тирасполь, ул. Украинская, д. 11

(111) 1728

(210) 17201718

(220) 28.06.2017

(151) 20.07.2017

(180) 28.06.2017

(540)



(511)

37 – уборка улиц.

39 – перевозки автомобильные.

40– сортировка отходов; переработка и утилизация отходов и мусора.

(730) Общество с ограниченной ответственностью «Ремедиум»,

г. Тирасполь, ул. Краснодонская, д. 50/2

(111) 1729

(210) 17201719

(220) 04.07.2017

(151) 03.08.2017

(180) 04.07.2027

(540)

(511)

35 – продвижение товаров (для третьих лиц).

(730) Открытое акционерное общество «Ремонтно-строительное управление – 2»,

г. Тирасполь, ул. 1 Мая, д. 2

(111) 1730

(210) 17201720

(220) 05.07.2017

(151) 03.08.2017

(180) 05.07.2027

(540)

(526) Словосочетание «ЦЕНТР ДЕЛОВОЙ АКТИВНОСТИ».

(591) Ярко-синий, светло-голубой, серебристо-серый.

(511)

36 – аренда офисов; аренда офисов для совместной работы различных специалистов.

39 – аренда мест для стоянки автотранспорта; аренда складов.

43 – аренда помещений для проведения встреч; базы отдыха.

(730) АКВА ЕН.ЕР.ДЖИ. ИНВЕСТМЕНТС ЛИМИТЕД (AQUA NRG INVESTMENTS LIMITED)Лампоусас 1, П.С. 1095, Никосия, Кипр
(Lampousas 1, P.C. 1095, Nicosia, Cyprus)**(111) 1731**

(210) 17201717

(220) 27.06.2017

(151) 03.08.2017

(180) 27.06.2027

(540)

(511)

32 – пиво; минеральные и газированные воды и прочие безалкогольные напитки; фруктовые напитки и фруктовые соки; сиропы и прочие составы для изготовления напитков.

33 – алкогольные напитки (за исключением пива).

(730) Некоммерческое партнерство «Торгово-промышленная палата Приднестровья»,

г. Тирасполь, ул. Ленина, д. 48

(111) 1732

(210) 17201721

(151) 09.08.2017

(540)

(220) 06.07.2017

(180) 06.07.2027



(511)

35 – продвижение товаров (для третьих лиц).

(730) Закрытое акционерное общество «Спортивный клуб „Шериф“»,

г. Тирасполь, ул. К. Либкнехта, д. 1/2

(111) 1733

(210) 17201723

(151) 09.08.2017

(540)

(220) 26.07.2017

(180) 26.07.2027



(591) Красный.

(511)

29 – мясо, рыба, птица и дичь; овощи и фрукты консервированные, сушеные и подвергнутые тепловой обработке; желе, варенье, компоты; яйца, молоко и молочные продукты; масла пищевые.

30 – кофе, чай, какао, сахар, рис, мука и зерновые продукты, хлебобулочные изделия, кондитерские изделия, мороженое; мед; дрожжи, пекарные порошки; соль, горчица; уксус, приправы; пряности; пищевой лед.

32 – безалкогольные напитки; фруктовые напитки и фруктовые соки; сиропы и прочие составы для изготовления напитков.

43 – услуги по обеспечению пищевыми продуктами и напитками.

(730) Общество с ограниченной ответственностью «Викс Групп»,

г. Слободзея, ул. Колхозная, д. 28

(111) 1734

(210) 17201735

(151) 18.09.2017

(540)

(220) 18.09.2017

(180) 18.09.2017



(591) Красный, желтый, белый, черный, оранжевый, розовый.

(511)

29 – мясо и рыба; дичь; изделия колбасные; клецки картофельные; коктейли молочные; сосиски в тесте на палочках; оладьи картофельные; продукты рыбные пищевые; птица домашняя неживая; рыба неживая; рыба соленая; свинина; сало.

30 – изделия из теста; булки; изделия кондитерские из сладкого теста; изделия кондитерские мучные; изделия макаронные; пельмени; вареники; пироги; пицца; равиоли; соусы; хот-доги; чизбургеры.

Объекты авторского права

№ п/п	Наименование объекта	Ф.И.О. автора	Дата регистрации
1	2	3	4
270	Книга «На страже экономики»	С.А. Крюков	16.09.2016
271	Знак индивидуализации (логотип)	Т.И. Голубчикова	28.09.2016
272	Дидактическое пособие «„Замки звуков“ в формировании лексико-грамматического строя речи в работе с детьми ОНР ₃ уровня»	С.И. Тищенко	03.05.2017
273	Название проекта «Кармодинамика»	Ю.Н. Бобейко	31.05.2017
274	Сборник цветных фотографий «Виды Приднестровья»	В.Н. Абравитов	14.08.2017
275	Сборник статей по экологии (четыре статьи по актуальным проблемам экологии в ПМР)	А.И. Сквитин	22.08.2017

Передача прав на использование объектов интеллектуальной собственности (договоры)

1. 85/1703 договор уступки прав на товарный знак по свидетельству № 1703 (заявка № 16201690) с приоритетом от 09.12.2016 г. в отношении всех товаров, указанных в описании товарного знака к свидетельству № 1703. Дата регистрации договора – 26.12.2016.

Правообладатель – Валенко Ирина Петровна, г. Тирасполь, ул. К. Маркса, д. 129, кв. 84.

Правопреемник – Гарчева Тамара Ивановна, г. Тирасполь, ул. К. Маркса, д. 129, кв. 84.

Территория действия договора – Приднестровская Молдавская Республика.

Срок действия договора – оставшийся срок действия свидетельства.

2. 86/1613 договор уступки прав на товарный знак по свидетельству № 1613 (заявка № 15201598) с приоритетом от 01.06.2015 г. в отношении всех товаров, указанных в описании товарного знака к свидетельству № 1613. Дата регистрации договора – 14.02.2017 г. **Правообладатель** – общество с ограниченной ответственностью «Старгород», г. Бендеры, ул. Ткаченко, д. 18. **Правопреемник** – общество с ограниченной ответственностью «Амазония», г. Бендеры, ул. Ткаченко, д. 18.

Территория действия договора – Приднестровская Молдавская Республика.

Срок действия договора – оставшийся срок действия свидетельства.

3. 87/1613 договор об уступке прав на товарный знак по свидетельству № 1609 (заявка № 15201589) с приоритетом от 14.04.2015 г. в отношении всех услуг, указанных в описании товарного знака к свидетельству № 1609. Дата регистрации договора – 31.03.2017 г. **Правообладатель** – Приднестровский республиканский банк, г. Тирасполь, ул. 25 Октября, д. 71. **Правопреемник** – закрытое акционерное общество «Приднестровский Сберегательный банк», г. Тирасполь, ул. 25 Октября, д. 100.

Территория действия договора – Приднестровская Молдавская Республика.

Срок действия договора – оставшийся срок действия свидетельства.

4. 88/1613 неисключительная лицензия на товарный знак по свидетельству № 1609 (заявка № 15201589) с приоритетом от 14.04.2015 г. в отношении всех услуг, указанных в описании товарного знака к свидетельству № 1609. Дата регистрации договора – 05.04.2017 г. **Лицензиар** – закрытое акционерное общество «Приднестровский Сберегательный банк», г. Тирасполь, ул. 25 Октября, д. 100. **Лицензиат** – открытое акционерное общество «Экспортно-импортный банк», г. Тирасполь, ул. Свердлова, д. 80а.

Территория действия договора – Приднестровская Молдавская Республика.

Срок действия договора – до полного исполнения Сторонами своих обязательств по настоящему договору.

5. 89/1613 неисключительная лицензия на товарный знак по свидетельству № 1609 (заявка № 15201589) с приоритетом от 14.04.2015 г. в отношении всех услуг, указанных в описании товарного знака к свидетельству № 1609. Дата регистрации договора – 05.04.2017 г. **Лицензиар** – закрытое акционерное общество «Приднестровский Сберегательный банк», г. Тирасполь, ул. 25 Октября, д. 100. **Лицензиат** – закрытое акционерное общество «Акционерный коммерческий банк „Ипотечный“», г. Тирасполь, ул. 25 Октября, д. 103б.

Территория действия договора – Приднестровская Молдавская Республика.

Срок действия договора – до полного исполнения Сторонами своих обязательств по настоящему договору.

6. № 90/1546 акт уступки (отчуждения) исключительного права на товарный знак по свидетельству № 1546 (заявка № 14201518) с приоритетом от 27.05.2014 г. в отношении всех товаров, указанных в описании товарного знака к свидетельству № 1546. Дата регистрации договора – 13.06.2017 г. **Правообладатель** – РИКСОС ЛАЙСЕНСИНГ Б.В. (Rixos Licensing B.V.) Кайя Ричард Дж. Божон з/н Кюрасао Кюрасао (Kaуа Richard J. Beaujon z/n CURAÇAO Curaçao). **Правопреемник** – Риксос Хоспитэлити Б.В. (Rixos Hospitality B.V.) Стравинскилаан 401 1077XX Амстердам, Нидерланды (Strawinskylaan 401, 1077 XX Amsterdam, The Netherlands).

Территория действия договора – Приднестровская Молдавская Республика.

Срок действия договора – оставшийся срок действия свидетельства.

7. № 91/839 договор уступки исключительного права на использование товарного знака по свидетельству № 839 (заявка № 06200796) с приоритетом от 30.10.2006 г.

в отношении всех услуг, указанных в описании товарного знака к свидетельству № 839. Дата регистрации договора – 06.06.2017 г. **Правообладатель** – муниципальное унитарное предприятие «Бендерский магазин „Ауреола“», г. Бендеры, ул. Коммунистическая, д. 63. **Правопреемник** – общество с ограниченной ответственностью «Ювесан», г. Бендеры, ул. 40 лет Победы, д. 20, кв. 69.

Территория действия договора – Приднестровская Молдавская Республика.

Срок действия договора – оставшийся срок действия свидетельства.

8. № 92/839 договор уступки исключительного права на использование товарного знака по свидетельству № 839 (заявка № 06200796) с приоритетом от 30.10.2006 г. в отношении всех услуг, указанных в описании товарного знака к свидетельству № 839. Дата регистрации договора – 05.07.2017 г. **Правообладатель** – общество с ограниченной ответственностью «Ювесан», г. Бендеры, ул. 40 лет Победы, д. 20, кв. 69. **Правопреемник** – муниципальное унитарное предприятие «Бендерский магазин „Ауреола“», г. Бендеры, ул. Коммунистическая, д. 63.

Территория действия договора – Приднестровская Молдавская Республика.

Срок действия договора – оставшийся срок действия свидетельства.

9. № 93/1698 договор уступки исключительного права на использование товарного знака по свидетельству № 1698 (заявка № 16201684) с приоритетом от 24.10.2016 г. в отношении всех услуг, указанных в описании товарного знака к свидетельству № 1698. Дата регистрации договора – 20.09.2017 г. **Правообладатель** – АКВА ЕН.ЕР.ДЖИ. ИНВЕСТМЕНТС ЛИМИТЕД (AQUA NRG INVESTMENTS LIMITED), Лампоусас 1, П.С. 1095, Никосия, Кипр (Lampousas 1, P.C. 1095, Nicosia, Cyprus). **Правопреемник** – общество с ограниченной ответственностью «БЕТТЕР ПИТ», 01601, Украина, г. Киев, Спортивная площадь, д. 3.

Территория действия договора – Приднестровская Молдавская Республика.

Срок действия договора – оставшийся срок действия свидетельства.

ИЗВЕЩЕНИЯ

1. Наименование владельца свидетельства № **1294** (заявка № 11201259) с приоритетом от 28.11.2011 года на товарный знак изменено на следующее:

(730) Частное акционерное общество «Киевский картонно-бумажный комбинат».

2. Срок действия свидетельства № **849** (заявка № 06200800) с приоритетом от 9 ноября 2006 года на товарный знак восстановлен и продлен с 9 ноября 2016 года на 10 лет.

3. Срок действия свидетельства № **959** (заявка № 07200903) с приоритетом от 7 августа 2007 года на товарный знак продлен с 7 августа 2017 года на 10 лет.

4. Срок действия свидетельства № **960** (заявка № 07200904) с приоритетом от 7 августа 2007 года на товарный знак продлен с 7 августа 2017 года на 10 лет.

5. Срок действия свидетельства № **961** (заявка № 07200905) с приоритетом от 7 августа 2007 года на товарный знак продлен с 7 августа 2017 года на 10 лет.

6. Срок действия свидетельства № **962** (заявка № 07200906) с приоритетом от 7 августа 2007 года на товарный знак продлен с 7 августа 2017 года на 10 лет.

7. Срок действия свидетельства № **871** (заявка № 06200798) с приоритетом от 8 ноября 2006 года на товарный знак продлен с 8 ноября 2016 года на 10 лет.

8. Срок действия свидетельства № **870** (заявка № 06200819) с приоритетом от 26 декабря 2006 года на товарный знак продлен с 26 декабря 2016 года на 10 лет.

9. Срок действия свидетельства № **879** (заявка № 07200823) с приоритетом от 12 января 2007 года на товарный знак продлен с 12 января 2017 года на 10 лет.

10. Срок действия свидетельства № **813** (заявка № 06200781) с приоритетом от 28 августа 2006 года на товарный знак восстановлен и продлен с 28 августа 2016 года на 10 лет.

11. Срок действия свидетельства № **903** (заявка № 07200848) с приоритетом от 12 апреля 2007 года на товарный знак продлен с 12 апреля 2017 года на 10 лет.

12. Срок действия свидетельства № **888** (заявка № 07200822) с приоритетом от 5 января 2007 года на товарный знак восстановлен и продлен с 5 января 2017 года на 10 лет.

13. Срок действия свидетельства № **912** (заявка № 07200855) с приоритетом от 24 апреля 2007 года на товарный знак восстановлен и продлен с 24 апреля 2017 года на 10 лет.

14. Срок действия свидетельства № **915** (заявка № 07200858) с приоритетом от 24 апреля 2007 года на товарный знак восстановлен и продлен с 24 апреля 2017 года на 10 лет.

15. Срок действия свидетельства № **917** (заявка № 07200860) с приоритетом от 24 апреля 2007 года на товарный знак восстановлен и продлен с 24 апреля 2017 года на 10 лет.

16. Срок действия свидетельства № **955** (заявка № 07200900) с приоритетом от 7 августа 2007 года на товарный знак продлен с 7 августа 2017 года на 10 лет.

17. Срок действия свидетельства № **956** (заявка № 07200900) с приоритетом от 7 августа 2007 года на товарный знак продлен с 7 августа 2017 года на 10 лет.

18. Срок действия свидетельства № **947** (заявка № 07200915) с приоритетом от 19 сентября 2007 года на товарный знак продлен с 19 сентября 2017 года на 10 лет.

19. Срок действия свидетельства № **890** (заявка № 07200836) с приоритетом от 2 марта 2007 года на товарный знак продлен с 2 марта 2017 года на 10 лет.

20. Срок действия свидетельства № **891** (заявка № 07200837) с приоритетом от 2 марта 2007 года на товарный знак продлен с 2 марта 2017 года на 10 лет.

РЕФЕРАТЫ **научно-исследовательских работ**

Перед текстом реферата приводятся следующие данные по научно-исследовательским, опытно-конструкторским работам (далее НИОКР) и диссертациям:

- номер государственной регистрации и дата утверждения;
- наименование работы;
- организация-исполнитель работ;
- руководитель (исполнитель) НИОКР;
- срок выполнения работы: начало, окончание;
- библиографическое описание документа (в т.ч. индекс универсальной десятичной классификации – УДК, индекс рубрики – ИР);
- аннотация.

С отчетами НИОКР можно ознакомиться в центральной городской библиотеке г. Тирасполя.

051600325 от 23.05.2016**«Технологии повышения работоспособности учащихся спортивных школ в спортивной подготовке»**

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»

Руководитель работы: канд. пед. наук, доц. В.В. Абрамова

Срок: начало – 2016, окончание – 2020

ИР: 77

Аннотация: Перед системой спортивных школ ПМР стояли и стоят две основные задачи – воспитание здорового подрастающего поколения и подготовка резерва для спорта высших достижений. Показателем, напрямую связанным и со здоровьем, и с возможностью достижения высокого спортивного результата, является работоспособность, которая является интегральным показателем функционального состояния организма и зависит от индивидуальных психофизиологических ресурсов, степени их тренированности или истощенности, а также внешних условий деятельности.

Вопросы физической работоспособности находятся в центре внимания спортивной науки. Подчеркивается, что самое главное для детско-юношеского спорта – соблюдение паритета между выполнением соответствующих объемов работы в различных видах подготовки, профилактика травм опорно-двигательного аппарата и нарушений сердечно-сосудистой системы и создание базы для эффективного роста уровня спортивного мастерства. Проблема заключается в том, что в теории и методике спорта основные разработки и технологии строятся на идее неуклонного повышения работоспособности юного (и не только юного) спортсмена.

При этом категория «здоровье» почти не учитывается, считается, что здоровье у спортсмена формируется как само собой разумеющийся феномен. Также недостаточно учитывается категория «восстановление», которая тоже имеет большое значение как для здоровья спортсмена, так и для достижения им пика готовности – спортивной формы. Возникает вопрос: *как в условиях спортивной школы найти и использовать эффективные средства, методы, технологии сохранения и укрепления здоровья и повышения работоспособности у детей и подростков, занимающихся спортом.* Одно из решений – здоровьесберегающая технология спортивной подготовки юного спортсмена и его оздоровление. Выдвижение проблемы повышения работоспособности учащихся спортивных школ параллельно с их оздоровлением в разряд первоочередных задач обуславливает актуальность ее теоретической и практической разработки в нескольких направлениях: совершенствование процесса подготовки спортивного резерва в контексте повышения эффективности воздействия на адаптационные механизмы тренирующихся спортсменов; модернизация содержания программы подготовки спортсменов в контексте формирования необходимого уровня образованности в области познания собственного организма и целесообразного воздействия на его функции с целью оптимизации процесса их развития. Наряду с планированием содержания и нагрузок в спортивной тренировке и проведением качественного мониторинга физического состояния занимающихся необходимо обучение их приемам и способам оздоровления с выходом на индивидуальное самосознание и систему самооздоровления.

081600326 от 23.08.2016**«Разработка Сводного тома ПДВ по г. Тирасполю»**

ГУ «Республиканский научно-исследовательский институт экологии и природных ресурсов»

Руководитель работы: канд. физ.-мат. наук А.И. Сквитин

Срок: начало – 2016, окончание – 2020

ИР: 89

Аннотация: Возрастающее воздействие хозяйственной деятельности человека на окружающую среду обуславливает необходимость контроля ее состояния и осуществления природоохранных мероприятий, компенсирующих это воздействие и обеспечивающих оптимальное развитие природной среды. Важность и актуальность проведения сводного расчета загрязнения воздушного бассейна г. Тирасполя обусловлены недостаточностью информации о качестве атмосферного воздуха в связи с ограниченным количеством вредных веществ, измеряемых при инструментальном мониторинге. Анализ сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха позволяет определить перечень источников предприятий с наибольшим воздействием на загрязнение воздушного бассейна. Сводный том ПДВ по г. Тирасполю является необходимым документом государственного управления в области охраны атмосферного воздуха.

081600327 от 23.08.2016

«Восстановление биологической продуктивности и экологического потенциала растительных фитоценозов»

ГУ «Республиканский научно-исследовательский институт экологии и природных ресурсов»

Руководитель работы: канд. с.-х. наук В.С. Руцук

Срок: начало – 2016, окончание – 2020

ИР: 34

Аннотация: В силу того что в Приднестровье преобладают низкопродуктивные древостой, многие из которых производного типа, существует острая необходимость в изучении технологии восстановления высокопродуктивных, экологически устойчивых лесов коренного типа. Неотъемлемой частью изучения лесных фитоценозов является мониторинг лесознтомологического и фитосанитарного состояния лесных насаждений.

Мониторинг растительных сообществ территорий природно-заповедного фонда позволит разработать комплекс мероприятий по их сохранению и восстановлению биологического равновесия территории.

Изучение способов размножения декоративных видов и форм растений позволит расширить ассортимент пород для озеленения, обладающих высокими эстетическими и защитными свойствами.

101600328 от 25.10.2016

«Интеграционный потенциал лингвокультурной модели локальной межкультурной парадигмы»

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»

Руководитель работы: д-р филол. наук, проф. Е.А. Погорелая

Срок: начало – 2017, окончание – 2021

ИР: 13

Аннотация: Представлено локальное измерение лингвокультурной модели, обеспечивающей полноценное сохранение идентификационного пространства русскоязычной личности и диалог культур народов Приднестровья в условиях межкультурной

коммуникации; описано влияние аксиологической шкалы Русского мира на укрепление матрицы толерантного межэтнического общения; выявлены функции образовательной системы Приднестровья как социального механизма формирования национально-культурной идентичности, сохраняющей межпоколенную преемственность самобытной ментальности приднестровцев и обеспечивающей высокий уровень региональной межэтнической интеграции.

101600329 от 25.10.2016**«Этнокультурные процессы на территории Приднестровья в энеолите – раннем железном веке»**

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»

Руководитель работы: канд. ист. наук, доц. Н.П. Тельнов

Срок: начало – 2017, окончание – 2021

ИР: 03

Аннотация: В результате раскопок будут исследованы археологические памятники различных культур эпохи энеолита, раннего, среднего и позднего бронзового века, а также раннего железного века Приднестровья. На основании новых полученных археологических источников будут выявлены развитие и взаимодействие археологических культур, контакты и взаимовлияния древних социумов, что позволит более глубоко и объективно изучить соответствующие периоды жизни древнего населения в регионе и отразить это в научных работах.

Предполагается подготовить сотрудниками НИЛ «Археология» одну докторскую диссертацию.

101600330 от 25.10.2016**«Полипатии и полипрагмазии в амбулаторно-поликлинической практике»**

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»

Руководитель работы: д-р. мед. наук, проф. Г.И. Подолинный

Срок: начало – 2017, окончание – 2021

ИР: 76

Аннотация: В настоящее время все чаще практикующий врач встречается с больными, имеющими множественную сочетанную патологию (полипатия, коморбидность, мультиморбидность, мультикаузальный диагноз и др.).

Из собственных наблюдений и данных литературы следует, что из общего числа всех болезней, которыми страдает человечество, всего 30 болезней мультифакториальной природы составляют до 65% в разных странах, определяя уровень заболеваемости и смертности населения. Типичной характеристикой клинической картины болезни современного пациента признается полипатия (множественные болезни). Клинико-эпидемиологические исследования в нашем регионе указывают на важность наследственных факторов в развитии патологии внутренних органов и костно-мышечной системы.

При наличии большого количества нозологий изменяется клиническая картина, затрудняется лечебно-диагностический процесс, тем самым определяя полипатию как серьезную медико-социальную и экономическую проблему современности.

У больных с полипатией увеличивается трехлетняя смертность, достигая при двух и более заболеваниях 80%.

101600331 от 25.10.2016

«Физико-химические методы получения многофункциональных наноструктурированных материалов и покрытий и их использование при разработке новых технологий»

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»

Руководитель работы: д-р хим. наук, проф. А.И. Дикусар

Срок: начало – 2017, окончание – 2021

ИР: 31

Аннотация: Цель работы – разработка теоретических основ физико-химических методов получения многофункциональных наноструктурированных материалов, покрытий и нанокompозитов на их основе, определение их свойств и областей рационального применения.

На базе проведенных исследований предполагается разработка и издание магистерского учебного пособия «Современные физико-химические методы получения наноматериалов и покрытий: свойства и области применения». Разработки будут защищены патентами.

В результате будут разработаны предложения на уровне инновационных проектов, включающие основы новых экологически чистых, экономичных технологий получения материалов с комплексом заданных характеристик в соответствии с технологическими и рыночными трендами.

Разработка новых технологий и изделий предполагает их использование, в том числе на промышленных предприятиях ПМР.

101600332 от 25.10.2016

«Оптимизация территориальной организации хозяйства Приднестровья как фактор обеспечения устойчивого развития республики»

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»

Руководитель работы: канд. геогр. наук, доц. А.В. Кривенко

Срок: начало – 2017, окончание – 2021

ИР: 14

Аннотация: Будет разработана модель устойчивого развития ПМР, включающая оптимизацию отраслевой структуры хозяйства, рационализацию территориального размещения хозяйствующих субъектов и населения, потенциальные кластерные пространственные структуры, повышение эффективности внешнеэкономических связей.

Подготовлены предложения по оптимизации статистического учета и отчетности в целях оценки социально-экономической безопасности и потенциала устойчивого развития. Будут представлены рекомендации по оптимизации административно-территориального устройства ПМР и укреплению потенциала их устойчивого развития.

Будут подготовлены к изданию различные представительские, учебно-методические и дидактические материалы для преподавания политической, социально-экономической географии и природопользования в системе общего и профессионального образования, включая обновленные варианты учебников для IX–X классов общеобразовательных школ.

101600333 от 25.10.2016

«Лингводидактическая модель обучения молдавскому языку в рамках реализации новых общеобразовательных стандартов»

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»

Руководитель работы: канд. филол. наук, доц. О.В. Щукина

Срок: начало – 2017, окончание – 2019

ИР: 14

Аннотация: В рамках реализации темы предполагается описание различных аспектов функционирования всех уровней молдавского языка – синхронии и диахронии, а также разработка и описание методических подходов к преподаванию молдавского языка в ПМР в рамках новых образовательных стандартов.

В качестве основных результатов будут внесены изменения в издание «Режимулортографик, ортоепик ши де пунктуацие», отражающее орфографическую норму молдавского языка; будет издана коллективная монография «Орфографическая норма современного молдавского языка»; будет разработана лингводидактическая концепция УМК по молдавскому языку для организации общего образования в рамках реализации новых образовательных стандартов и с учетом языковой ситуации в Приднестровье.

Исследование вопросов функционирования молдавского языка, описание особенностей его фонетической, грамматической, лексической системы является основой для создания системы обучения молдавскому языку в средней школе. В контексте введения новых образовательных стандартов возникает необходимость корректировки программы обучения молдавскому языку, а на ее основе учебно-методического комплекса дисциплины «молдавский язык» для школ с молдавским языком обучения.

101600334 от 25.10.2016

«Переинтерпретация данных геологического изучения территории ПМР на основе компьютерных технологий»

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»

Руководитель работы: канд. геол. наук, доц. Е.Н. Кравченко

Срок: начало – 01.01.2017, окончание – 31.12.2017

ИР: 38

Аннотация: На основе данных геологического архива с помощью ГИС-технологий будут переинтерпретированы сведения, полученные в результате геологической съемки территории республики, в том числе данные результатов химического и спектрального опробования горных пород; определена общая перспективность отдельных стратонов на полезные ископаемые.

011700335 от 24.01.2017

«Теоретико-методологические и практико-ориентированные основы квалитологии профессионального образования в ПМР»

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»

Руководитель работы: канд. пед. наук, доц. М.Г. Вахницкая

Срок: начало – 2017, окончание – 2021

ИР: 14

Аннотация: В современных условиях развитие высшего образования сопряжено с действием ряда факторов, таких как: обновление содержания профессионального образования – переход на новые стандарты, изменения в структуре требований в системе подготовки специалистов, несогласованность требований и действий в оценке качества результатов педагогического процесса, взаимосвязь качества образования и конкуренто-

способности выпускников. Перечисленные условия предопределяют вектор дальнейшего развития – выбор наиболее эффективных путей решения проблемы оценки качества образовательной деятельности в системе профессионального образования.

Исследования в данном аспекте согласуются с направлениями деятельности РАО. В этой связи перспективным видится исследование концептуальных подходов организаций педагогической деятельности в контексте квалитологии образования. Переход на многоуровневое высшее образование в ПМР требует пересмотра концептуальных подходов: к содержанию предметных знаний; к формированию соответствующих компетенций, оценки их сформированности как со стороны педагогов, так и со стороны обучающихся; к измерению качества образования в целом. Все перечисленное актуализирует проблему разработки методологических и практико-ориентированных основ квалитологии образования в ПМР.

031700336 от 29.03.2017

«Трансформация социально-трудовых отношений на промышленных и сельскохозяйственных предприятиях ПМР»

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»

Руководитель работы: д-р экон. наук, проф. П.И. Глебов

Срок: начало – 2017, окончание – 2019

ИР: 82

Аннотация: Актуальность темы исследовательской работы «Трансформация социально-трудовых отношений на промышленных и сельскохозяйственных предприятиях ПМР» заключается в том, что социально-трудовые отношения на предприятиях ПМР требуют кардинального улучшения для обеспечения социальной защиты трудового населения и значительного улучшения жизненного уровня всего населения ПМР.

Инновационность данного проекта заключается в неизученности и в отсутствии системных и комплексных научных исследований по данной теме. Ранее такие научные исследования в Приднестровской Молдавской Республике не проводились.

Результаты исследований могут быть использованы в органах государственного управления, в первую очередь в Министерстве по социальному развитию и труду ПМР, при принятии соответствующих постановлений Правительства и внесении Верховным Советом ПМР дополнительных изменений в существующие законы и в другие нормативно-правовые акты республиканских и местных органов власти. Все это в конечном итоге значительно улучшит социально-трудовые отношения в ПМР, повысит уровень жизни населения и экономическое состояние республики в целом.

031700337 от 29.03.2017

«Современные проблемы социализации молодежи ПМР: социальный и психолого-педагогические аспекты»

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»

Руководитель работы: канд. социол. наук, доц. Е.Н. Бобкова

Срок: начало – 2017, окончание – 2019

ИР: 04, 14

Аннотация: Всестороннее изучение молодежи как социальной группы, как одного из главных индикаторов адаптации населения к социально-политическим и социально-экономическим реалиям является в настоящее время актуальной научно-практи-

ческой задачей. Актуальность настоящей темы исследования определяется также тем, что, с одной стороны, на современном этапе государственного строительства в ПМР остро стоит вопрос работы с молодежью, а с другой – отсутствует систематизированная информация об ожиданиях, представлениях и проблемах, социальном здоровье и самочувствии молодых приднестровцев в современной социально-экономической и политической ситуации.

В результате исследований по теме будет разработано теоретико-эмпирическое обоснование социологической модели комплексного социологического измерения молодежи в социальной, культурно-духовной (образовательной), экономической и политической сферах. Будут выявлены и охарактеризованы наиболее существенные стратегии жизнедеятельности молодежи в условиях кризисного социума, будут разработаны рекомендации педагогов и психологов по взаимодействию с молодежью в контексте влияния интернет-сетей и закрытых интернет-сообществ.

Итоговая цель исследования состоит в оптимизации проекта молодежной политики с учетом приоритета государства и социального запроса.

041700338 от 19.04.2017

«Реализация стратегии персонифицированной медицины в диагностике, лечении и профилактике онкологических заболеваний и сопутствующей патологии»

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»

Руководитель работы: канд. мед. наук Г.Н. Карадимитров

Срок: начало – 2017, окончание – 2019

ИР: 76

Аннотация: Современнейшее направление – превентивно-предективная и персонифицированная медицина (ПППМ) базируется на данных, поставляемых медико-генетическими исследованиями. При этом отмечено, что окончательное использование генетического кода для реализации главного составляющего, предупреждения болезней, собственно предикции при сохранении нынешних темпов накопления информации, можно будет достичь через несколько сотен лет. На сегодняшний день вопрос персонификации (индивидуального подхода) в профилактике и лечении онкологических заболеваний может быть решен в рамках изучения конституции человека, включая иммуногистохимические и генетические особенности, и связей ее вариантов с особенностями течения различных заболеваний.

Применение персонифицированных подходов в скрининговых мероприятиях позволит оптимизировать маршрут пациентов на этапах ранней диагностики онкологических заболеваний.

041700339 от 19.04.2017

«Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций, вызванных природными и антропогенными воздействиями на водообеспеченность территорий Приднестровья»

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»

Руководитель работы: канд. геогр. наук, доц. И.П. Капитальчук

Срок: начало – 2018, окончание – 2020

ИР: 89

Аннотация: Целью данной темы является снижение возможных рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций, вызванных нарастающим дефицитом водобеспеченности территории Приднестровья. Будет проведена оценка современного состояния водных объектов, выявлена динамика их изменения под влиянием природных и антропогенных факторов, рассчитаны риски возникновения чрезвычайных ситуаций (в том числе засух и наводнений) в различных секторах экономики (сельское хозяйство, энергетика, судоходство, коммунально-бытовое хозяйство и др.), обусловленных негативными изменениями влагообеспеченности; определен экологический ущерб в результате трансформации экосистем и каскадный эффект воздействия на здоровье человека; разработан комплекс мероприятий по снижению рисков и смягчению последствий чрезвычайных ситуаций.

061700340 от 01.06.2017

«Этнические традиции и обряды в культуре Приднестровья»

ГОУ «ВПО „Приднестровский государственный институт искусств“»

Руководитель работы: канд. экон. наук, доц. Н.А. Голуб

Срок: начало – 2015, окончание – 2018

ИР: 13

Аннотация: Изучение этнических традиций и обрядов в культуре Приднестровья призвано способствовать сохранению, возрождению и широкому распространению их в современных условиях. Предполагается в рамках полевых исследований собрать, записать, расшифровать и систематизировать традиционно-бытовые праздники, обряды и ритуалы жителей Приднестровья, музыкальный фольклор в поликультурном пространстве Приднестровья. Для этого сотрудники НИЛ будут комплексно исследовать традиционную культуру Приднестровья – от истоков до современности, выявлять региональные особенности. При этом будут разработаны для практического применения инновационные формы развития традиционно-праздничной культуры Приднестровья, предложены варианты применения элементов традиционной культуры Приднестровья как основы развития событийного туризма в республике. Результатом работы станет научное осмысление этнических традиций и обрядов в культуре Приднестровья с целью их популяризации и широкого распространения как в научных и деловых кругах, так и в культурном сообществе республики.

061700341 от 09.06.2017

«Реализация системно-деятельностного подхода в условиях внедрения государственных образовательных стандартов нового поколения»

ГОУ «ДПО „Институт развития образования и повышения квалификации“»

Руководитель работы: В.В. Улитко

Срок: начало – 2016, окончание – 2020

ИР: 14

Аннотация: Этап 1. Разработка нормативных документов ГОС ООО и организационно-методических материалов по оценке готовности организаций дошкольного и общего образования к введению ГОС. Изучение результатов самооценки готовности апробационных площадок ГОС ДО и подготовка аналитического отчета заказчику; анализ профессиональных дефицитов педагогов, реализующих ГОС ДО и ГОС НОО; разработка планов поэтапного перехода дошкольного и основного общего образования на

ГОС. Разработка КИМов по оценке метапредметных образовательных результатов обучающихся 1, 2 и 3 классов начальной школы.

Этап 2. Построение и апробация модели коррекции профессиональной компетентности в условиях неформального образования. Подготовка научно-методических рекомендаций для педагогов и заместителей по УВР по подготовке ООП ООО и программной документации учителя в соответствии с требованиями ГОС. Анализ освоения ГОС НОО выпускниками начальной школы – участниками апробации ГОС НОО, подготовка научно-методических рекомендаций для учителей начальных классов по проектированию урока в условиях системно-деятельностного подхода. Формирование банка КИМов по оценке метапредметных образовательных результатов.

Этап 3. Анализ результатов первого года апробации модели коррекции проф. компетентности в условиях неформального образования и подготовка научно-методических пособий для педагогов; продолжение эксперимента по коррекции проф. компетентности в условиях неформального образования. Разработка научно-методических рекомендаций: по созданию предметно-развивающей среды ОДО с учетом ГОС ДО; по подготовке ежедневной методической документации учителя; по внутришкольной системе оценки образовательных достижений обучающегося в соответствии с ГОС ООО.

Этап 4. Определение организационно-методических условий введения ГОС ООО и подготовка примерной программы «Управление введением ГОС ООО». Формирование реестра нормативных документов муниципального и локального уровня; разработка примерных нормативных локальных актов, научно-методических материалов по проектированию урока в соответствии с требованиями системно-деятельностного подхода в основной школе. Окончание эксперимента по коррекции проф. компетентности в условиях неформального образования и разработка моделей внутрикорпоративной коррекции проф. компетенции педагогов.

Этап 5. Изучение вопроса профориентационной работы в ООО и подготовка сборника «Примерные модели профориентационной работы в организации общего образования». Анализ и обобщение опыта апробации ГОС ДОО и подготовка пособия организационно-методического и нормативного сопровождения реализации ГОС ДОО. Научное обоснование и описание всех компонентов модели коррекции проф. компетентности в условиях неформального образования.

061700342 от 19.06.2017

«Психологическое сопровождение служебной деятельности сотрудников правоохранительных органов»

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»

Руководитель работы: канд. психол. наук, доц. В.И. Кучерявенко

Срок: начало – 2018, окончание – 2022

ИР: 15

Аннотация: В условиях реализации своих профессиональных функций служебная деятельность сотрудников органов внутренних дел характеризуется воздействием комплекса стрессогенных факторов, в связи с чем возникает необходимость наличия у сотрудников психологической компетентности для эффективного решения профессиональных задач. Это возможно в условиях психологического обеспечения профессиональной деятельности как системы организационных и психопрактических мероприятий, направленных на повышение эффективности деятельности правоохранительных

органов на основе применения психологических технологий, мобилизации психологического потенциала личности и служебного коллектива, оптимизации организационно-управленческих процессов.

Вследствие этого решение проблемы организации психологического обеспечения служебной деятельности сотрудников органов внутренних дел представляется наиболее актуальным на основе системного и научного подходов.

В этой связи перспективной представляется разработка методолого-концептуального подхода к психологическому сопровождению служебной деятельности сотрудников правоохранительных органов посредством реализации практической психологии в их профессиональной деятельности, представленной в виде модели с определенной целью, задачами и направлениями, субъектами и объектами психологической работы, организационными уровнями психопрактики и ее ресурсного обеспечения.

061700343 от 19.06.2017

«Проблемы правового регулирования местного самоуправления и разработка оптимальной модели местного самоуправления в Приднестровской Молдавской Республике»

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»

Руководитель работы: канд. юрид. наук, доц. Н.В. Щукина

Срок: начало – 2017, окончание – 2018

ИР: 10, 82

Аннотация: Наличие развитой системы органов местного самоуправления является неотъемлемым фактором, обеспечивающим эффективное функционирование демократического правового государства. В условиях рыночной экономики, основанной на многообразии форм собственности, главной целью всех реформ является совершенствование местного самоуправления. Местное самоуправление тесно связано с системой государственного управления. Так, почти все государственные решения, затрагивающие интересы граждан, так или иначе проходят через органы местного самоуправления, в том числе через передачу им ряда государственных полномочий.

Анализ научной литературы, посвященной вопросам местного самоуправления, норм действующего законодательства, показал, что в настоящее время не в полной мере выработан комплексный подход к этим вопросам и к терминологии, используемой в законодательных актах.

061700344 от 19.06.2017

«Расчеты и показатели экономической и финансовой устойчивости системы образования в условиях ее реформирования»

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»

Руководитель работы: канд. экон. наук, доц. И.В. Толмачева

Срок: начало – 2017, окончание – 2019

ИР: 06

Аннотация: В современных экономических условиях поднимается вопрос об увеличении экономической самостоятельности учебных заведений, системы образования. Экономическая и финансовая устойчивость системы образования предполагает определение точных затрат на поддержание ее деятельности и выполнение функций и задач. В ходе исследования предполагается изучить методологические подходы к опре-

делению сущности, составляющих и факторов экономической и финансовой устойчивости высшего учебного заведения, провести глубокий анализ и оценку источника финансирования и выявление его резервов. На основе полученных результатов сформировать меры и предложения по формированию экономической и финансовой устойчивости системы образования Приднестровской Молдавской Республики.

061700345 от 28.09.2017**«Исследование параметров качества электроэнергии в электрических сетях»**

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»

Руководитель работы: канд. техн. наук, доц. В.Н. Радченко

Срок: начало – 2018, окончание – 2020

ИР: 29, 44

Аннотация: Электроэнергия как особый вид продукции обладает определенными характеристиками, позволяющими судить о ее пригодности в различных производственных процессах. Совокупность характеристик, при которых приемники электроэнергии способны выполнять заложенные в них функции, объединены общим понятием качества электроэнергии (отклонения и колебания напряжения, несинусоидальность и несимметрия напряжения, отклонение частоты). Качество электроэнергии существенно влияет на расход электроэнергии, надежность систем электроснабжения, технологические процессы производства. Вопросы качества электроэнергии требуют более тщательной разработки и изучения происходящих в системах электроснабжения явлений. Особые трудности обусловлены отсутствием требуемых измерительных приборов в электрических сетях. Для решения данной проблемы необходимо провести анализ существующих методов измерений. На основании проведенного анализа сформулировать предложения по усовершенствованию методов измерений.

061700346 от 28.09.2017**«Обоснование эффективности лечения грыжевой болезни в эксперименте и клинико-функциональных исследованиях»**

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»

Руководитель работы: д-р. мед. наук, проф. А.А. Ботезату

Срок: начало – 2018, окончание – 2022

ИР: 76

Аннотация: Лечение грыж передней брюшной стенки различной локализации является актуальной хирургической проблемой, которая обусловлена частотой встречаемой патологии (грыженосительство составляет 4–7% от числа взрослого населения страны) и отсутствием универсального способа герниопластики. Ежегодно в мире выполняется около 20 миллионов грыжесечений. При этом на долю аллопластики приходится 5–10% от числа оперируемых больных. В остальных случаях применяется закрытие грыжевых дефектов местными тканями, чем обусловлены частые рецидивы грыж.

В качестве дополнительного протезирующего материала применяется аутодермальный лоскут. Его преимущества – дешевизна способа: кожа всегда под рукой у оперирующего хирурга, ибо изымается из области послеоперационной раны. Работа будет посвящена изучению морфологической трансформации аутодермального лоскута и клинико-функциональной эффективности разработанных способов аутопластики в сочетании с аутодермопластикой.

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

Анисимов Иван Федорович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технических систем и электрооборудования в АПК ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

Бадюл Владимир Георгиевич – преподаватель кафедры технических систем и электрооборудования в АПК ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: dimoglo@rambler.ru

Баренгольц Сергей Александрович – доктор физико-математических наук (г. Москва).

Баренгольц Юрий Александрович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического анализа и приложений ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: barengolft@list.ru

Белая Елена Ивановна – старший преподаватель кафедры прикладной математики и информатики ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: belaya-2008@yandex.ru

Берил Степан Иорданович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой общей и теоретической физики, ректор ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: president@spsu.ru

Бомешко Елена Васильевна – кандидат химических наук, профессор кафедры химии и МПХ, проректор по научно-инновационной работе 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

Бугаенко Анна Васильевна – старший преподаватель кафедры прикладной математики и информатики ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: kochina-anna@yandex.ru

Бурла Михаил Порфиревич – кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой социально-экономической географии и регионоведения ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: burla57@list.ru

Васильева Ольга Федоровна – старший преподаватель 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 кредит» ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: vinnav@mail.ru

Великодный Вадим Игоревич – старший преподаватель кафедры прикладной математики и информатики ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: vadim@velikodniy.name

Вербанова Екатерина Алексеевна – магистрант кафедры «Финансы и кредит» ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: ekaterina-verbanova@rambler.ru

Вознян Владимир Валерьевич – магистрант кафедры экономической теории и мировой экономики ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: etime.kafedra@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

Гарбузняк Евгений Александрович – методист-организатор по информатизации образования ГОУ СПО «Рыбницкий политехнический техникум».

E-mail: harbuzniak.yevhenii@gmail

Гарбузняк Елена Сергеевна – старший преподаватель кафедры информатики и программной инженерии филиала ПГУ им. Т.Г. Шевченко в г. Рыбнице.

E-mail: goldfenix@mail.ru

Гощина Наталья Николаевна – магистрант кафедры алгебры, геометрии и методики преподавания математики ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: natashka_5800@mail.ru

Димогло Анатолий Владимирович – старший преподаватель, заведующий кафедрой технических систем и электрооборудования в АПК ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: dimoglo@rambler.ru

Долгов Алексей Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и автоматизированного управления производственными процессами, проректор по информатизации и инновационным технологиям в образовании ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: dolgov@spsu.ru

Допилко Евгений Владимирович – магистрант кафедры «Финансы и кредит» ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: suim@rambler.ru

Ерхан Федор Михайлович – доктор технических наук, профессор кафедры технических систем и электрооборудования в АПК ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: terhan@mail.ru

Загадайлова Екатерина Михайловна – магистрант кафедры бухгалтерского учета и аудита ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: tatiana.stasyuk@gmail.com

Запольская Ольга Юрьевна – старший преподаватель кафедры алгебры, геометрии и методики преподавания математики ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: olial401@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

Зеленин Николай Валерьевич – старший преподаватель кафедры бухгалтерского учета и аудита ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: nikzelenin@mail.ru

Зинган Анна Петровна – старший преподаватель кафедры математического анализа и приложений ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: zingan.anna@mail.ru

Избаш Федор Алексеевич – старший преподаватель кафедры электроэнергетики и электротехники ПГУ им. Т.Г. Шевченко

E-mail: maselectaleks@newmail.ru

Канна Ирина Анатольевна – магистрант кафедры «Финансы и кредит» ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: kanna_94@mail.ru

Кондратюк Тамара Борисовна – преподаватель кафедры технических систем и электрооборудования в АПК ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: Lutako@mail.ru

Корнейчук Николай Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации и ремонта машинно-тракторного парка ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: n.corneiciuc@uasm.md

Костюкевич Нина Сергеевна – методист физико-математического факультета, младший научный сотрудник НИЛ «Полярон» ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: gravitonchik@gmail.com

Котомчин Алексей Николаевич – старший преподаватель кафедры автомобильного транспорта Бендерского политехнического филиала ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: kafedra-at@bpfpgu.ru

Кривенко Андрей Валерьевич – кандидат географических наук, доцент кафедры социально-экономической географии и регионоведения ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: crivenco@inbox.ru

Кротенко Юрий Иванович – доктор экономических наук, профессор кафедры бухгалтерского учета и аудита ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: Crotenco@mail.ru

Лукашевич Елена Борисовна – старший преподаватель кафедры электроэнергетики и электротехники ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: nedelcheva-elena@mail.ru

Лясковская Елена Игоревна – старший преподаватель кафедры бухгалтерского учета и аудита ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: lyaskovskaya_li@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 ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: ksedanna@yandex.ru

Марков Дмитрий Александрович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры квантовой радиофизики и систем связи ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: fmf_nokrt@spsu.ru

Михайлов Владимир Сергеевич – старший преподаватель кафедры технических систем и электрооборудования в АПК ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: dimoglo@rambler.ru

Молоченко Василий Петрович – директор ООО «МТСагро».

E-mail: dimoglo@rambler.ru

Мошенский Роман Юрьевич – магистрант кафедры информационных технологий и автоматизированного управления производственными процессами ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: potac13@yandex.ru

Мошой Дарья Игоревна – магистрант кафедры экономической теории и мировой экономики ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: etime.kafedra@mail.ru

Надькин Леонид Юрьевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прикладной математики и информатики ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: mizerok@hotmail.com

Немазенко Татьяна Николаевна – преподаватель кафедры технических систем и электрооборудования в АПК ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: madona86@rambler.ru

Падалко Александр Иванович – магистрант кафедры «Финансы и кредит» ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: alexander-136@mail.ru

Погорлецкий Вячеслав Михайлович – кандидат физико-математических наук, доцент,

заведующий кафедрой электроэнергетики и электротехники ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: maselectaleks@newmail.ru

Попукайло Владимир Сергеевич – преподаватель кафедры информационных технологий и автоматизированного управления производственными процессами ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: vsp.science@gmail.com

Саламахина Ирина Григорьевна – старший преподаватель кафедры автоматизированных технологий и промышленных комплексов ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: ku4erenko.irina@mail.ru

Сафронов Юрий Михайлович – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой «Финансы и кредит» ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: suim@rambler.ru

Сенокосова Людмила Григорьевна – доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой экономической теории и мировой экономики ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: etime.kafedra@mail.ru

Сенокосов Эдуард Александрович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой твердотельной электроники и микроэлектроники ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: senokosov37@mail.ru

Синявский Элерланж Петрович – доктор физико-математических наук, профессор кафедры общей и теоретической физики ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: gravitonchik@gmail.com

Соколов Дмитрий Севастьянович – старший преподаватель кафедры информационных технологий и автоматизированного управления производственными процессами ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: sokol0600@gmail.com

Спиридонова Галина Васильевна – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики и информатики ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: gali-spiridono@yandex.ru

Спориш Анастасия Александровна – магистрант кафедры «Финансы и кредит» ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: 8anasteisha94@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

Стоянова Елена Владимировна – магистрант кафедры бухгалтерского учета и аудита ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: lenka-stoyanova@yandex.ru

Терещенко Елена Владимировна – старший преподаватель кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: elenateresch@mail.ru

Толмачева Ирина Вильевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Финансы и кредит», и. о. декана экономического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: rabotapgu@rambler.ru

Тягульская Людмила Анатольевна – кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой информатики и программной инженерии филиала ПГУ им. Т.Г. Шевченко в г. Рыбнице.

E-mail: tla.ki@list.ru

Федорченко Григорий Сергеевич – преподаватель кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: fedgreg@yandex.ru

Фоменко Владимир Григорьевич – кандидат географических наук, доцент кафедры социально-экономической географии и регионоведения ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: fomenkovol@mail.ru

Хаджи Петр Иванович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой квантовой радиофизики и систем связи ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: zingan.anna@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

Цуркан Анжела Александровна – доцент кафедры бухгалтерского учета и аудита ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: fikys67@mail.ru

Чернобрисов Сергей Феодосиевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технических систем и электрооборудования в АПК ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: dimoglo@rambler.ru

Чубарова Юлия Степановна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры алгебры, геометрии и методики преподавания математики ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: terra07@rambler.ru

Чукита Виталий Исакович – старший преподаватель кафедры твердотельной электроники и микроэлектроники ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: chykita@mail.ru

Чукита Ирина Витальевна – студентка МГТУ им. Н.Э. Баумана.

E-mail: ira.chukita@mail.ru

Юрко Екатерина Сергеевна – магистрант кафедры бухгалтерского учета и аудита ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: nikzelenin@mail.ru

Язловецкий Леонид Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и электротехники ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: yazlov_43@mail.ru

Яковлева Светлана Олеговна – магистрант кафедры «Финансы и кредит» ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

E-mail: alexander-136@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Aleschenko Svetlana Anatolyevna – candidate of physico-mathematical sciences, associate professor of the Department of mathematical analysis and applications, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: alesch.svetf@gmail.com

Anisimov Ivan Fedorovich – doctor of technical sciences, professor, head of the Department of technical systems and electrical equipment in agriculture, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

Barengol'ts Yurii Alexandrovich – candidate of physico-mathematical sciences, associate professor of the Department of mathematical analysis and applications, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: barengol'tf@list.ru

Badul Vladimir Georgievich – lecturer of the Department of technical systems and electrical equipment in agriculture, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: dimoglo@rambler.ru

Barengol'ts Sergei Aleksandrovich – doctor of physico-mathematical sciences (Moscow).

Belaia Elena Ivanovna – senior lecturer of the Department of applied mathematics and computer science, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: belaya-2008@yandex.ru

Beril Stepan Iordanovich – doctor of physico-mathematical sciences, professor, head of Department of general and theoretical physics of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: president@spsu.ru

Bomeshko Elena Vasilievna – candidate of chemical sciences, professor of the Department of chemistry and methodology of teaching chemistry, prorector of scientific and innovative work, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: ebomeshko@yandex.ru

Brusenskaia Elena Ivanovna – candidate of physico-mathematical sciences, associate professor of the general and theoretical physics, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: khamidullin_ra@mail.ru

Bugaenko Anna Vasilievna – senior lecturer of the Department of physics and mathematics, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: kochina-anna@yandex.ru

Burla Mikhail Porfirovich – candidate of geographical sciences, associate professor, head of the Department of socio-economic geography and area studies of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: burla57@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

Chubarova Yulia Stepanovna – candidate of physico-mathematical sciences, associate professor of the Department of algebra, geometry and mathematics teaching methods, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: terra07@rambler.ru

Chukita Irina Vitalievna – student of Bauman Moscow State Technical University.

E-mail: ira.chukita@mail.ru

Chukita Vitalii Isakovich – senior lecturer of the Department of solid state electronics and microelectronics, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: chykita@mail.ru

Dimoglo Anatolii Vladimirovich – senior lecturer of the Department of technical systems and electrical equipment in agriculture, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: dimoglo@rambler.ru

Dolgov Aleksei Yurievich – candidate of technical science, associate professor of the Department of information technologies and automated control of production processes, prorector of information and innovative technologies, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: dolgov@spsu.ru

Dopilko Eugenii Vladimirovich – graduate student of the Department «Finance and credit», Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: suim@rambler.ru

Erhan Fedor 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

Fedorchenko Grigorii Sergeevich – lecturer of the Department of systems of computer facilities and automated systems, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: fedgreg@yandex.ru

Fomenko Vladimir Grigorievich – candidate of geographical sciences, associate professor of the Department of socio-economic geography and area studies of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: fomenkovol@mail.ru

Garbuznyak Elena Sergeevna – senior lecturer of the Department of computer science and software engineering of the branch of Shevchenko State University of Pridnestrovie in Rybnitsa.

E-mail: goldfenix@mail.ru

Garbuznyak Eugeni Aleksandrovich – methodist-organizer of education informatization of SEI “Rybnitskii Polytechnic College”.

E-mail: harbuzniak.yevhenii@gmail

Goschina Natalia Nikolaevna – graduate student of the Department of algebra, geometry and methodology of teaching mathematics, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: natashka_5800@mail.ru

Izbash Fedor Alekseevich – senior lecturer of the Department of electric-power and electrical engineering, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: maselectaleks@newmail.ru

Kanna Irina Anatolievna – graduate student of the Department of «Finance and credit», Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: kanna_94@mail.ru

Khadzhi Petr Ivanovich – doctor of physico-mathematical sciences, professor, head of the Department of quantum radiophysics and communication systems, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: zingan.anna@mail.ru

Khamidullin Rustam Angamovich – candidate of physico-mathematical sciences, associate professor of general and theoretical physics, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: khamidullin_ra@mail.ru

Kondratuk Tamara Borisovna – lecturer of the Department of technical systems and electrical equipment in agriculture, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: Lutako@mail.ru

Korneichuk Nikolai Ivanovich – candidate of technical sciences, associate professor of the Department of operation and repair of machine-tractor fleet, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: n.corneiciuc@uasm.md

Kostukevich Nina Sergeevna – methodologist of physico-mathematical faculty, junior researcher of Laboratory “Polyaron”, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: gravitonchik@gmail.com

Kotomchin Alexei Nicolaevich – 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

Krivenko Andrei Valerievich – candidate of geographical sciences, associate professor of the Department of socio-economic geography and area studies of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: crivenko@inbox.ru

Krotenko Yurii Ivanovich – doctor of economic sciences, professor of the Department of accounting and audit, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: Crotenco@mail.ru

Liakhomskaia Ksenia Daniilovna – candidate of physico-mathematical sciences, associate professor of the Department of quantum radiophysics and communication systems, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: ksedanna@yandex.ru

Liakhov 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

Liaskovskaia Elena Igorevna – senior lecturer of the Department of accounting and audit, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: lyaskovskaya_li@mail.ru

Lukashevich Elena Borisovna – senior lecturer of the Department of electric-power and electrical engineering, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: nedelcheva-elena@mail.ru

Markov Dmitrii Aleksandrovich – candidate of physico-mathematical sciences, associate professor of the Department of quantum radio-

physics and communication systems, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: fmf_nokr@spsu.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

Molochenko Vasilii Petrovich – director of LLC “MTCagro”.

E-mail: dimoglo@rambler.ru

Moshenskii Roman Yurievich – graduate student of the Department of information technologies and automated control of production processes, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: pomac13@yandex.ru

Moshoi Daria Igorevna – graduate student of the Department of economic theory and world economy of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: etime.kafedra@mail.ru

Nad'kin Leonid Yurievich – candidate of physico-mathematical sciences, associate professor of the Department of applied mathematics and computer science, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: mizerok@hotmail.ru

Nemazenko Tatiana Nikolaevna – lecturer of the Department of technical systems and electrical equipment in agriculture, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: madona86@rambler.ru

Padalko Alexander Ivanovich – graduate student of the Department «Finance and credit», Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: alexander-136@mail.ru

Pogorletskii Viacheslav Mikhailovich – candidate of physico-mathematical sciences, associate professor, head of the Department of electric-power and electrical engineering, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: maselectaleks@newmail.ru

Popukailo Vladimir Sergeevich – lecturer of the Department of information technologies and automated control of production processes of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: vsp.science@gmail.com

Safronov Yurii Mikhailovich – candidate of economic sciences, associate professor,

head of the Department of «Finance and credit», Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: suim@rambler.ru

Salamakhina Irina Grigorievna – senior lecturer of the Department of automated technologies and industrial complexes, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: ku4erenko.irina@mail.ru

Senokosov Eduard Aleksandrovich – doctor of physico-mathematical sciences, professor, head of the Department of solid-state electronics and microelectronics of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: senokosov37@mail.ru

Senokosova Lyudmila Grigorievna - doctor of economic sciences, professor, head of the Department of economic theory and world economy, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: etime.kafedra@mail.ru

Sinyavskii Elerlange Petrovich – doctor of physico-mathematical sciences, professor of the department of general and theoretical physics, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: gravitonchik@gmail.com

Sokolov Dmitrii Sevastianovich – senior lecturer of the Department of information technologies and automated control of production processes of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: sokol0600@gmail.com

Spiridonova Galina Vasilievna – candidate of technical sciences, associate professor of the Department of applied mathematics and informatics, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: gali-spiridono@yandex.ru

Sporish Anastasia Alexandrovna – graduate student of the Department «Finance and credit», Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: 8anasteisha94@mail.ru

Starchuk Alexander Sergeevich – candidate of physico-mathematical sciences, associate professor of the Department of general and theoretical physics, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: star-alex@idknet.com

Stasuk Tatiana Petrovna – candidate of economic sciences, associate professor, head of the Department of accounting and auditing, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: tatiana.stasyuk@gmail.com

Stoyanova Elena Vladimirovna – graduate student of the Department of accounting and auditing of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: lenka-stoyanova@yandex.ru

Tereschenko Elena Vladimirovna – senior lecturer of the Department of software of computer facilities and automated systems, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: elenateresch@mail.ru

Tiagulskya Lyudmila Anatolievna – candidate of economic sciences, associate professor, head of the Department of computer science and software engineering, branch of Shevchenko State University of Pridnestrovie in Rybnitsa.

E-mail: tla.ki@list.ru

Tolmacheva Irina Vil'evna – candidate of economic sciences, associate professor of the Department of «Finance and credit», acting dean of economic faculty, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: rabotapgu@rambler.ru

Tsarus 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

Turkan Angela Alexandrovna – associate professor of the Department of accounting and auditing of Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: fikys67@mail.ru

Vasileva Olga Fedorovna – senior lecturer 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 of «Finance and credit» Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: vinnav@mail.ru

Velikodnii Vadim Igorevich – senior lecturer of the Department of applied mathematics and informatics, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: vadim@velikodniy.name

Verbanova Ekaterina Alekseevna – graduate student of the Department «Finance and credit», Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: ekaterina-verbanova@rambler.ru

Vornicescu Galina Ivanovna – candidate of physico-mathematical sciences, associate professor, head of the Department of mathematical analysis and applications, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: vornicescu@gmail.com

Voziyan Vladimir Valerievich – graduate student of the Department of economic theory and world economy, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: etime.kafedra@mail.ru

Yakovleva Svetlana Olegovna – graduate student of the Department «Finance and credit», Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: alexander-136@mail.ru

Yazlovetskii Leonid Evgenievich – candidate of technical sciences, associate professor of the Department of electric-power and electrical engineering, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: yazlov_43@mail.ru

Yurko Ekaterina Sergeevna – graduate student of the Department of accounting and auditing, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: nikzelenin@mail.ru

Zagadailova Ekaterina Mihailovna – graduate student of the Department of accounting and auditing, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: tatiana.stasyuk@gmail.com

Zapolskaia Olga Yurievna – senior lecturer of the Department of algebra, geometry and mathematics teaching methods, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: olial401@mail.ru

Zelenin Nikolai Valerievich – senior lecturer of the Department of accounting and auditing, Shevchenko State University of Pridnestrovie. E-mail: nikzelenin@mail.ru

Zingan Anna Petrovna – senior lecturer 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 of the Department of automated technologies and industrial complexes, Shevchenko State University of Pridnestrovie.

E-mail: mr.zvonkiy@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА. МАТЕМАТИКА

<i>С.И. Берил, С.А. Баренгольц, Ю.А. Баренгольц, А.С. Старчук.</i> ТЕРМОЭЛЕКТРОННАЯ И ХОЛОДНАЯ ЭМИССИЯ В СИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ	3
<i>Э.А. Сенокосов, В.И. Чукита, И.В. Чукита.</i> КОРРЕЛЯЦИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОСНОВНЫХ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА С ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЕВ n-CdSe/СЛЮДА	12
<i>А.П. Зинган, О.Ф. Васильева, П.И. Хаджи.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА ФОТОАССОЦИИИ ТРЕХАТОМНЫХ БОЗЕ-КОНДЕНСИРОВАННЫХ УЛЬТРАХОЛОДНЫХ МОЛЕКУЛ С ОБРАЗОВАНИЕМ АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНЫХ ПАР ПОД ДЕЙСТВИЕМ ДВУХ ИМПУЛЬСОВ РЕЗОНАНСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ . . .	16
<i>О.Ф. Васильева, А.П. Зинган, П.И. Хаджи, Л.Ю. Надькин.</i> ДИНАМИКА ДИПОЛЯРИТОННОГО ОПТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ОСЦИЛЛЯТОРА В АНТИФАЗНОМ РЕЖИМЕ	26
<i>Л.Ю. Надькин, Д.А. Марков, П.И. Хаджи.</i> ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЗМА НАСЫЩЕНИЯ ДИПОЛЬНОГО МОМЕНТА ЭКСИТОННОГО ПЕРЕХОДА НА ЯВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РЕЗОНАНСА В ЭКСИТОННОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА	32
<i>К.Д. Ляхомская, Л.Ю. Надькин, Н.Н. Гощина.</i> ЯВЛЕНИЕ САМООТРАЖЕНИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ ПРИ УЧЕТЕ УПРУГОГО ЭКСИТОН-ЭКСИТОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И НАСЫЩЕНИЯ ДИПОЛЬНОГО МОМЕНТА ПЕРЕХОДА	37
<i>Э.П. Синяевский, Н.С. Костюкевич.</i> ОСОБЕННОСТИ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КВАНТОВЫХ ПРОВОЛОКАХ ВО ВНЕШНИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ И МАГНИТНОМ ПОЛЯХ	44
<i>Р.А. Хамидуллин, Е.И. Брусенская.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ И МАГНИТНОМ ПОЛЯХ	51
<i>С.А. Алещенко.</i> ПОЛУИЗОМЕТРИЧЕСКИЙ ИЗОМОРФИЗМ И ПОПОЛНЕНИЕ ПСЕВДОНОРМИРОВАННЫХ КОЛЕЦ	57
<i>Г.И. Ворническу.</i> НЕПРЕРЫВНОСТЬ СИНГУЛЯРНОГО ИНТЕГРАЛЬНОГО ОПЕРАТОРА В СЛУЧАЕ СЛОЖНОГО КОНТУРА В ПРОСТРАНСТВАХ L_p С ВЕСОМ	63
<i>Ю.С. Чубарова.</i> К-МЕРНЫЕ ПЛОСКОСТИ	67
<i>Г.В. Спиридонова, Е.И. Белая, О.Ю. Запольская.</i> ПРОЦЕСС РЕСУРСООБМЕНА В ОТКРЫТОЙ МИКРОЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ, СОСТОЯЩЕЙ ИЗ ДВУХ ФИРМ, ПРИ НЕЛИНЕЙНЫХ ФУНКЦИЯХ СПРОСА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ	72
<i>В.И. Великодный, А.В. Бугаенко.</i> СИМВОЛЬНЫЙ ВВОД В СИСТЕМАХ ОНЛАЙН-ТЕСТИРОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ	76

ИНЖЕНЕРИЯ. ИНФОРМАТИКА

<i>Н.И. Корнейчук, Ф.М. Ерхан, Е.В. Бомешко.</i> ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ТОКА С ОБРАТНЫМ РЕГУЛИРУЕМЫМ ИМПУЛЬСОМ НА СТРУКТУРУ И МИКРОТВЕРДОСТЬ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ПОКРЫТИЙ	81
<i>Ф.М. Ерхан, Т.Б. Кондратюк, Н.И. Корнейчук.</i> ВЛИЯНИЕ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ.	87
<i>И.Ф. Анисимов, С.Ф. Чернобрисов, В.С. Михайлов, А.В. Димогло, В.Г. Бадюл, В.П. Молоченко.</i> НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКТОВАНИЯ РЕСУРСΟΣБЕРЕГАЮЩИХ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ	94
<i>И.Ф. Анисимов, Т.Н. Немазенко, Т.Б. Кондратюк.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СР-МОЙКИ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	100
<i>В.М. Погорлецкий, Ф.А. Избаи.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИЗИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ.	103
<i>Ф.А. Избаи.</i> ОСОБЕННОСТИ СХЕМНО-КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ ВЕНТИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ.	108
<i>А.Н. Котомчин, Ю.Г. Ляхов.</i> АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ХРОМИРОВАНИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН	113
<i>Л.Е. Язловецкий, Е.Б. Лукашевич.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ	119
<i>Е.Б. Лукашевич, Л.Е. Язловецкий.</i> ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯЖЕННОЙ ЧАСТИЦЫ В ПЕРЕМЕННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ	123
<i>А.Ю. Долгов, Е.В. Терещенко, Р.Ю. Мошенский.</i> ПОСТРОЕНИЕ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА ВЫБОРКИ МАЛОГО ОБЪЕМА СЛУЧАЙНОЙ ВЕЛИЧИНЫ.	126
<i>В.Г. Звонкий, Е.А. Царюк, И.Г. Саламахина.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ С УЧЕТОМ РЕГИОНАЛЬНЫХ НУЖД И ИНТЕРЕСОВ.	131
<i>Л.А. Тягульская, Е.С. Гарбузняк, Е.А. Гарбузняк.</i> ЕДИНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА.	135
<i>Д.С. Соколов, В.С. Попукайло.</i> ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ Q-КРИТЕРИЯ ДИКСОНА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ.	140
<i>Г.С. Федорченко.</i> РАСЧЕТ ЗНАЧЕНИЙ ИНДИКАТОРОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИДНЕСТРОВЬЯ.	144

ЭКОНОМИКА. УПРАВЛЕНИЕ

<i>Л.Г. Сенокосова, Д.И. Мошой.</i> ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ВАЛЮТНОЙ СИСТЕМЫ	150
<i>Л.Г. Сенокосова, В.В. Возиян.</i> ПРОДВИЖЕНИЕ ПРОДУКЦИИ НА ВНЕШНИЕ РЫНКИ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ МАРКЕТИНГА	156
<i>И.В. Толмачева, С.О. Яковлева.</i> АНАЛИЗ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ И ДИАГНОСТИКА ВЕРОЯТНОСТИ БАНКРОТСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ	160
<i>И.В. Толмачева, А.А. Спорши.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ ФИНАНСОВО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗАО «ТМКЗ «KVINT»»	166

<i>А.И. Падалко.</i> АНАЛИЗ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВНЫМИ ОПЕРАЦИЯМИ КОММЕРЧЕСКОГО БАНКА НА ПРИМЕРЕ ОАО «ЭКСИМБАНК»	172
<i>И.В. Толмачева, Е.А. Вербанова.</i> ДЕПОЗИТНЫЕ ОПЕРАЦИИ КАК ИСТОЧНИК БАНКОВСКИХ РЕСУРСОВ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОЙ ЭКОНОМИКИ НА ПРИМЕРЕ ОАО «ЭКСИМБАНК»	178
<i>Ю.М. Сафронов, Е.В. Допилко.</i> МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ БЕЗНАЛИЧНЫХ РАСЧЕТОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В ПМР.	185
<i>Т.П. Стасюк, Е.М. Загадайлова.</i> ПРИНЯТИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИИ О ЗАТРАТАХ	190
<i>И.В. Ватаман, И.А. Канна.</i> ОСОБЕННОСТИ РОССИЙСКОЙ МОДЕЛИ КОРПОРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ	193
<i>А.А. Цуркан, Е.В. Стоянова.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В ЭФФЕКТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ ДЕБИТОРСКОЙ ЗАДОЛЖЕННОСТЬЮ КОММЕРЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	198
<i>Н.В. Зеленин, Е.С. Юрко.</i> ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СУБЪЕКТОВ МАЛОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В ПМР.	204
<i>Ю.И. Кротенко, Е.И. Лясковская.</i> МЕТОДИКА УЧЕТА МЕЖДУНАРОДНЫХ ТУРИСТОВ В МОЛДОВЕ И ЕЕ ОСОБЕННОСТИ	211
<i>М.П. Бурла, А.В. Кривенко, В.Г. Фоменко.</i> ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИДНЕСТРОВЬЯ (1990–2015 гг.)	218

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ

ОФИЦИАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОБЪЕКТАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ, зарегистрированных в Министерстве юстиции Приднестровской Молдавской Республики ..	228
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	262

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 25.12.2017. Формат 70×100/16.
Уч.-изд. л. 17,0. Усл. печ. л. 21,95. Заказ № 427.

Изд-во Приднестр. ун-та. 3300, г. Тирасполь, ул. Мира, 18.
Электронное издание