

УДК 338.45:620.9.004.18

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

© 2015 г. В. Ю. Припотень, Л. И. Рябенко, Н. Н. Шиков

Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск

Представлен способ оценки экономической устойчивости предприятия на основе динамической модели попроцессного производства, случайных входных характеристик спроса, представленных в неканонической формой (детерминированные гармонические функции) и структурной схемы рационального использования ресурсов.

Ключевые слова: динамическая модель; производственная функция; детерминированные гармонические функции; числа Кристоффеля; вероятность устойчивости; корреляционная функция.

Authors present a method for estimating the economic sustainability of the enterprise on the basis of a dynamic model of production, random input demand characteristics, presented in non-canonical form (deterministic harmonic functions) and the structural scheme of the rational use of resources.

Key words: dynamic model; production function; deterministic harmonic functions; Christ-offel numbers; the likelihood of sustainability; correlation function.

Противоречие в оценке экономической устойчивости предприятия в условиях жесткого ограничения на использование ресурсов определяется, с одной стороны, желанием учесть всю деятельность предприятия по всем направлениям (операционная, инвестиционная, финансовая, фискальная и др.), а с другой — получение агрегированной информации, обеспечивающей контроль дестабилизирующих факторов и идентификацию параметров оценки его устойчивости экономически выгодным путем. Трудности в разрешении этого противоречия заложены в сложности формирования причинно-следственных связей между динамическими свойствами объектов и различными критериями достижения локальных целей. К этому следует добавить, что изменение одних абсолютных показателей хозяйственной деятельности часто не поддается четкой трансформационной оценке в результаты других. Ввиду множественности различных состояний как в системе в целом, так и в подсистемах, имеет смысл

делать выбор одного состояния, если известно, что оно имеет преимущества перед всеми остальными. Таким образом, наличие единого критерия, например, устойчивость экономической системы по отношению взятым на себя обязанностей, например, по спросу, делает возможным сводить задачи управления предприятия к выбору такого состояния системы, которое отвечает заданному критерию. При этом можно выделить две проблемы. Первая связана с нахождением критерия устойчивой работы предприятия, а вторая — с техникой формализации и расчетов, т. е. с проблемой построения модели и разработки метода ее реализации. Принятое в экономике понятие устойчивости связано в большей мере с финансовой статической устойчивостью по результатам прошлого периода, и очевидно не приемлемо для управления операционной деятельностью предприятия. В условиях нестабильного спроса на продукцию и услуги, при имеющих место нарушениях платежных операций в резуль-

тате отсутствия высоколиквидных средств необходимы новые подходы в получении управленческой информации, способной адаптировать экономику предприятия к современным условиям рынка.

Различные приемы математического аппарата позволяют использовать производственные модели для вычисления численных характеристик производства, анализа эффективности изменения масштаба производства и технологического прогресса, исследования эластичности производственных факторов, рационального ведения хозяйства, оптимального планирования и прогнозирования вариантов развития фирмы [1]. Вместе с тем, в таких моделях, как правило, отсутствуют процессы пополнения и расхода ресурсов, что затрудняет их использование для оперативного управления и прогноза выполнения своих обязанностей перед заказчиками.

Преимуществом динамической модели [2] является ее возможность на основе имитационного моделирования не только оценивать поведение предприятия на заданном интервале времени, но и делать выводы на основе анализа инвестиционной привлекательности для потенциального кредитора. Преимущество модели состоит и в том, что кредитная организация имеет возможность отслеживать в динамике финансовое состояние заемщика и контролировать риски вложения капитала, тем самым управлять кредитным портфелем. Вместе с тем, до конца не понятно насколько адекватно проводимые расчеты могут отражать эффективность вложения инвестиционных ресурсов.

Исследования состояния и тенденций развития отечественных предприятий с применением математико-статистических методов, обнаружили ряд особенностей как самих закономерностей работы предприятий отрасли на протяжении последних годов, так и имеющих статистических и динамических данных, которые существенно затрудняют применение методов имитационного моделирования производства и сбыта как единой системы, обеспечивающей выполнения обязанностей перед сторонними организациями.

В результате анализа исследований и публикаций было установлено, что большинство основных производственно-экономических показателей деятельности отечественных

предприятий тесно коррелированы между собой, что отражало ход реальных процессов в отраслях. Вместе с тем ряд вопросов применения динамических моделей остаются не решенными. В том числе практически осталось не исследованным использование динамической устойчивости предприятия при различных вариантах функции спроса не только как инструмента ретроспективного экономического анализа, но и как элемента синтеза производственных и финансовых ресурсов в условиях нестабильного спроса на продукцию.

Цель статьи — стохастический анализ динамической устойчивости предприятия, при изменяющейся функции спроса на продукцию и ограниченных возможностях по ресурсам.

Основные результаты исследований. Если выбирать показатель результативности работы предприятия по критериям универсальности и перспективности использования, то предпочтение следует отдать вероятностным характеристикам устойчивости. Нормой экономической устойчивости предприятия может быть принята вероятность ($P = 0,95$) того, что заказ на изготовление продукции предприятием будет выполнен в полном объеме и в заданные сроки при ограниченных ресурсах предприятия и существующей стратегии поставок сырья.

Традиционно в стохастических системах для определения экономических признаков используется разложение в ряды взаимодействующих параметров по ортогональным функциям. При этом в качестве признаков берутся коэффициенты разложения (в частности, ряды Фурье, полиномы Эрмита, Лежандра и др.).

Использование в качестве признаков характерных элементов фактических реализаций и их структуры базируется на том, что комплекс информационной поддержки экономических объектов или порожденных (генерируемых) ними, однозначно определяется структурой построения наблюдаемого объекта. Тогда задача расчета вероятностных характеристик сводится к тому, чтобы по данным числовым характеристикам и корреляционной функции входных потоков, например, функции спроса, по гармоническим динамическим зависимостям трансформации входных потоков, оценить для выходного уз-

лового признака модели причинно-следственных связей (блок 7, рис. 2) вероятность устойчивости. Чтобы оценить влияние спектральных свойств, случайные входные потоки представляются в неканонической форме (детерминированные гармонические функции) со случайными параметрами фактических амплитуд и частот. При прохождении их через динамическую модель, на выходе узловых точек формируются трансформационные функции $Y_1(t)$, $Y_2(t)$, ..., $Y_i(t)$, являющиеся базовыми при определении вероятности устойчивости оцениваемых признаков за определенный период $(P(t_1, t_2))$ [3]:

$$P(t_1, t_2) = \sum_{m_i, m_j} \prod_{k=1}^n K(t_k)_{m_i, m_j} P_{m_i, m_j},$$

где m_i, m_j — узлы интерполяционного полинома входных параметров; $K(t_k)_{m_i, m_j}$ — характеристическая функция отдельной гармоники; P_{m_i, m_j} — весовые коэффициенты (числа Кристоффеля); n — количество узлов интерполяции; t_1, t_2 — обозначенный интервал прогноза.

Преимущества этого обобщающего фактора состоит в том, что вычисления его можно осуществлять с предписанной точностью, путем изменения числа узлов интерполяции входного параметра (денежные потоки, поступление сырья и прочее).

Характеристическая функция компоненты вероятности устойчивости оцениваемого узла имеет вид:

$$K(t_k) = \begin{cases} 1, & \text{если выполнено неравенство,} \\ 0, & \text{если хотя бы одно} \\ & \text{из неравенств нарушено.} \end{cases}$$

Неравенства представляют собой критерий устойчивости:

$$\left. \begin{aligned} M_g(t) &\leq M_{a.y} \\ \omega(t) &\geq \omega_{a.y} \end{aligned} \right\},$$

где $M_{a.y}$ — допустимые амплитудные значения для показателей выполнения заказа с ограничением по верхнему уровню; $\omega_{a.y}$ — допустимые амплитудные значения для показателей выполнения заказа с ограничением по нижнему уровню; $M_g(t)$, $\omega(t)$ — текущие значения параметров.

Интерполяционный полином входных параметров для сочетания узлов интерполяции λ_j, ω_{ij} имеет вид:

$$\Psi_{ij} = \bar{\Psi} + \sigma (\sin \omega_{ij} t + \lambda_j \cos \omega_{ij} t),$$

где: $\bar{\Psi}$ — математическое ожидание входного параметра; σ — среднеквадратическое отклонение; t — текущее время; λ_j — числа нормального закона распределения; ω_{ij} — частоты детерминированных гармоник, определяющиеся корреляционной функцией.

Для корреляционной функции вида:

$$\Re(\tau) = \sigma^2 e^{-\alpha \tau} \cos \beta \tau,$$

с помощью которой описывается колебательные процессы поступающих заказов на предприятие, закон распределения случайной величины ω находится по формуле:

$$\varphi(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} r(\tau) e^{-i\omega \tau} d\tau,$$

где $r(\tau)$ — нормированная корреляционная функция входных воздействий (спроса).

Окончательно закон распределения ω имеет вид:

$$\varphi(\omega) = \frac{1}{2\pi} \left[\left(\alpha^2 + (\beta + \omega)^2 \right)^{-1} - \left(\alpha^2 + (\beta - \omega)^2 \right)^{-1} \right],$$

где α, β — параметры корреляционной функции.

Интегральная форма полученного закона распределения:

$$F(z) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2\pi} \left[\arctg \frac{z + \beta}{\alpha} + \arctg \frac{z - \beta}{\alpha} \right],$$

где Z — верхний предел изменяемой величины.

Для получения чисел ω , описывающихся законом распределения, используется свойство, заключающееся в том, что для любых двух законов распределения случайных величин можно найти функцию Z , связывающую известный закон распределения с искомым, например, с равномерным. Функция Z находится из равенства:

$$\frac{x+1}{2} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2\pi} \left[\arctg \frac{z + \beta}{\alpha} + \arctg \frac{z - \beta}{\alpha} \right],$$

здесь $x \in [-1, \dots, 1]$, $z \in [-\infty, \dots, \infty]$.

Решив уравнение относительно z , находим:

$$z = -\frac{\alpha}{\operatorname{tg} 2\pi\left(\frac{x+1}{2}\right)} \pm \sqrt{\frac{\alpha}{\operatorname{tg} 2\pi\left(\frac{x+1}{2}\right)} + \alpha^2 + \beta^2}.$$

Полученная функция является периодической, осуществляющая преобразование случайной величины x в ω . Граничные условия соблюдаются: при $x = 1$, $\omega = \infty$.

Количество выбранных чисел ω и λ при формировании входных воздействий можно установить на основе корней ортогональных полиномов, как веса, равные плотности распределения величин ω и λ . Как показывают исследования, при выборе числа узлов равное 2, обеспечивается вычисление математического ожидания с точностью до 3-х десятичных знаков. При этом ошибка вычисления дисперсии примерно на два порядка больше, чем ошибка вычисления математического ожидания, ввиду того, что характеристическая функция дисперсии является смешанным квадратом функции математического ожидания.

Если вектор выходных величин обозначить $Y_1(t), Y_2(t), \dots, Y_n(t)$, случайную функцию можно представить (по В. И. Чернецкому) в виде интерполяционных полиномов, которые положены в основу определения числовых характеристик результирующих показателей экономической системы — математического ожидания $M(Y(t))$ и дисперсии $D(Y(t))$:

$$M(Y_i(t)) = \sum_{k1, k2} Y_i(t, \lambda_{k1}, \omega_{k2}) \rho_{k1, k2};$$

$$D(Y_i(t)) = \sum_{k1, k2} [Y_i(t, \lambda_{k1}, \omega_{k2}) - M(Y_i(t))]^2 \rho_{k1, k2},$$

где λ_{k1} и ω_{k2} — случайные числа, формирующие амплитуду и частоту входных воздействий; $k1$ и $k2$ — узлы интерполирования;

$\rho_{k1, k2} = \prod_{j=1}^{12} \rho_{kj}$ — двумерные числа Кристоффеля каждого узла.

Таким образом, динамическая система хозяйственной деятельности предприятия приобрела достаточно весомые диагностические признаки:

- 1) спектр частот;
- 2) числовые характеристики (математическое ожидание, дисперсия);
- 3) временное запаздывание на обслуживание входных воздействий.

Рациональное управление производственными материальными и финансовыми потоками предприятий базируется на стратегии непрерывного контроля спроса на продукцию предприятия (блок 1, рис. 2) и, при имеющем место снижающей динамике спроса на продукцию, ресурсы предприятия должны быть скорректированы согласно установившемуся спросу. Процесс управления ресурсом предприятия включает следующие фазы.

Фаза 1. Определение оптимального уровня использования ресурсов предприятия при нормативной мощности предприятия и бюджетном ограничении капитала предприятия. Бюджетное ограничение можно представить следующим образом:

$$np_k + mp_L \leq KA,$$

где n, m — соответственно среднее количество установленного оборудования предприятия и участвующих в производственной деятельности трудовых ресурсов; KA — капитал предприятия; p_k, p_L — цена единицы оборудования и годовая заработная плата одного работающего.

Условно-оптимальный уровень дохода представляется вычислить с помощью метода Лагранжа. Т. е. набор ресурсов (n, m) должен максимизировать производственную функцию $Y(K, L)$ при выполнении бюджетного ограничения. Решением задачи является точка, которая лежит на границе бюджетного множества. Функция Лагранжа ($Z(K, L, Y)$) имеет вид:

$$Z(K, L, Y) = Y(K, L) + \chi(np_k + mp_L - KA),$$

где χ — множитель Лагранжа; K, L — производственный и трудовой капитал функции Кобба — Дугласа.

Для определения условного экстремума необходимо вычислить первые частные производные функции Лагранжа, приравнять их нулю и решить систему алгебраических уравнений:

$$\frac{\partial Z}{\partial K_1} = 0; \quad \frac{\partial Z}{\partial L} = 0; \quad \frac{\partial Z}{\partial \chi} = 0.$$

Вычисленные значения координаты экстремума будут соответствовать условно-оптимальным значениям производственным факторам в пределах капитала предприятия. Подставив оптимальные значения в ПФ, найдем доход предприятия.



Рис. 1. Изокванты ПФ

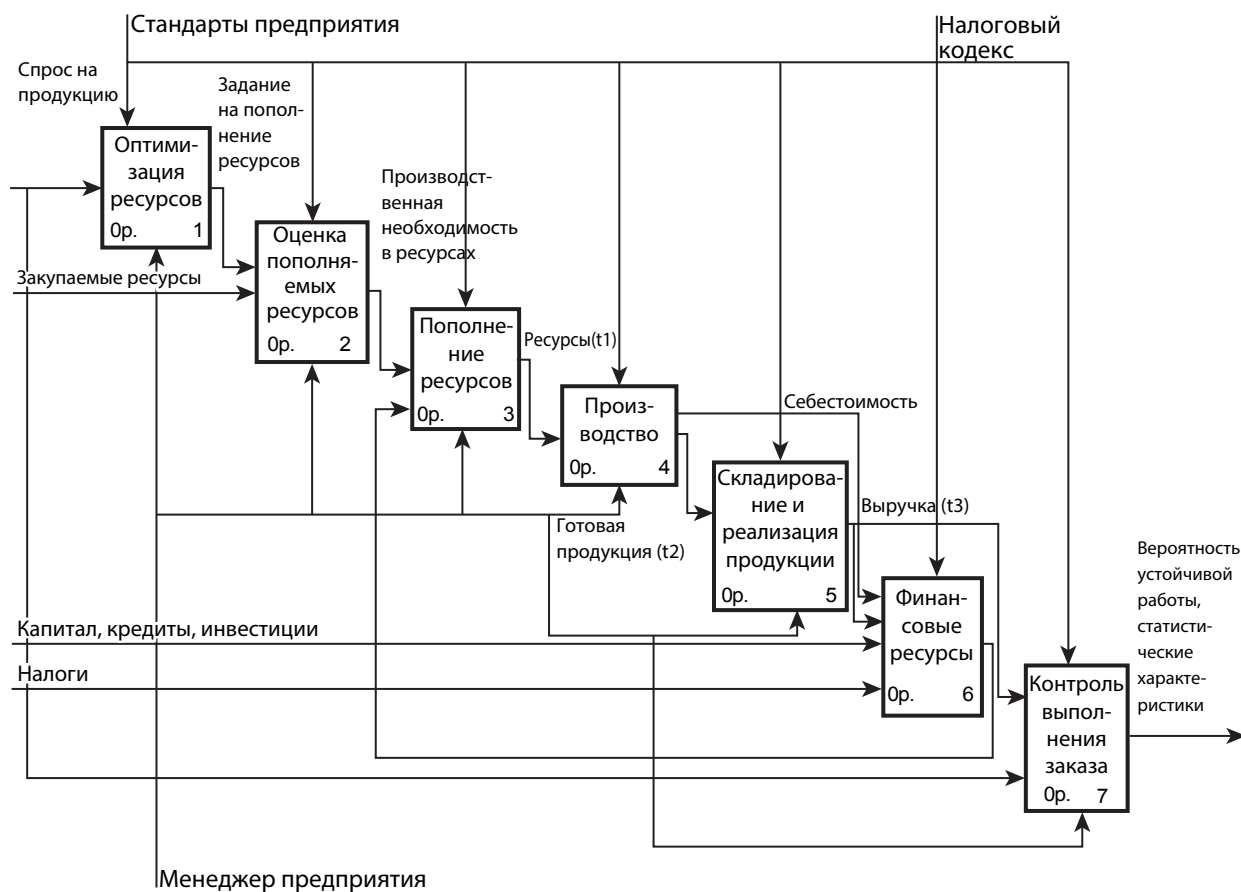


Рис. 2. Динамическая модель оценки экономической устойчивости предприятия

Фаза 2. В случае, имеющих место устойчивых изменений динамики спроса на продукцию (фактическая, прогнозируемая), строится изокванта, соответствующая новому спросу.

Уравнение изокванты имеет вид:

$$L = ((Y_c / A(cK)^{\alpha_K})^{\frac{1}{\alpha_L}}) / \rho_L.$$

Изокванты и уравнение аппроксимации одной из изоквант степенной функцией представлены на рис. 1.

Переход к новым условно-оптимальным производственным показателям можно осуществить с помощью метода идеальной точки.

Упрощенная экономическая модель производства и реализации продукции представлена в виде бизнес-процессов с описанием динамических характеристик взаимосвязанных производственных, сбытовых и финансовых процессов на предприятии (рис. 2).

Блоки 3, 5, 6 представляют собой дифференциальные уравнения вида:

$$\frac{dP}{dt} = \sum_{i=1}^n p_i(t - t_1) - \sum_{j=1}^m pr_j(t - t_2).$$

где P — ресурсы предприятия; p_i — ресурсы пополняющие; pr_j — ресурсы потребленные; t — текущее время.

Постоянные времени t_{1-3} на рис. 2 имеют соответствующую интерпретацию: запаздывание при формировании ресурсов, запаздывание производственного цикла, запаздывание платежных операций.

Моделирование процесса оценки экономической устойчивости предприятия адапти-

ровано к решению системы дифференциальных уравнений с помощью офисного приложения MS Excel и требует, безусловно, привязки к индивидуальным характеристикам каждого предприятия.

Выводы. Представленная динамическая модель оценки экономической устойчивости предприятия имеет ряд преимуществ по сравнению с уже известными моделями по следующим признакам:

- 1) квазиоптимального использования ресурсного потенциала предприятия;
- 2) учетом динамических показателей производства, пополнения запасов и финансовых ресурсов, временными запаздываниями на выполнение производственных и логистических операций, что позволило приблизить модель по точности к реальному объекту;
- 3) унифицированного критерия экономической устойчивости на основе вероятностных характеристик.

Литература

1. Алехин А. Б., Ванина Н. Н. Опыт построения производственных функций предприятий черной металлургии Украины. // Вісник Хмельницького національного університету. — 2010. — №4. — Т. 3.
2. Царьков В. А. Моделирование экономической динамики предприятия. // Аудит и финансовый анализ. — 2004. — №4. — С. 186–190.
3. Чернецкий В. И. Анализ точности нелинейных систем управления. — М.: Машиностроение, 1968. — 264 с.

Поступила в редакцию

19 мая 2015 г.



Владимир Юрьевич Припотень — доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой менеджмента Донбасского государственного технического университета.

Vladimir Yurievich Prypoten — Ph.D., Doctor of Economics, professor, head of the Donbass State Technical University's Management department.

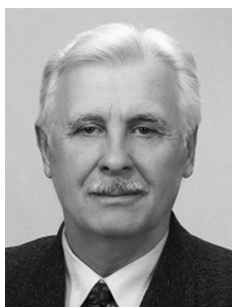
94204, Украина, Луганская обл., г. Алчевск, пр-т Ленина, 16
16 Lenina av., 94204, Alchevsk, Lugansk reg., Ukraine
Тел.: +38 (050) 57-05-361; e-mail: drongo1231@gmail.com



Леонид Иванович Рябенко — кандидат технических наук, доцент, декан факультета менеджмента Донбасского государственного технического университета.

Leonid Ivanovich Ryabenko — Ph.D., Candidate of Technics, docent, dean of the Donbass State Technical University's Management faculty.

94204, Украина, Луганская обл., г. Алчевск, пр-т Ленина, 16
16 Lenina av., 94204, Alchevsk, Lugansk reg., Ukraine
Тел.: +38 (095) 87-10-08; e-mail: liryabenko@ukr.net



Николай Николаевич Шиков — кандидат технических наук, доцент кафедры менеджмента Донбасского государственного технического университета.

Nikolay Nikolaevich Shikov — Ph.D., Candidate of Technics, docent of the Donbass State Technical University's Management department.

94204, Украина, Луганская обл., г. Алчевск, пр-т Ленина, 16
16 Lenina av., 94204, Alchevsk, Lugansk reg., Ukraine
Тел.: +38 (097) 55-55-991; e-mail: Shikovnik2010@mail.ru