

УДК 615.12:336

к.т.н. Шиков Н. Н.,  
к.т.н. Бойко Н. З.,  
Шиков Р. Н.

(ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР, shikovnik2010@mail.ru)

## ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПРИЗНАК ФИНАНСОВОЙ ДЕСТАБИЛИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

*Предлагаемая математическая модель направлена на оценку оперативного показателя финансовой устойчивости предприятий сервисного обслуживания с учетом экзогенных стохастических процессов и признаков для выявления дестабилизирующих факторов, что будет способствовать целенаправленной политике управления кластерными составляющими сервисных услуг (итат сотрудников, компетентность, запасы ремонтных узлов и элементов бытовой техники, качество обслуживания, тарифы на услуги и пр.)*

**Ключевые слова:** *вероятность финансовой устойчивости, производственная функция предприятий сервисных услуг, интерполяционный полином, корреляционная функция, кластерные составляющие.*

**Постановка проблемы.** В связи с изменением геополитической ситуации и сложностями с поставками новой бытовой техники отечественные потребители пытаются за счет ремонта уже используемой поддержать ее работоспособность, благодаря чему продлить срок службы. Так, в январе 2023 года количество запросов на ремонт крупных бытовых приборов выросло в сравнении с январем прошлого года на 76 %, мелких — на 43 % [1]. Несмотря на возросший спрос на ремонтные услуги, региональные сервисные предприятия испытывают значительные колебания в доходах (коэффициент вариации достигает 30 %), что затрудняет проведение стабильной политики финансового планирования. Такая ситуация является следствием достаточно жесткой конкуренции на региональном рынке сервисных услуг, а также отсутствия оперативных систем управления центрами затрат предприятий по ремонту бытовой техники. Это приводит к значительному росту цен на услуги, колебаниям выручки и потере квалифицированных кадров.

**Цель исследований** состоит в том, чтобы на базе концептуального обоснования, которое необходимо для разработки при-

знаков и алгоритмов оперативного диагностирования предприятий сферы сервисных услуг, вести непрерывную оценку финансовой устойчивости и факторов ее дестабилизации.

Показателем оценки финансового состояния сервисных предприятий по ремонту бытовой техники (СПРБТ) обычно выступает статическая финансовая устойчивость (ряд коэффициентов), под которой понимается соотношения баланса источников финансирования и структуры активов. Направленность и многозначность категории «финансовая устойчивость бизнес-процессов» находит отражение в многочисленных методиках оценки инновационных и инвестиционных проектов, котировке акций на финансовом рынке, в кредитных организациях — при установлении возможности возврата заемных средств и покрытия возникающих рисков. Сформировавшийся перечень многоцелевой финансовой устойчивости и неопределенность границ ее применения в условиях высоко динамичной вариации спроса на рынке сервисных услуг определяет необходимость в совершенствовании в первую очередь оперативных оценок финансового состояния региональных СПРБТ.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В анализе последних публикаций в сфере финансовой устойчивости организаций следует выделить методики, основанные на расчете рейтингов. Согласно методу аддитивной свертки [2, 3] они используют итоговые показатели финансовой отчетности.

В работе [2] в зависимости от количества набранных баллов, которые присваиваются по восьми показателям финансового состояния организации (коэффициент абсолютной ликвидности, коэффициент критической оценки, коэффициент текущей ликвидности, доля оборотных средств в активах, коэффициент обеспеченности собственными средствами, коэффициент капитализации, коэффициент финансовой независимости, коэффициент финансовой устойчивости), получают агрегированный показатель, который советуют применять при принятии управленческих решений по коррекции ассортимента товаров и услуг в торговой и сервисной сети.

Отличия в алгоритмах расчета присутствуют не только между выделенными направлениями применения, но и внутри них по количеству вычисляемых показателей, интерпретации результатов. Следует также отметить, что анализ представленных данных свидетельствует о том, что классические методы анализа финансовой устойчивости являются больше стратегическими и устанавливают лишь ретроспективные результаты деятельности, что ограничено для использования в оперативном бизнес-планировании и в практике адаптации к сложившейся ситуации. В связи с этим актуальной является задача совершенствования математических моделей предприятий сферы услуг и методов проведения вычислительных экспериментов с учетом региональных особенностей производственных функций.

**Постановка основной задачи.** На уровне регионального сервисного обслуживания бытовой техники для успешного управления качеством обслуживания, ло-

гистическими процессами, тарифной и кадровой стратегией предприятия необходимо выбрать признаки финансовой устойчивости, которые бы отражали стохастические процессы в сфере услуг и одновременно позитивно и мультиколлинеарно (сила связи между описываемыми переменными) влияли бы на финансовую устойчивость. К немаловажным требованиям, предъявляемым к признакам финансовой устойчивости предприятия относится то, что они должны быть информативными и благоприятствовать процессам распознавания дестабилизирующих факторов.

Так, на наш взгляд, для СПРБТ в качестве признака оперативной финансовой устойчивости может быть рассмотрена вероятность доминирования маржинальной прибыли над постоянными затратами. Во-первых, коэффициент корреляции между статическими коэффициентами финансовой устойчивости и маржинальной прибылью не превышает 0,05 (признак мультиколлинеарности приближается к 0), а во-вторых, постоянные затраты сервисных предприятий являются практически неизменными за определенный период, поэтому вероятность изменения маржинальной прибыли может быть принята в качестве динамического признака, отражающего текущее финансовое состояние.

Маржинальная прибыль, как наиболее чувствительный индикатор, отражает локальный региональный характер сервисного обслуживания и может стремительно снизиться не только из-за конъюнктуры рынка, но и за счет увеличения закупочных цен на пополнение ремонтной базы, общепроизводственных затрат и других факторов. Существующие методы экономического анализа предприятия являются затратными и имеют существенное запаздывание при принятии управленческих решений, а результаты в лучшем случае пригодны для стратегического прогнозирования.

Противоречия в системе распознавания финансовой устойчивости предприятия определяются, с одной стороны, желанием

отразить всю деятельность предприятия по всем направлениям (кадровая, тарифная, финансовая, логистическая, производственная), а с другой — без значительных затрат получить релевантную информацию, обеспечивающую непрерывный контроль дестабилизирующих факторов и их распознавание. Трудности в разрешении этого противоречия заложены в сложности формирования причинно-следственных связей между нелинейными показателями производственной функции и различными критериями достижения локальных целей. К этому следует добавить, что изменение одних абсолютных показателей хозяйственной деятельности часто не поддаётся четкой трансформационной оценке в результате других.

Для решения таких задач прибегают к получению управленческих решений с использованием имитационных моделей с уровнем формализации, обеспечивающей адекватность модели реальному объекту [4]. Имитационное (компьютерное) моделирование обычно применяется в таких случаях:

- для управления сложным быстро протекающим бизнес-процессом, когда имитационная модель экономического объекта используется в качестве инструментального средства в контуре обратной связи системы управления, создаваемой на основе информационных (компьютерных) технологий;

- при проведении экспериментов на стохастических моделях сложных экономических объектов для получения и отслеживания их динамики в быстро меняющихся ситуациях, связанных с рисками, натурное испытание которых нежелательно или невозможно.

Связующим элементом динамической модели предприятий сферы услуг является производственная функция, отражающая особенности производственных процедур. К веским аргументам, определяющим вид и структуру этой функции, следует отнести:

- численность специалистов в сервисном центре ( $L$ );
- капитал СПРБТ ( $K$ );
- среднюю величину заказа на пополнение ремонтной базы сервисного предприятия ( $V$ ).

Выходным показателем производственной функции (ремонтный сервис) в зависимости от перечисленных аргументов является интенсивность проводимых в сервисном центре ремонтов бытовой техники  $Y(L, K, V)$ . Оформи́м эту зависимость в виде степенной функции:

$$Y = (\chi \cdot L^\varepsilon \cdot K^\vartheta \cdot V^\varphi) / T, \quad (1)$$

где  $T$  — интервал анализа;

$\chi$  — коэффициент согласования единиц измерения;

$\varepsilon, \vartheta, \varphi$  — эластичности аргументов.

Производственную функцию можно получить на основе статистической сводки аргументов за несколько недель или по многочисленным СПРБТ, приведенным в таблице 1.

Снижение размерности признакового пространства показателей производится путем нормирования данных по выражению:

$$\mu_{in} = (\mu_i - \mu_{\min}) / (\mu_{\max} - \mu_{\min}), \quad (2)$$

где  $\mu_i$  —  $i$ -й показатель СПРБТ;

$\mu_{\max}$  — максимальное значение фактора;

$\mu_{\min}$  — минимальное значение фактора.

Таблица 1

Пример сводной статистической таблицы показателей предприятия сервисного обслуживания

Недели/Показатель $j$ -го предприятия	$Y$ , руб./нед.	$L$ , чел.	$K$ , руб.	$V$ , руб.
1	$Y_{mj}$	$l_{mj}$	$k_{mj}$	$v_{mj}$
...	...	...	...	...
$m$	$Y_{mj}$	$l_{mj}$	$k_{mj}$	$v_{mj}$

Данные таблицы 1 логарифмируются с целью перехода к линейной зависимости производственной функции. С помощью приложения Excel «Анализ данных» была получена многофакторная регрессионная зависимость вида [2]:

$$\ln Y = -0,1 + 0,12 \ln L + 0,48 \ln K + 0,39 \ln V.$$

Проведя потенцирование последнего выражения, находим производственную функцию (сервисного предприятия):

$$Y = 4,5 \cdot L^{0,12} \cdot K^{0,48} \cdot V^{0,39}. \quad (3)$$

Коэффициент множественной корреляции равен 0,99, это указывает на сильную связь всех факторов с результатом. С учетом основных структурных связей между агрегированными фазами бизнес-процесса модель СПРБТ может быть с определенными допущениями представлена следующей системой уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dK}{dt} &= MP(t) \cdot \gamma - K \cdot r, \\ \frac{dW}{dt} &= (\zeta \cdot Y(L, K, V) - \sum_{i=1}^n Q_i) \cdot t, \\ \frac{d(MP)}{dt} &= \left( \sum_{i=1}^n Y(L, K, V) \cdot Z_i (1-s) - \sum_{i=1}^n Q_i \cdot C_i - C_i \cdot W(t) \cdot \nu \right) \cdot t \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где  $W$  — запас ремонтной базы в момент  $t$  в натуральном выражении;

$r$  — коэффициент износа основного капитала;

$t$  — текущее время;

$\gamma$  — коэффициент пополнения капитала;

$\zeta$  — показатель пополнения запасов (для фиксированного интервала пополнения);

$MP(t)$  — текущая маржинальная прибыль СПРБТ;

$\nu$  — процентная ставка по депозиту;

$Z(t)$  — тарифы на услуги;

$Q_i(t)$  — интенсивность расхода ремонтного запаса;

$C_o(t)$  — фактическая себестоимость сервисных услуг;

$n$  — виды сервисных работ;

$s$  — ставка налога.

В динамической модели (4) формализованы процессы, которые отражают следующие события: пополнение запасов, формирование капитала, упущенные выгоды от «замораживания» средств в запасах, нелинейности производственной функции сервисных услуг, налоги и, наконец, маржинальную прибыль. Случайный характер фактической интенсивности расхода ремонтного запаса в этой модели яв-

ляется экзогенным параметром, что позволяет регистрировать процедуры непрерывно при выдаче на складе запасных элементов и узлов.

При исследовании стационарных стохастических систем рекомендуется [4] использовать разложение экзогенных параметров, в частности интенсивность расхода ремонтного запаса ( $Q_i(t)$ ) в ряды по ортогональным функциям. При этом в качестве признаков могут использоваться коэффициенты разложения полиномов Лежандра [4].

Поэтапная методика управления экономической результативностью сервисной организации представлена рисунке 1.

В первом блоке проводится аппроксимация корреляционной функции экзогенного параметра, во втором — расчет и коррекция производственной функции.

Задача анализа вероятности динамической финансовой устойчивости сводится к тому, чтобы по числовым характеристикам и корреляционной функции интенсивности расхода ремонтного запаса рассчитать на модели для каждого узлового элемента вероятность порогового уровня отклонения маржинальной прибыли от минимальной

**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, БИЗНЕС-ИНФОРМАТИКА**

предписанной [4, 6]. Чтобы оценить влияние частотных и амплитудных свойств, случайные входные характеристики представляются в неканонической форме (детерминированные гармонические функции) со случайными параметрами амплитуд и частот (рис. 1, блок 5; табл. 2, этап 4). При воздействии интерполяционных полиномов на модель сервисного предприятия на выходе узловых точек формируются преобразованные моделью функции  $Y_1(t)$ ,  $Y_2(t)$ , ...,  $Y_j(t)$  (табл. 2, этап 3), являющиеся базовыми при определении маржинальной прибыли.

Далее по характеристической функции ( $\Delta$ ), отражающей уровень отклонения маржинальной прибыли (MP) от предписанных значений (PZ), определяется оперативная вероятность финансовой устойчивости (табл. 2, этап 5). Точность расчетов статистических характеристик оценивается по формуле:

$$1 - \sum_{m_1 \dots m_k} \rho_{m_1} \cdot \rho_{m_2} \cdot \dots \cdot \rho_{m_k} \leq \varepsilon, \quad (5)$$

где  $\varepsilon$  — заданная допустимая погрешность вычислений;

$\rho$  — числа Кристоффеля гармонических составляющей интерполяционного полинома.

Преимущество вероятности оперативной финансовой устойчивости состоит в том, что, во-первых, отражает реальные процессы на предприятии, во-вторых, вычисления ее можно осуществлять с заданной точностью, путем изменения числа узлов интерполяции входного параметра (интенсивность расхода ремонтного запаса, спрос и прочее).

Характеристическая функция  $\Delta$  компоненты вероятности маржинальной прибыли оцениваемого узла имеет вид:

$$\Delta(t_k) = \begin{cases} 1, & \text{если выполнено неравенство (5),} \\ 0, & \text{если неравенство (5) нарушено.} \end{cases} \quad (6)$$

Нахождение отклонения маржинальной прибыли от предписанной величины в интервале допустимого значения представляет собой признак финансовой устойчивости предприятия:

$$MP(t) - PZ \geq A_{a,y}, \quad (7)$$

где  $A_{a,y}$  — допустимое отклонение маржинальной прибыли от предписанного значения;

$PZ$  — предписанное значение маржинальной прибыли.

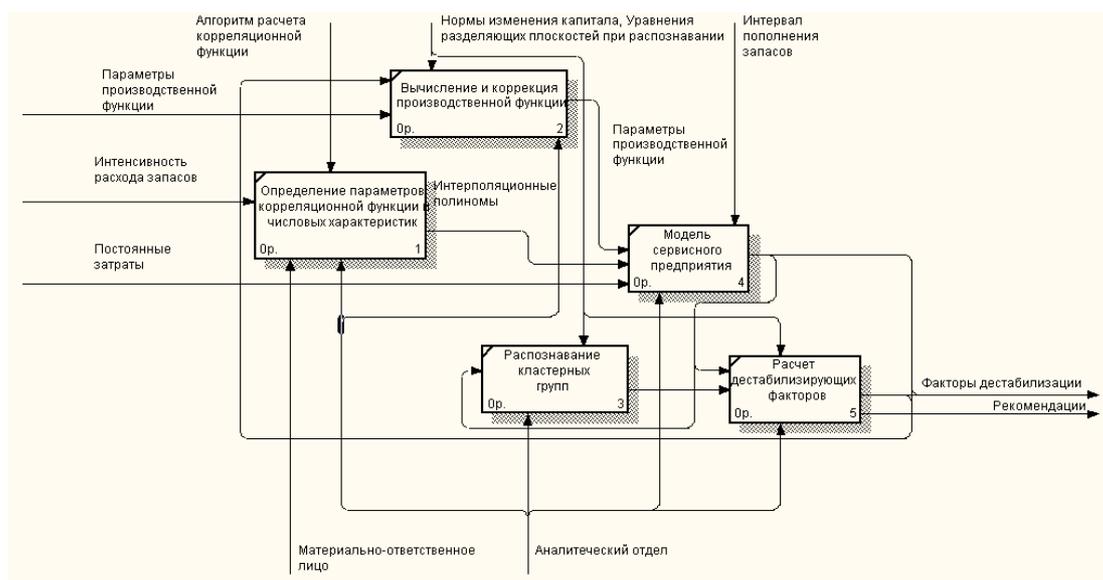


Рисунок 1 Структура статистических исследований финансовой устойчивости предприятий сервисного обслуживания

**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, БИЗНЕС-ИНФОРМАТИКА**

Таблица 2

Этапы вычисления оперативной вероятности финансовой устойчивости [6]

Этапы	Операция, блок	Алгоритм	Идентификаторы
1	Вычисление параметров производственной функции, блок 2	$Y = (\chi \cdot L^\varepsilon \cdot K^\vartheta \cdot V^\varphi) / T$	$L$ — численность специалистов в сервисном центре ; $\varepsilon, \vartheta, \varphi$ — эластичности аргументов; $K$ — капитал СПРБТ; $V$ — средняя величина заказа пополнения ремонтной базы сервисного предприятия
2	Аппроксимация корреляционной функции экзогенных параметров, блок 1	$R(\tau) = \sigma^2 e^{-\alpha\tau} \cos \beta\tau$	$\alpha, \beta$ — параметры корреляционной функции интенсивности расхода ремонтного запаса
3	Генерирование интерполяционных полиномов на основе статистических характеристик, блок 1	$\Theta_{ij} = \bar{\Theta} + \sigma \times$ $\times \left( \sin v_{ij}t + \lambda_j \cos v_{ij}t \right),$ $v = -\frac{\alpha}{\operatorname{tg} 2\pi \left( \frac{z+1}{2} \right)} \pm$ $\pm \sqrt{\frac{\alpha}{\operatorname{tg} 2\pi \left( \frac{z+1}{2} \right)} + \alpha^2 + \beta^2}$	$\bar{\Theta}$ — математическое ожидание входного параметра; $\sigma$ — среднее квадратическое отклонение; $t$ — текущее время; $\lambda_j$ — числа нормального закона распределения; $v_{ij}$ — частоты входных воздействий на модель, определяющиеся их автокорреляционной функцией
4	Статистические испытания на модели, блок 4	Выходные реализации: функции $Y_1(t), Y_2(t), \dots, Y_j(t)$	$MP(t)$ — маргинальная прибыль
5	Расчет вероятности финансовой устойчивости и дестабилизирующих факторов, блок 5	$P(t_1, t_2) = \sum_{m_i, m_j} \prod_{k=1}^n \Delta(t_k)_{m_i, m_j} P_{m_i, m_j}$ Амплитуда и частота спектральной плотности	$m_i, m_j$ — узлы интерполяционного полинома; $\Delta(t_k)_{m_i, m_j}$ — пороговые значения экономических показателей (маргинальная прибыль); $P_{m_i, m_j}$ — весовые коэффициенты; $n$ — количество узлов интерполяции; $t_1, t_2$ — обозначенный интервал исследования
6	Распознавание кластерных групп (разделяющая плоскость), формирование рекомендаций при принятии управленческих решений	Сравнение фактических параметров с разделяющими плоскостями дискриминантного анализа $\varphi = e_1 x_{1k} + e_2 x_{2k} + \dots + e_p x_{pk}$	$\varphi$ — значение канонической дискриминантной функции для объекта в классе $k$ ; $x_{1k}$ — значение дискриминантной переменной $x$ для исследуемого объекта в классе $k$ ; $e_p$ — коэффициенты, обеспечивающие выполнение требуемых условий для признаков $p$

В случае установления факта финансовой дестабилизации (например, вероятность финансовой устойчивости достигает уровня 0,8), используя корреляционную функцию и преобразования Фурье, удастся получить спектральную плотность маржинальной прибыли:

$$S = (\sigma^2 \cdot \sqrt{\pi} / \beta) \cdot e^{-\frac{\omega^2}{4\beta^2}},$$

где  $\omega$  — диапазон частот генерируемых интерполяционных полиномов.

Параметры спектральной плотности определяют характерные частоты и амплитуды маржинальной прибыли по видам сервисных услуг: замена механических узлов, энергетических блоков, элементов автоматики, резиновых соединений и пр.

Диагностическая процедура при статистических испытаниях состоит в том, что сравниваются текущие амплитуды и частоты выполняемых видов ремонтов с аналогичными параметрами периодов стабильной оперативной финансовой устойчивости и по вычисленному отклонению делается заключение о снижении частоты и объемов выполненных работ. Таким образом, для оценки оперативной финансовой устойчивости необходимо проводить комплекс вычислительных экспериментов на модели (4), позволяющих предсказать изменение производственной активности сервисного предприятия. Для этого необходимо выполнить ряд процедур:

- обеспечить накопление информации по расходу ремонтного запаса и использованию приборов отладки;

- определить параметры модели сервисного предприятия и вести коррекцию значений ее элементов;

- определить числовые характеристики корреляционной функции и случайных процессов интенсивности оказываемых услуг (математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение);

- провести статистические испытания на модели (подача детерминированных гармоник, количество которых определя-

ется предписанной точностью вычисления математического ожидания, на модель сервисного предприятия);

- по совокупности выходных гармоник определить вероятность динамической финансовой устойчивости предприятия сферы услуг, амплитудные и частотные характеристики выходного процесса (выполненных заказов);

- провести анализ дестабилизирующих факторов и установить центр ответственности и причины нестабильности.

Диагностирование кластерных составляющих (штат сотрудников, их квалификация, запасы ремонтных узлов и элементов бытовой техники, качество обслуживания, тарифы на услуги), как дестабилизирующих факторов финансового состояния предприятия, можно провести, используя методику распознавания образа, например, применяя модели дискриминантного анализа. Для этого предварительно нужно получить уравнения разделяющих плоскостей (рис. 1, блок 3; табл. 2, этап 6). На основании признаков строятся такие правила поверхности, которые помогут классифицировать новые векторы на классы. Обычно уравнение этой поверхности при  $i$  признаках имеет вид  $\varphi(x) = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_i)$ , что позволяет идентифицировать новый объект, характеризующийся вектором  $Y$ . Чтобы понять, к какому классу принадлежит данный объект, нужно проверить, по какую сторону от плоскости лежит данный вектор. Если лежит по одну сторону от плоскости, тогда  $Y \in M$  классу и наоборот [5].

**Выводы.** Распознавание дестабилизирующих факторов на основе вероятности оперативной финансовой устойчивости приобрело достаточно весомые диагностические признаки: вероятность финансовой устойчивости, фактический спектр частот и амплитуд выполняемых видов ремонтов — позволяющие непрерывно вести контроль бизнес-процессов сервисного предприятия.

Представленная имитационная модель и способ задания экзогенных случайных

процессов в виде интерполяционных полиномов позволит:

- с заданной точностью оперативно оценивать влияние экзогенных параметров на результаты формирования маржинальной прибыли, как признака финансовой устойчивости предприятия сферы услуг;
- проводить анализ интервалов дестабилизации оперативной финансовой устойчивости и оценивать изменения интен-

сивности проводимых ремонтных работ, являющихся основной причиной нестабильной ситуации;

- проводить коррекцию кластерных составляющих сервисного предприятия на основе данных дискриминантного метода распознавания образа;
- обобщать результативность работы сервисного предприятия.

### Библиографический список

1. МИА «Россия сегодня». Сетевое издание РИА Новости [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://realty.ria.ru/2023>.
2. Дуплякин, В. М. Алгоритмизация балльной оценки финансовой устойчивости [Текст] / В. М. Дуплякин, Д. В. Дуплякин // Актуальные проблемы и перспективы менеджмента организаций в России : сборник статей II-й Всероссийской научно-практ. конференции. Вып. 2. / под ред. Зибарева А. Г. — Самара : Самарский аэрокосмич. ун-т, 2006. — С. 22–27.
3. Капанадзе, Г. Д. Оценка финансовой устойчивости: методы и проблемы их применения [Текст] / Г. Д. Капанадзе // Российское предпринимательство. — 2013. — № 4 (226). — С. 52–58.
4. Шиков, Н. Н. Стохастические модели диагностирования хозяйственной деятельности предприятия [Текст] / Н. Н. Шиков, И. С. Зайцев // Экономические проблемы адаптации и развития высшей школы в условиях рынка. — Донецк : Институт экономико-правовых исследований НАН Украины, 2004. — С. 81–90.
5. Шиков, Н. Н. Способ соотнесения поставщиков материальных ресурсов с их классификационными группами [Текст] / Н. Н. Шиков // Экономический вестник ДонГТУ. — 2020. — № 5. — С. 79–84.
6. Шиков, Н. Н. Оперативная финансовая устойчивость аптечных сетей [Текст] / Н. Н. Шиков, В. Ю. Припотень // Торговля и рынок. — Донецк : ГО ВПО «ДНУЭТ им. М. Туган-Барановского», 2018. — Т. 2, № 3(47). — С. 104–114.

© Шиков Н. Н.

© Бойко Н. З.

© Шиков Р. Н.

Рекомендована к печати к.э.н., доц. каф. ИТ ДонГТИ Дьячковой В. В.,  
к.э.н., доц. каф. ЭУ ЛГУ им. В. Даля Белозерцевым О. В.

Статья поступила в редакцию 13.03.2023.

PhD in Engineering Shikov N. N., PhD in Engineering Boiko N. Z., Shikov R. N. (DonSTI, Alchevsk, LPR)

### PROBABILISTIC FEATURE OF FINANCIAL DESTABILIZATION OF SERVICE ENTERPRISES

*The proposed mathematical model is aimed at assessing the operational indicator of the financial stability of service enterprises, considering exogenous stochastic processes and features to identify destabilizing factors, which will contribute to a targeted policy of managing cluster components of services (staff, competence, stocks of repair units and household appliances, quality of service, tariffs for services, etc.)*

**Key words:** probability of financial stability, production function of service enterprises, interpolation polynomial, correlation function, cluster components.