

УДК 338.2

В. А. СЛАВИН,*кандидат физико-математических наук, доцент**Санкт-Петербургский государственный инженерно-экономический университет,
филиал в г. Чебоксары,***И.Н. УРУСОВА,***кандидат экономических наук, доцент**Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова*

РЫНОЧНАЯ ДИНАМИКА ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

II. Переходы между производственными состояниями. Элементы теории рисков

Методами теоретической микроэкономики изучено явление спонтанных переходов между производственными состояниями предприятия, находящегося в режиме рентабельной реализации товара. Рассмотрены экономические механизмы возникновения спонтанных переходов, введены некоторые характеристики переходов и найдены выражения для их вероятностей. Показано, что в рассматриваемых условиях наиболее вероятны переходы с потерей средств оборотного капитала, соответствующие технологическим и предпринимательским рискам и, в частности, рискам разорения предприятия. Найден средний коэффициент потери оборотных средств как функция времени эволюции системы, объема предложения и периода цеховых процессов. Обсужден экономический смысл полученных результатов.

Ключевые слова: экономическое состояние производственной системы; спонтанные переходы между производственными состояниями; кванты предпринимательской способности; амплитуды и вероятности переходов между производственными состояниями; средний коэффициент потери оборотных средств; вероятности технологических рисков и рисков разорения предприятия.

1. В первой части [1] данного цикла работ изучались корреляционные свойства компонент вектора решений $\vec{S} = (\vec{X}; \vec{B})$, формирующих оптимальные состояния производственно-экономических систем в режиме рентабельной реализации товарного продукта. Здесь

$$\begin{aligned}\vec{X} &= (X_\mu) = (\sum_i \gamma_{\mu i} x_i), \\ \vec{B} &= (B_\mu) = (\sum_i \gamma_{\mu i} b_i)\end{aligned}\quad (1)$$

обобщенные фазовые переменные системы, описывающие взаимодействие исходных ресурсов предприятия $\vec{x} = (x_i)$, $\vec{b} = (b_i)$, в ходе бинарных операций на участках цехов $\mu = (i, k)$; $\gamma_{\mu i}$ – элементы матрицы амплитуд взаимодействия [2; 3].

Закон распределения фазовых переменных, определяющий корреляционные свойства компонент решения, описывается функциями состояния производственной системы

$$\langle \vec{X} | \Psi, t \rangle = \prod_\mu \langle X_\mu | \Psi, t \rangle, \quad \langle \vec{B} | \Psi, t \rangle = \prod_\mu \langle B_\mu | \Psi, t \rangle, \quad (2)$$

удовлетворяющими дифференциальному уравнению [4]

$$i\lambda \frac{\partial}{\partial t} |\Psi, t\rangle = \hat{P}(t) |\Psi, t\rangle, \quad (3)$$

где λ – рыночный параметр; $\hat{P}(t)$ – оператор Гамильтона

$$\hat{P}(t) = \sum_\mu \left[\frac{\beta_\mu \hat{B}_\mu^2}{2} + v_e(\hat{X}_\mu, t) \right] \equiv \sum_\mu \hat{P}_\mu(t), \quad (4)$$

$\hat{X}_\mu = X_{\mu\sigma}$, $\hat{B}_\mu = -i\lambda \partial / \partial X_\mu$ – операторы обобщенных фазовых переменных; β_μ – скалярный коэффициент, характеризующий качество продукции бинарного процесса;

$$v_e(X_\mu, t) = \omega_\mu^2 X_\mu^2 (1 + \varepsilon_\mu \cos 2\omega'_\mu t) / 2\beta_\mu -$$

эффективная технологическая функция участка цеха μ ; $\omega'_\mu = \omega + \delta_\mu / 2$; δ_μ – расстройка частот цехового процесса ω_μ и его нестационарного возмущения ω'_μ ($\delta_\mu \ll \omega$); ε_μ – интенсивность

возмущения, которая в условиях рентабельной реализации товара удовлетворяет неравенству [5]

$$\varepsilon_{\mu} \omega_{\mu} \gg 2|\delta_{\mu}|. \quad (5)$$

Оператор Гамильтона (4) характеризует способность предприятия к принятию оптимального решения. Среднее значение этого оператора – так называемая функция Гамильтона

$$P(t) = \sum_{\mu} \left[\frac{\beta_{\mu} B_{\mu}^2}{2} + v_e(X_{\mu}, t) \right] \equiv \sum_{\mu} P_{\mu}(t) - \quad (6)$$

описывает плановое (регулярное) движение производственной системы вдоль фазовой траектории $S(t)$ в пространстве обобщенных решений (1). Динамика предприятия, обусловленная плановыми решениями в условиях стационарного производства и рентабельной реализации товара, изложена в работах [5, 6].

С функцией Гамильтона (6) связан важный показатель производственной деятельности предприятия – функция оборотных средств

$$K_{\bar{a}}(t) = \sum_{\mu} \frac{2\pi}{\omega_{\mu}} P_{\mu}(t), \quad (7)$$

формулирующая критерий оптимальности цеховой структуры системы [6].

Собственные значения оператора (4) (независящего явно от времени) образуют дискретный (счетный) спектр и называются квантами предпринимательской способности [2; 4]. В условиях рыночной динамики кванты способности выступают в роли «катализатора» процесса выбора оптимальных решений, распределенных в фазовом пространстве по закону, определяемому основным уравнением (3).

В работе [1] получено решение дифференциального уравнения (3) и найдены функции состояния участков цехов $\langle X_{\mu} | \Psi, t \rangle$ и $\langle B_{\mu} | \Psi, t \rangle$, которые удобно представить в безразмерном виде:

$$\begin{aligned} \langle X_{\mu} | \Psi, t \rangle &\equiv \langle \xi | \alpha_{\mu}; \tau \rangle = \\ &= (\pi \gamma^2(\tau))^{-1/4} \exp \left\{ \frac{i\dot{\gamma}}{2\gamma} \left(\xi - i \frac{\sqrt{2}\alpha_{\mu}}{\dot{\gamma}} \right)^2 - \frac{1}{2} \left(\frac{\dot{\gamma}^*}{\dot{\gamma}} \alpha_{\mu}^2 + |\alpha_{\mu}|^2 \right) \right\}. \quad (8) \end{aligned}$$

Для получения функции в формуле (8) достаточно совершить простые преобразования

$$\xi \rightarrow \zeta; \quad \gamma \rightarrow \dot{\gamma}; \quad \dot{\gamma} \rightarrow -\gamma.$$

$$\text{Здесь } \xi = \sqrt{\frac{\omega_{\mu}}{\lambda \beta_{\mu}}} X_{\mu}; \quad \zeta = \sqrt{\frac{\beta_{\mu}}{\lambda \omega_{\mu}}} B_{\mu}; \quad \tau = \omega_{\mu} t;$$

величина $\alpha_{\mu} = \xi(0) + i\zeta(0)$ описывает положение точки на фазовой траектории обобщенных решений в начальный момент времени.

Квадраты модулей функций $\langle X_{\mu} | \Psi, t \rangle$ и $\langle B_{\mu} | \Psi, t \rangle$ определяют нормальный закон распределения фазовых переменных (1), математические ожидания которых описывают плановую (оптимальную) эволюцию системы вдоль фазовой траектории $\xi(\tau)$, $\zeta(\tau)$ [5]. При этом средние квадратичные отклонения характеризуют область определения функций состояния, которая представляет собой эллипс с центром в точке $\xi(\tau)$, $\zeta(\tau)$ и площадью, удовлетворяющей соотношению неопределенностей

$$\sigma_{\xi} \cdot \sigma_{\zeta} = \frac{1}{2} \sqrt{1 + Sh^2 2s_{\mu} \tau \cos^2 2r_{\mu} \tau} \geq \frac{1}{2}, \quad (9)$$

где

$$s_{\mu} = \sqrt{\varepsilon_{\mu}^2 - (2\delta_{\mu}/\omega_{\mu})^2} / 4; \quad r_{\mu} = 1 + \delta_{\mu}/2\omega_{\mu}.$$

С течением времени эллипс неопределенностей вращается с частотой r_{μ} , одновременно деформируясь вдоль своих главных осей; при этом кванты способности, перераспределяясь в фазовом пространстве, выстраиваются вдоль «средней линии» эллипса – прямой регрессии, обуславливая появление корреляционной связи между компонентами обобщенного решения. В работе [1] получено уравнение линейной регрессии и исследована осцилляционная зависимость коэффициента корреляции от времени для рентабельного режима предложения товара.

2. Рассмотрим теперь два производственных состояния $|\alpha_{\mu}, \tau\rangle$ и $|\beta_{\mu}, \tau\rangle$ с достаточно близким расположением начальных фазовых точек α_{μ} и β_{μ} , для которых существует конечная область пересечения эллипсов неопределенностей решений $(\xi, \zeta)_{\alpha_{\mu}\beta_{\mu}}$. В этом случае система, находясь в одном из таких состояний, в результате принятия решения $(\xi, \zeta)_{\alpha_{\mu}\beta_{\mu}}$ из области пересечения может спонтанно перейти в другое состояние с иными экономическими характеристиками.

С математической точки зрения, существование переходов между производственными состояниями вытекает из неортогональности функций $|\alpha_\mu, \tau\rangle$ и $|\beta_\mu, \tau\rangle$, выражаемой отличным от нуля «интегралом перекрытия» (амплитудой перехода)

$$\langle \beta_\mu, \tau | \alpha_\mu, \tau \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} \langle \beta_\mu, \tau | \xi \rangle \langle \xi | \alpha_\mu, \tau \rangle d\xi, \quad (10)$$

при этом вероятность перехода определяется квадратом модуля амплитуды:

$$W_{\alpha_\mu \rightarrow \beta_\mu} = |\langle \beta_\mu, \tau | \alpha_\mu, \tau \rangle|^2. \quad (11)$$

В настоящей статье получены амплитуды и вероятности переходов между различными производственными состояниями и связанные с этими переходами потери средств оборотного капитала в расчете на участок цеха μ , находящегося в условиях нестационарного параметрического возмущения (5). Нами рассмотрена наиболее интересная экономическая ситуация, в которой система, первоначально находившаяся в стационарном состоянии $|\alpha_{\mu e}, \tau\rangle$, переходит в другое стационарное состояние $|\beta_{\mu e}, \tau\rangle$, минуя возбужденное состояние $|\alpha_\mu, \tau\rangle$.

Вероятности переходов между производственными состояниями

3. Используя выражение (8) для функций состояния $|\alpha_\mu, \tau\rangle$ и $|\beta_{\mu e}, \tau\rangle$, запишем интересующую нас амплитуду (10) и вероятность перехода (11) в виде (ниже индекс μ опускаем)

$$\begin{aligned} \langle \beta_e, \tau | \alpha, \tau \rangle = & \frac{e^{\frac{i}{2}\theta(\tau)}}{\sqrt{u(\tau)}} \exp \left\{ -\frac{|\alpha|^2}{2} - \frac{|\beta|^2}{2} + \right. \\ & \left. + \alpha^* \beta \frac{e^{i\theta(\tau)}}{u(\tau)} + \alpha^2 \frac{v^*(\tau)}{2u(\tau)} - \beta^{*2} e^{2i\theta(\tau)} \frac{v(\tau)}{2u(\tau)} \right\}, \quad (12) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{\alpha \rightarrow \beta_e}(\tau) &= |\langle \beta_e, \tau | \alpha, \tau \rangle|^2 = \\ &= e^{-|\alpha-\beta|^2} \frac{1}{|u(\tau)|} \exp \left(-\frac{1}{|u(\tau)|^2} F(\tau) \right), \quad (13) \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} \theta_\mu(\tau) &= r_\mu \tau + \frac{\pi}{4}; \quad u(\tau) = \frac{1}{2}(\gamma_\alpha - i\dot{\gamma}_\alpha) = Chst e^{i\theta(\tau)}; \\ v(\tau) &= -\frac{1}{2}(\gamma_\alpha + i\dot{\gamma}_\alpha) = Shst e^{-i\theta(\tau)}. \end{aligned} \quad (14)$$

$$F(\tau) = \text{Re} \left[\beta^{*2} e^{2i\theta(\tau)} uv - \alpha^2 uv - 2\alpha \cdot \beta (e^{i\theta(\tau)} u - |u|^2) \right].$$

Введем модуль и фазу начальных точек α, β ($\alpha = |\alpha| e^{i\psi_\alpha}$; $\beta = |\beta| e^{i\psi_\beta}$) и учтем, что в рассматриваемом нами переходе фаза точки α не меняется: $\psi_\beta \approx \psi_\alpha + 2\kappa\pi$. Благодаря этому, выражение (13) может быть преобразовано к виду

$$\begin{aligned} W_{\alpha \rightarrow \beta}(z) = & e^{-|\alpha-\beta|^2} \sqrt{\frac{2}{z+1}} \exp \left\{ -\sqrt{\frac{z-1}{z+1}} G(\alpha, \beta) - \right. \\ & \left. - 2|\alpha||\beta| \left(1 - \sqrt{\frac{2}{z+1}} \right) \right\}, \quad (15) \end{aligned}$$

где $z = Ch2s\tau$; $G(\alpha, \beta) = \cos 2\psi_\alpha (|\alpha|^2 - |\beta|^2)$.

Нетрудно видеть, что при $G(\alpha, \beta) > 0$ функция (15) на всей области определения не превосходит вероятности перехода между стационарными состояниями ($W_{\alpha_e \rightarrow \beta_e}(z=1)$) и поэтому не представляет особого интереса. Напротив, в случае $G(\alpha, \beta) < 0$ вероятность (15), испытав корневой рост при малых z достигает максимального значения $W_{\alpha \rightarrow \beta_e}(z_m)$, превышающего стационарное значение $W_{\alpha_e \rightarrow \beta_e}(z=1)$ (см. рис. 1). Такая ситуация возможна в двух случаях: либо при $|\alpha| > |\beta|$ и фазе $\psi_\alpha = \frac{\pi}{2} + \kappa\pi$, либо при $|\alpha| < |\beta|$, когда $\psi_\alpha = \kappa\pi$.

На практике реализуется первый случай, соответствующий квазипериодическому режиму сбыта товара с последующей компенсацией издержек и формированием прибыли за счет полученного дохода [5]. Основной характеристикой процесса в этом случае является экспоненциально слабо растущая функция оборотного капитала $K(\tau; |\alpha|)$, приходящаяся на участок цеха в состоянии $|\alpha, \tau\rangle$ [6]:

$$K(\tau; |\alpha|) = K_\alpha Ch2s\tau \equiv K_\alpha z(\tau). \quad (16)$$

Здесь $K_\alpha = K(0; |\alpha|)$ начальное значение оборотных средств, определяемое соотношением [2]

$$K_\alpha = \frac{\lambda\pi}{2} |\alpha|^2. \quad (17)$$

где λ – рыночный параметр, характеризующий свободу проявления деловой способности субъекта в ходе производственной деятельности системы; в задачах рыночной динамики типичной является оценка $\lambda \approx 100$ руб. [2]; поэтому, полагая $K_\alpha > 1000$ руб., получаем $|\alpha|^2 \gg 1$.

В результате спонтанных переходов $|\alpha, \tau\rangle \rightarrow |\beta_e, \tau\rangle$ (при $G(\alpha, \beta) < 0$) производственная система испытывает потери средств оборотного капитала, которые будем характеризовать коэффициентом потерь χ , равным отношению флуктуаций $\delta K = K_\alpha - K_\beta$ к величине оборотных средств $K(z; |\alpha|)$ (16), набираемых системой в ходе параметрического возмущения начального состояния $|\alpha_e, \tau\rangle$:

$$\chi = \frac{K_\alpha - K_\beta}{K(z; |\alpha|)} = \frac{1 - \eta^2}{z} = \chi(z; \eta, |\alpha|). \quad (18)$$

Здесь $\eta = \frac{|\beta|}{|\alpha|}$ – параметр перехода.

Рассмотрим сначала вероятности потерь (15) при переходах в заданный интервал параметра η на всем спектре изменения переменной z (в течение всего времени эволюции системы). Затем получим закон распределения непрерывной случайной величины η и найдем средние значения коэффициента потерь оборотных средств $\bar{\chi}(z)$ в каждый момент времени.

4. Преобразуем вероятность (15) (при $G(\alpha, \beta) < 0$) к виду (см. рис. 1)

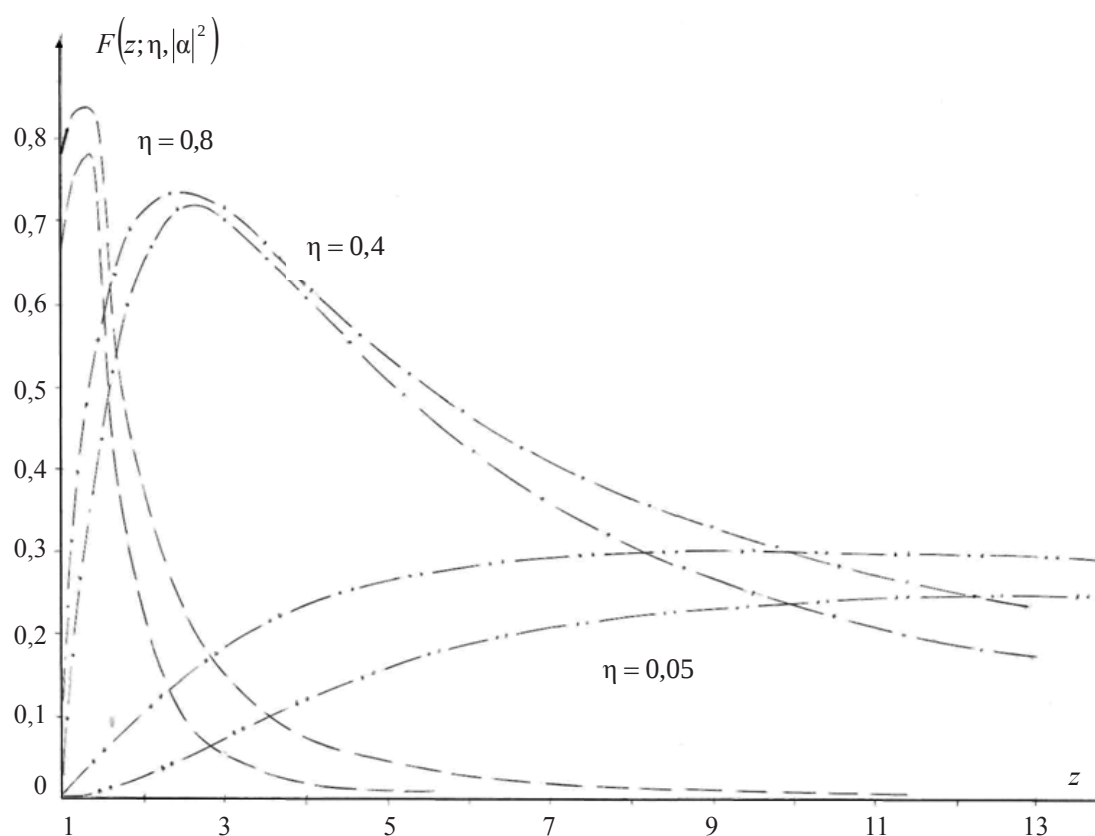


Рис. 1. Зависимость вероятности потерь (28) оборотных средств K_α от переменной z при различных значениях параметров $|\alpha|^2$ и η . Верхняя кривая потерь (для каждого значения η) соответствует параметру $|\alpha|^2 = 6$, нижняя кривая – параметру $|\alpha|^2 = 10$.

$$W_{\alpha \rightarrow \beta_e} \equiv F(z; \eta, |\alpha|) = \sqrt{\frac{2}{z+1}} \exp \left\{ -|\alpha|^2 \left[\eta \left(1 + \sqrt{\frac{z-1}{z+1}} \right)^{\frac{1}{2}} - \left(1 - \sqrt{\frac{z-1}{z+1}} \right)^{\frac{1}{2}} \right]^2 \right\}. \quad (19)$$

При условии $1 - \eta^2 \ll 1$ основной вклад в область определения (19) вносит малый интервал $1 < z < 1 + \frac{4}{|\alpha|^2 - 2}$, на котором функция принимает

максимальное значение, сравнимое с вероятностью стационарных переходов $F(1; \eta, |\alpha|) \approx 1$. Это позволяет характеризовать риски потерь в течение всего производственного цикла мелкими и частыми флуктуациями оборотного капитала, относительная величина которых $\chi(z; \eta, |\alpha|) \ll 1$.

С уменьшением параметра η область определения функции (19) увеличивается с одновременным превышением максимального значения $F(z_m; \eta, |\alpha|)$ над стационарной вероятностью $F(1; \eta, |\alpha|)$ (рис. 1). Здесь $z_m = z_m(\eta, |\alpha|)$ – координата максимума функции (19), удовлетворяющая уравнению

$$2\eta + \sqrt{\frac{2}{z-1}}(1 - \eta^2) = \sqrt{\frac{z+1}{2}} \frac{1}{|\alpha|^2}. \quad (20)$$

Рост вероятности (19) при $z < z_m$ обусловлен увеличением концентрации квантов способности, ответственных за принятие рискованных решений (ξ, ζ) в области перекрытия эллипсов $|\alpha, \tau\rangle$ и $|\beta_e, \tau\rangle$. Снижение же этой вероятности при $z > z_m$ вызывается увеличением средств оборотного капитала $K_{\mu\alpha}$ (благодаря прибыли предприятия), выступающего мерой способности системы к сохранению рентабельного режима предложения и, следовательно, к уменьшению риска потерь.

Механизм снижения вероятности (19) с ростом оборотного капитала $K_{\mu\alpha}$ можно понять, если, в соответствии с [2], заметить, что величина $\frac{K_{\mu\alpha}}{\lambda\pi} = \frac{|\alpha|^2}{2} = \bar{n}$ равна среднему числу квантов предпринимательской способности субъекта в начальном состоянии $|\alpha, \tau\rangle$. С другой стороны, увеличение числа $\bar{n}$ приводит к уменьшению эффективного уширения распределения квантов

$\frac{n - \bar{n}}{\bar{n}} \approx \frac{1}{\sqrt{\bar{n}}}$ относительно фазовых траекторий.

Отсюда следует, что увеличение оборотных средств вызывает рост концентрации квантов способности вблизи фазовых траекторий за счет оттока их из области перекрытия состояний $|\alpha, \tau\rangle$ и $|\beta_e, \tau\rangle$, что приводит к уменьшению вероятности перехода между ними.

5. Наиболее интересным является анализ риска разорения фирмы, то есть опасности перехода системы в основное состояние $|\alpha\rangle \rightarrow |0_e\rangle$ с нулевым оборотным капиталом. Вероятность разорения можно найти, положив в (19) $\eta \rightarrow 0$ (рис. 1)

$$W(z; \alpha, 0) = e^{-|\alpha|^2} \sqrt{\frac{2}{z+1}} \exp \left\{ \sqrt{\frac{z-1}{z+1}} |\alpha|^2 \right\}. \quad (21)$$

Максимум такой вероятности достигается в точке z_m , определяемой уравнением (20):

$$z_m = \sqrt{1 + 4|\alpha|^4} \approx 2|\alpha|^2 = \frac{4K_{\alpha}}{\lambda\pi} \gg 1 \quad (22)$$

и равен

$$W(z_m; \alpha, 0) \approx \sqrt{\frac{2}{z_m e}} = \sqrt{\frac{\pi\lambda}{2K_{\alpha} e}} \gg W(1; \alpha_e, 0). \quad (23)$$

Значительное превышение вероятности разорения фирмы в условиях параметрического возмущения над вероятностью разорения в стационарном состоянии $W(1; \alpha_e, 0)$ объясняется упомянутой выше раскачкой возмущенных состояний, при которой возможно пересечение областей неопределенностей функций $|\alpha\rangle$ и $|0_e\rangle$.

Время действия возмущения τ_m , обеспечивающего максимум вероятности разорения, легко найти из соотношения (22), записав его в виде

$$z_m = Ch2s\tau_m = \frac{4K_0}{\lambda\pi}; \quad \tau_m = \frac{1}{2s} \operatorname{arch} \frac{4K_{\alpha}}{\lambda\pi}, \quad (24)$$

где $s = \sqrt{\varepsilon^2 - (2\delta/\omega)^2} / 4$.

Сравнивая (23) и (24), замечаем, что рост вероятности разорения (вызванный снижением величины $\frac{K_{\alpha}}{\lambda\pi}$) связан с уменьшением критического времени раскачки τ_m ; последнее возможно

при повышении интенсивности возмущения ε и частоты технологического цикла ω , а также уменьшения параметра частотного рассогласования δ процессов производства и реализации товара. Отметим, что указанные факторы на практике часто используется как искусственное средство повышения рентабельности продаж, поэтому полученный результат согласуется с положением о том, что необоснованное повышение рентабельности предприятия выступает одним из факторов риска.

Коэффициент потерь оборотного капитала

6. Найдем коэффициент средних потерь оборотных средств $\bar{\chi}(z; |\alpha|)$, получаемый усреднением относительных флуктуаций (18) по распределению непрерывной случайной величины η :

$$\bar{\chi}(z; |\alpha|) = \frac{K_\alpha - \bar{K}_\beta}{K(z; |\alpha|)} = \frac{1 - \bar{\eta}^2}{z}. \quad (25)$$

Для этого введем плотность распределения $f(z; \eta, |\alpha|)$, равную вероятности (19) перехода в единичный интервал равномерно распределенного параметра η :

$$f(z; \eta, |\alpha|) = F(z; \eta, |\alpha|) \frac{1}{A(z; |\alpha|)}. \quad (26)$$

Определяя нормировочную константу $A(z; |\alpha|)$ из условия нормировки, представим функцию $f(z; \eta, |\alpha|)$ в виде

$$f(z; \eta, |\alpha|) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \frac{\sqrt{a}}{\operatorname{erfc}(-b/\sqrt{a})} \exp \left[-a \left(\eta - \frac{b}{a} \right)^2 \right], \quad (27)$$

описывающему нормальное распределение величины η на луче $0 \leq \eta < \infty$. Математическое ожидание $\bar{\eta}$ и дисперсия σ_η^2 такого распределения равны

$$\bar{\eta}[z(\tau); |\alpha|] = \frac{b}{a} + \frac{1}{\sqrt{\pi a}} \frac{\exp(-b^2/a)}{\operatorname{erfc}(-b/\sqrt{a})} \quad (28)$$

$$\sigma_\eta^2 = \frac{1}{2a} + \frac{1}{\sqrt{\pi a}} \frac{b}{a} \frac{\exp(-b^2/a)}{\operatorname{erfc}(-b/\sqrt{a})} - \frac{1}{\pi a} \frac{\exp(-2b^2/a)}{\operatorname{erfc}^2(-b/\sqrt{a})} \quad (29)$$

Слагаемые в (28) и (29), содержащие экспоненциальные множители, имеют порядки величин $e^{-|\alpha|^2}/|\alpha|$ и $[e^{-|\alpha|^2}/|\alpha|]^2$, соответственно, и при принятом выше предположении $|\alpha|^2 \gg 1$, могут быть опущены как бесконечно малые высокого порядка.

Теперь уже нетрудно найти средний квадрат распределения $\bar{\eta}^2 = \bar{\eta}^2 + \sigma_\eta^2 = \frac{b^2}{a^2} + \frac{1}{2a}$ и средний коэффициент потерь оборотного капитала:

$$\bar{\chi}(\tau; |\alpha|) = \frac{1 - \exp(-2s\tau)}{Ch2s\tau} \left(1 - \frac{1}{4|\alpha|^2} Ths\tau \right) \approx \frac{1 - \exp(-2s\tau)}{Ch2s\tau}. \quad (30)$$

Заметим, что средние потери $\bar{\chi}$ практически не зависят от начального значения оборотных средств K_a и определяются лишь временем эволюции системы τ .

Немонотонная зависимость $\bar{\chi}(\tau)$, изображенная на рис. 2, имеет ту же природу, что и рассмотренные выше функции (19): рост $\bar{\chi}(\tau)$ связан с деформацией эллипсов неопределенности состояния $|\alpha, \tau\rangle$, а ее снижение – с оттоком квантов активности субъекта от периферических областей эллипсов к центру – точкам на фазовой траектории $|\alpha, \tau\rangle$. Максимум функции $\bar{\chi}(\tau)$ приходится на момент времени

$$\tau_1 = \frac{\operatorname{Arsh} 1}{2s} \approx \frac{0,44}{s} \quad (31)$$

и равен

$$\bar{\chi}_m = \bar{\chi}(\tau_1) \approx 0,41. \quad (32)$$

7. В заключении отметим, что обсуждаемые выше переходы между производственными состояниями $|\alpha_\mu, \tau\rangle \rightarrow |\beta_{\mu e}, \tau\rangle$ и связанные с ними потери оборотных средств относились к отдельным участкам цехов μ предприятия. Для описания рисков потерь во всей производственной системе необходимо найти амплитуды и вероятности переходов между состояниями $|\bar{\alpha}, \tau\rangle \rightarrow |\bar{\beta}, \tau\rangle$, представленными через характеристики переходов $|\alpha_\mu, \tau\rangle \rightarrow |\beta_{\mu e}, \tau\rangle$ в мультипликативном виде по индексу μ (см. (2)), и воспользоваться полученными выше результатами.

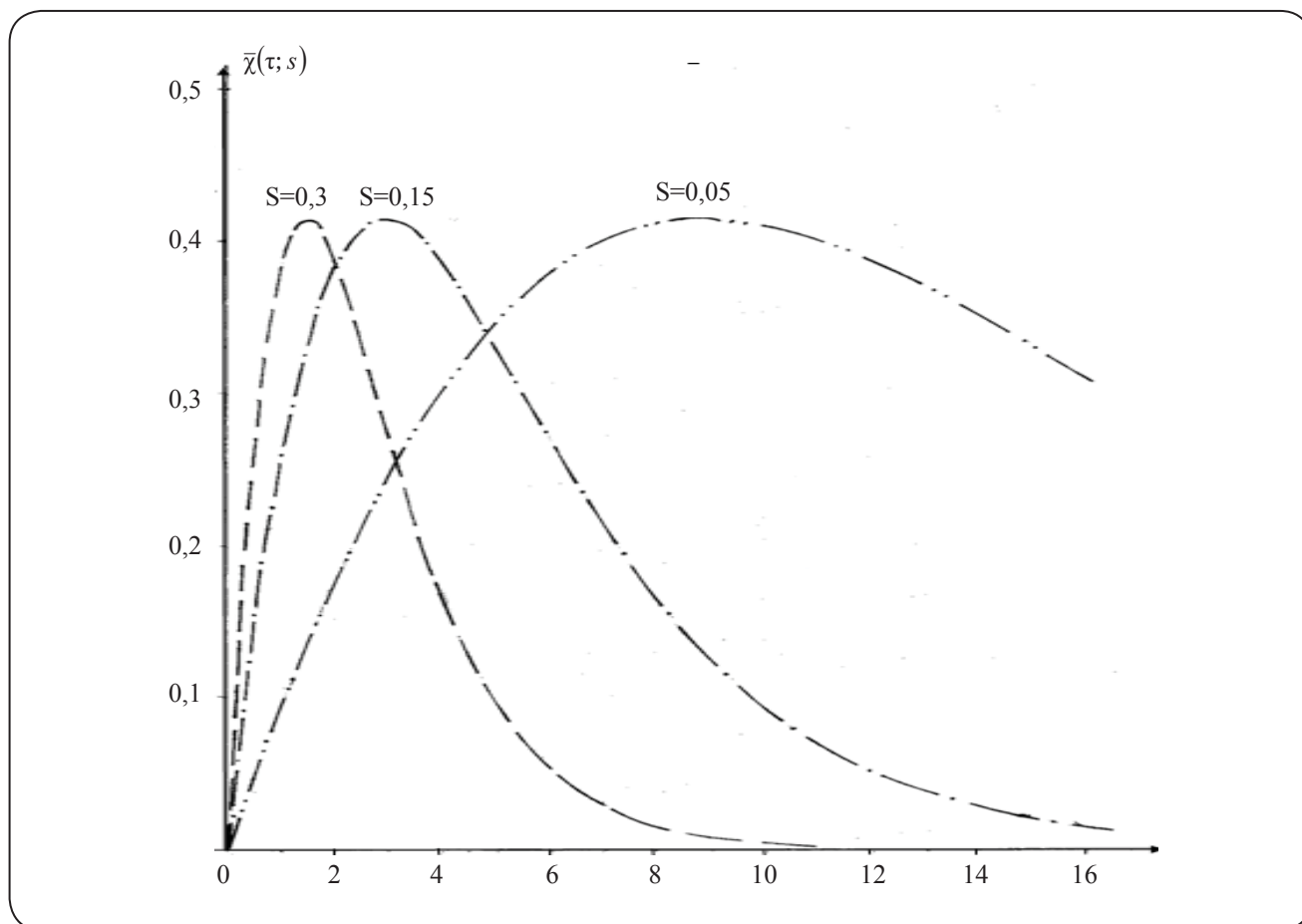


Рис. 2 . Зависимость среднего коэффициента потерь оборотных средств (43) от времени эволюции τ при различных значениях параметра рентабельности s

Список литературы

1. Славин В.А. Рыночная динамика производственно-экономических систем. Корреляционные свойства нестационарных производственных состояний // Вестник ИНЖЭКОНа. – 2012. – № 5. – С. 209–219.
2. Кукушкин В.А. Введение в математическую микроэкономику. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. гос. пед. ун-та, 2007. – 344 с.
3. Кукушкин В.А. Принципы описания производственно-экономических систем // Вестник ЧГПУ. – 2011. – № 3 (71). – Ч. 2. – С. 132–140.
4. Иванов А.Г., Кукушкин В.А. О вероятностно-динамическом методе в задачах микроэкономики // Вестник ННГУ. – 2010. – № 1. – С. 179–189.
5. Кукушкин В.А., Медведева Е.В. Плановая динамика производственно-экономических систем в рентабельном режиме предложения товара // Международный технико-экономический журнал. – 2011. – № 4. – С. 43–48.
6. Кукушкин В.А. Плановая динамика производственно-экономических систем в режиме стационарного производства // Вестник ИНЖЭКОНа. – 2011. – № 5. – С. 209–219.

В редакцию материал поступил 05.07.12

Информация об авторах

Славин Вячеслав Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информационных систем и математики, Санкт-Петербургский государственный инженерно-экономический университет (филиал в г. Чебоксары)

Адрес: 428000, г. Чебоксары, Ядринское шоссе, 5, тел.: (8352) 39-74-27

E-mail: vak21@mail.ru

Урусова Ирина Николаевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры региональной экономики и предпринимательства, Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова

Адрес: 428015, г. Чебоксары, Московский проспект, 29, тел.: (8352) 58-41-98

E-mail: urusova_irina@mail.ru

V.A. SLAVIN,

PhD (Physics and Mathematics), Associate Professor

Saint Petersburg State University for Engineering and Economy (Cheboksary branch)

I.N. URUSOVA,

PhD (Economics), Associate Professor

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov

MARKET DYNAMICS OF PRODUCTION-ECONOMIC SYSTEM

II. Transitions between production states. Elements of risk theory

The methods of theoretical micro-economy were used to investigate the spontaneous transitions between enterprise's production states in the regime of the goods' commercial off-load. The economical mechanisms of spontaneous transitions are viewed, some characteristics of transitions are introduced, and equations for their probability are found. It is shown that under the given conditions most probable are the transitions with the loss of capital assets corresponding to the technological and entrepreneurial risks and, in particular, bankruptcy risks. The average coefficient of capital assets loss is found as a function of the system evolution period, total supply and workshop processes period. The economic meaning of the obtained results is discussed.

Key words: economic state of the production system; spontaneous transitions between production states; quantas of entrepreneurship ability; amplitudes and probabilities of transitions between production states; average coefficient of capital assets loss; probabilities of technological and bankruptcy risks.

References

1. Slavin V.A. Rynohnaya dinamika proizvodstvenno-ekonomicheskikh sistem. Korrelyatsionnye svoystva nestatsionarnykh proizvodstvennykh sostoyanii (Market dynamics of production-economic systems), *Vestnik INZhEKONa*, 2012. No. 5, pp. 209–219.
2. Kukushkin V.A. *Vvedenie v matematicheskuyu mikroekonomiku* (Introduction to mathematical micro-economy). Cheboksary: Izd-vo Chuvash. gos. ped. un-ta, 2007, 344 p.
3. Kukushkin V.A. Printsipy opisaniya proizvodstvenno-ekonomicheskikh sistem (Principles of description of production-economic systems), *Vestnik ChGPU*, 2011, No. 3 (71), Vol. 2, pp. 132–140.
4. Ivanov A.G., Kukushkin V.A. O veroyatnostno-dinamicheskom metode v zadachakh mikroekonomiki (On the probable-dynamic method in micro-economy tasks), *Vestnik NNGU*, 2010, No. 1, pp. 179–189.
5. Kukushkin V.A., Medvedeva E.V. Planovaya dinamika proizvodstvenno-ekonomicheskikh sistem v rentabel'nom rezhime predlozheniya tovara (Planned dynamics of production-economic systems in commercial regime of goods supply), *Mezhdunarodnyi tekhniko-ekonomicheskii zhurnal*, 2011, No. 4, pp. 43–48.
6. Kukushkin V.A. Planovaya dinamika proizvodstvenno-ekonomicheskikh sistem v rezhime statsionarnogo proizvodstva (Planned dynamics of production-economic systems in stationary production regime), *Vestnik INZhEKONa*, 2011, No. 5, pp. 209–219.

Information about the authors

Slavin Vyacheslav Aleksandrovich, PhD (Physics and Mathematics), Associate Professor of Information Systems and Mathematics Chair, Saint Petersburg State University for Engineering and Economy (Cheboksary branch)

Address: 5 Yadrinskoye Shosse, 428000, Cheboksary, tel.: (8352) 39-74-27

E-mail: vak21@mail.ru

Urusova Irina Nikolaevna, PhD (Economics), Associate Professor of Regional Economy and Entrepreneurship Chair, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov

Address: 29 Moskovskiy prospect, 428015, Cheboksary, tel.: (8352) 58-41-98

E-mail: urusova_irina@mail.ru