

**АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ НА ОСНОВЕ МАРКОВСКИХ ЦЕПЕЙ**DOI: <https://doi.org/10.24891/kybyfc>EDN: <https://elibrary.ru/kybyfc>**Эдуард Евгеньевич ГАЛЕЕВ**

начальник управления, Акционерное общество «Научно-производственное объединение «Северо-Западный региональный центр Концерн ВКО «Алмаз-Антей» – Обуховский завод»,

Санкт-Петербург, Российская Федерация

e-mail: e.galeev@goz.ru

ORCID: отсутствует

SPIN: отсутствует

**История статьи:**

Пер. № 626/2025

Получена 03.10.2025

Одобрена 05.12.2025

Доступна онлайн

29.01.2026

**Специальность:** 5.2.3

УДК 33.330.4

JEL: C6, G17

**Ключевые слова:**финансовая  
устойчивость,  
математический  
аппарат марковских  
цепей, факторный  
анализ, стохастическое  
моделирование,  
управленческие  
решения**Аннотация****Предмет.** Динамика изменения финансового состояния предприятия, рассматриваемая через призму шести дискретных состояний – от стабильного до кризисного.**Цели.** Создание алгоритма, обеспечивающего повышение обоснованности управленческих решений. Решение задач по прогнозированию вероятностных переходов между состояниями предприятия, количественная оценка годовых рисков и определение вероятности достижения целевых показателей рентабельности.**Методология.** В основе работы лежит синтез методов стохастического моделирования, факторного и имитационного анализа. Методологический аппарат включает теорию марковских цепей, трехфакторную модель DuPont, а также метод Монте-Карло для учета неопределенности. Разработанный алгоритм реализует двухконтурное использование генератора случайных чисел, что позволяет отдельно моделировать внутренние бизнес-процессы и внешние рыночные шоки.**Результаты.** Разработанный алгоритм позволяет с высокой точностью определять вероятности переходов между состояниями предприятия, рассчитывать математическое ожидание годовых рисков и заданной рентабельности. Результаты демонстрируют, что учет многокомпонентной природы рентабельности в сочетании с моделированием ее вероятностной динамики предоставляет менеджменту более надежную основу для планирования и управления рисками.**Выводы.** Предложенный подход формирует новую методическую основу для стратегического финансового менеджмента в условиях неопределенности. Установлено, что интеграция марковских цепей, модели DuPont и метода Монте-Карло создает синергетический эффект, обеспечивая не только глубокий анализ текущего состояния, но и предиктивную аналитику. Полученные результаты открывают перспективы для внедрения разработанного алгоритма в практику финансового анализа и построения систем поддержки принятия управленческих решений.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2025

**Для цитирования:** Галеев Э.Е. Алгоритм оценки финансовой устойчивости предприятий промышленности России на основе марковских цепей // Экономический анализ: теория и практика. – 2026. – № 1. – С. 137 – 152. DOI: 10.24891/kybyfc EDN: KYBYFC

Современные вызовы цифровой эры, включая санкционное давление, разрывы цепочек поставок, импортозамещение, кибератаки, требуют кардинальной трансформации подходов к управлению финансовой устойчивостью предприятий. Традиционные методы финансового анализа, подробно рассмотренные в работах [1–3], оказываются недостаточно эффективными в условиях санкционных ограничений и растущей волатильности рынков. Исследования авторов [4, 5] заложили теоретический фундамент для разработки интегрированного подхода к управлению финансовой устойчивостью, сочетающего методы стохастического моделирования с технологиями. В условиях рынка, когда хозяйственная деятельность предприятия и его развитие осуществляются как за счет собственных, так и заемных средств, важной характеристикой финансовой устойчивости становится финансовая независимость предприятия от внешних заемных источников.

Авторы работ [6, 7] утверждают, что в процессе принятия операционных, инвестиционных и финансовых решений анализ финансовой устойчивости предприятия позволяет сформировать представление о его истинном финансовом положении и оценить финансовые риски, сопутствующие его финансовой деятельности.

В современных условиях развития российской экономики анализ финансовой устойчивости предприятий, о чем говорится в работе [8], приобретает особую актуальность в связи динамичным изменением внешней среды и возрастанием рисков. Стратегический менеджмент опирается на аналитические инструменты, которые помогают оценивать риски, рентабельность и устойчивость предприятия. Три ключевые модели – Альтмана, DuPont и CAPM, описанные в работах [9–11], – решают разные задачи, но в совокупности формируют основу для принятия управленческих решений.

Модель Z-счетов Альтмана ориентирована на банкротства, но не объясняет динамики рентабельности.

Модель CAPM – модель ценообразования капитальных активов, фокусируется на стоимости капитала, не учитывая операционную эффективность.

Модель DuPont объединяет операционные, инвестиционные и финансовые аспекты, что делает ее хорошим инструментом для анализа устойчивости в условиях неопределенности.

В развитие работы [12] исследования проблем прогнозирования финансовой устойчивости предлагается использовать модель DuPont за ее способность сочетать глубину анализа с простотой интерпретации, что важно для построения прогнозных моделей в условиях неопределенности. Ее интеграция с марковскими цепями создает гибкий инструмент стратегического менеджмента для многокритериальной оценки финансовой устойчивости, недоступный при использовании узкоспециализированных подходов.

В отличие от узконаправленных моделей (например, Z-счета Альтмана для прогнозирования банкротств или коэффициентов ликвидности для краткосрочной устойчивости), модель DuPont декомпозирует рентабельность собственного капитала по чистой прибыли на три ключевых компонента:

- рентабельность продаж по чистой прибыли (прибыльность операций)  $\rho_{Qpчп}$ ;
- оборачиваемость активов (эффективность использования ресурсов)  $K_{обА}$ ;
- финансовый леверидж (структура капитала)  $\mu_{Ксоб}$ .

Рентабельность собственного капитала по чистой прибыли по трехфакторной мультипликативной модели DuPont определяется как

$$\rho_{соб.кап.чп} = \rho_{Qpчп} \cdot K_{обА} \cdot \mu_{Ксоб}$$

Данная модель предоставляет инструмент для факторного анализа изменений финансового состояния предприятий, выявляя источники роста или снижения рентабельности собственного капитала по чистой прибыли. Такой анализ важен для прогнозирования будущей динамики финансовых показателей и принятия управленческих решений.

Прогнозирование финансовой устойчивости в условиях неопределенности требует учета взаимосвязанных факторов: динамики рынка, изменений спроса, кредитных рисков и внутренней эффек-

тивности бизнеса. Для решения этой задачи предлагается применить математический аппарат марковских цепей, который позволяет моделировать переходы предприятия между дискретными состояниями (например, «стабильное», «возникновение рисков», «возврат в стабильное состояние») на основе вероятностных закономерностей, подробно рассмотренных в работе [13].

Исходными данными для моделирования служат:

- возможные риски, способные существенно повлиять на текущее состояние предприятия;
- вектор начального состояния, отражающий вероятность нахождения предприятия в каждом из дискретных состояний;
- матрица переходных вероятностей, формируемая стратегическим менеджментом на основе фактических и исторических данных, экспертных оценок и сценарного анализа (вероятность перехода из одного дискретного состояния в другое за определенный период времени);
- планируемые значения рентабельности, заданные стратегическим менеджментом как целевые ориентиры;
- референсные значения рентабельности, определяющие пороговые границы рентабельности на основании экспертных оценок.

Модель марковских цепей учитывает стохастическую природу финансовых процессов: например, даже при высоком текущем уровне рентабельности существует ненулевая вероятность перехода в состояние с низкой рентабельностью из-за внешних воздействий (санкции, кризисы, колебание рынка, валютные колебания) или внутренних ошибок управления. Это позволяет не только прогнозировать наиболее вероятный сценарий, но и оценивать риски отклонения от целевых показателей. Интеграция с параметрами стратегического менеджмента (плановые рентабельности) обеспечивает связь между оперативными решениями и долгосрочными целями.

В рамках исследования задачи прогнозирования финансовой устойчивости предприятия разработан алгоритм (рис. 1), объединяющий стохастическое моделирование на основе марковских цепей, модели DuPont и имитационное моделирование по методу Монте-Карло. Алгоритм включает двойное обращение к генератору случайных чисел для получения случайной величины  $\hat{a}$ , характеризующей вероятность наступления объективных и субъективных событий. Под объективными с событиями понимается переход предприятия из «стабильного (позитивного) состояния» в «негативное» вследствие случайного возникновения рисков, а под субъективными – возвращение из «негативного» состояния в «стабильное (позитивное)» в результате компенсирующих мероприятий стратегического менеджмента.

Для реализации данного алгоритма были разработаны взаимосвязанные математическая модель, формализующая переходы между состояниями через стохастические матрицы, и программное обеспечение, обеспечивающие прогнозирование финансовой устойчивости<sup>1</sup>.

На первом этапе моделирования формируется временной горизонт прогнозирования. Зададим в алгоритме количество этапов прогнозируемого периода как  $N$ . Каждый этап обозначим индексом  $n$ , где  $n \in \{1, 2, \dots, N\}$ .

Предлагается без потери общности прогнозируемый период разделить на пять этапов, продолжительностью один год каждый.

Далее менеджментом предприятия на основе экспертных оценок определяются возможные риски, способные существенно повлиять на текущее состояние предприятия. В данной статье в качестве рисков деятельности предприятия будем рассматривать существенное изменение факторов  $K_{обА}$ ,  $R_{Qp}$ ,  $\mu_{Kсоб}$ , при этом целесообразно обозначить следующие шесть возможных состояний предприятия:

- $S_1$  – предприятие работает стабильно, реализованных рисков нет;

<sup>1</sup> Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024612317. Программа оценивания рентабельности собственного капитала по чистой прибыли интегрированной корпоративной структуры на основе марковской модели: № 2023685523: заявл. 22.11.2023, опубл. (зарег.) 31.01.2024 / Э.Е. Галеев, П.Н. Петухов; заявитель Э.Е. Галеев.

- $S_2$  – на предприятии реализован один риск существенного снижения портфеля заказов и существенное изменение показателя объема выручки  $Qp$ ;
- $S_3$  – в результате неудачной инвестиционной деятельности предприятия реализован риск существенного изменения показателя коэффициента оборачиваемости активов  $K_{обА}$ ;
- $S_4$  – для осуществления инвестиционной деятельности предприятия привлечено значительное количество заемных средств, тем самым реализован риск существенного изменения показателя финансового левериджа  $\mu_{КсОб}$ ;
- $S_5$  – реализованы два риска в любых сочетаниях;
- $S_6$  – реализованы три риска одновременно.

Матрица переходных вероятностей состояний предприятия в рамках модели марковских цепей формализуется как квадратная матрица:

$$\Pi_{[6,6]}(g) = \vee P_{ij}(g) \vee_6^6,$$

где  $P_{ij}$  – вероятность перехода предприятия из состояния  $i$  в состояние  $j$  на следующей итерации  $g$ .

На этапе построения математической модели матрица задается структурно, без конкретных числовых значений. Матрица позволяет смоделировать траекторию изменения состояний предприятия на несколько периодов вперед. Таким образом матрица переходных вероятностей служит математическим «каркасом» модели, который заполняется содержанием на этапе анализа данных и сценарного планирования, осуществляемого стратегическим менеджментом.

Размеченный граф состояний предприятия, отображающий возможные состояния системы, представлен на *рис. 2*.

Зададим начальное состояние как вектор  $\pi^{(0)} = \langle 1, 0, 0, 0, 0, 0 \rangle$ , где элементы соответствуют вероятностям нахождения предприятия в состояниях  $S_1, S_2, \dots, S_6$  на начальный момент времени  $g = 0$ , то есть находится в устойчивом состоянии, реализовавшиеся риски отсутствуют.

В соответствии с теорией марковских цепей [14] для того, чтобы получить вектор последующего состояния предприятия, необходимо вектор текущего состояния перемножить на матрицу переходных вероятностей.

В условиях неопределенности, рассмотренной в работе [15], когда получить точечные оценки значений переходных вероятностей не представляется возможным, исследователи переходят к использованию случайных переходных матриц  $\Pi^{(g)}$  [10], где на каждой итерации  $g$  генерируется новая матрица переходов. Для этого используется имитационное моделирование с многократным (10 000 итераций) повторением процедур расчета случайных вероятностей для  $g + 1$  переходной матрицы и умножения последующего вектора состояния  $\pi^{(g+1)}$  на матрицу переходных вероятностей  $\Pi^{(g)}$ :

$$\pi^{(g+1)} = \pi^{(g)} \Pi^{(g)}.$$

События переходов в негативные состояния  $S_2, S_3$  и  $S_4$  являются взаимозависимыми, так как вероятность перехода в одно состояние влияет на вероятность перехода в другое, так как сумма вероятностей в строке матрицы должна равняться 1. Основными событиями являются состояния  $S_2, S_3$  и  $S_4$ , каждое из которых соответствует реализации одного уникального риска. Событие  $S_5$  моделирует комбинацию двух рисков, а  $S_6$  – одновременное наступление трех рисков. Для упрощения моделирования граф из шести состояний декомпозируется на три независимых аналитических блока, где каждый блок (*рис. 3*) оценивает исходное состояние  $S_1$  (стабильное состояние) в сочетании с одним из рисков:

- блок 1:  $S_1$  и  $S_2$ ;
- блок 2:  $S_1$  и  $S_3$ ;
- блок 3:  $S_1$  и  $S_4$ .

Каждый блок функционирует в рамках четырех альтернативных сценариев:

- риск не реализован (сохранение состояния  $S_1$ );

- риск реализован (переход в состояние  $S_i$ , где  $i = 2, 3, 4$ );
- риск нейтрализован (переход из состояния  $S_i$ , где  $i = 2, 3, 4$  в состояние  $S_1$ );
- риск не нейтрализован (сохранение состояния  $S_i$ , где  $i = 2, 3, 4$ ).

При оценке финансовой устойчивости менеджмент предприятия оперирует историческими и прогнозными значениями рентабельности продаж по чистой прибыли, оборачиваемости активов, финансового левериджа, а также множеством управляющих воздействий, направленных на коррекцию этих параметров и должен стремиться к максимизации рентабельности собственного капитала на весь прогнозируемый период.

При реализации элементов 6 и 7 алгоритма менеджменту предприятия необходимо оценить вероятность наступления событий  $P_{11}, P_{21}, P_{31}, P_{41}$ , используя предлагаемые варианты интервалов значений вероятности события (табл. 1). Такая категоризация позволяет стандартизировать оценку рисков, упрощает сравнение событий и принятие решений на основе их вероятностного воздействия. При реализации элементов 9 и 10 алгоритма выполняется следующий процесс:

- задание вероятностей ключевых событий и использование ГСЧ: вероятности событий  $P_{11}, P_{21}, P_{31}, P_{41}$  генерируются как случайная величина  $\hat{a}$ , подчиненная равномерному закону распределения, в соответствии с заданными менеджментом интервалами (табл. 1). Например, для  $P_{11}$  используется равномерное распределение в диапазоне  $(0,9; 1,0]$ , принадлежащее категории «наверняка», утвержденное методом экспертной оценки (табл. 2);
- расчет вероятностей противоположных событий: вероятности событий, альтернативных  $P_{11}, P_{21}, P_{31}, P_{41}$ , определяются как  $1 - P_{11}, 1 - P_{21}, 1 - P_{31}, 1 - P_{41}$  (табл. 3).

После занесения данных в программу оценивания рентабельности собственного капитала по чистой прибыли ИКС на основе марковской модели, реализующей предложенный алгоритм [7], пользователю необходимо задать количество итераций  $G$  и начать симуляцию. Результат в виде усредненной матрицы распределения вероятности состояний предприятия автоматически заносится в табл. 4.

В элементе 17 алгоритма после получения усредненной матрицы распределения вероятности состояний предприятия происходит расчет математического ожидания рисков на основе разработанного автором механизма оценки ожидаемого количества рисков, который учитывает индивидуальные особенности предприятия:

- количество, виды рисков и состояний предприятия определяются спецификой деятельности предприятия;
- интерпретация рисков проводится менеджментом предприятия на основе экспертной оценки влияния рисков на финансовую устойчивость и заданного количества рисков.

Каждое состояние предприятия связано с определенным количеством реализованных рисков:

- $S_1$ : 0 рисков;
- $S_2, S_3, S_4$ : по 1 риску;
- $S_5$ : 2 риска;
- $S_6$ : 3 риска.

Математическое ожидание количества рисков для этапа прогнозируемого периода  $n$  вычисляется по формуле

$$M^n = \sum_{i=1}^I Q_i \cdot P(S_i^n),$$

где  $I$  – количество состояний предприятия, каждое состояние обозначим индексом  $i: i \in \{1, 2, \dots, I\}$ ;

$P(S_i^n)$  – вероятность нахождения предприятия в состоянии  $S_i$  на этапе прогнозируемого периода  $n$ ;

$Q_i$  – количество рисков для каждого состояния предприятия.

Математическое ожидание количества рисков для этапов прогнозируемого периода  $n$  представлено в табл. 5.

В данном исследовании разработан адаптивный механизм анализа рисков, позволяющий оценивать математическое ожидание рисков для предприятий с учетом их уникальных характеристик (отраслевая специфика, структура активов, долговая нагрузка). Несмотря на индивидуальные различия предприятий, интерпретация осуществляется в рамках единой методологической базы, заданной параметрами исследования. Механизм позволяет выявлять критическое количество рисков для конкретного предприятия, формировать компенсирующие воздействия для их нейтрализации.

Интерпретируем результаты расчета, используя в качестве исходных данных параметры моделирования, заданные в начале исследования, зададим пороговые границы количества рисков на основании экспертных оценок (табл. 6).

При реализации элемента 18 алгоритма менеджмент предприятия должен установить целевые значения рентабельности собственного капитала по чистой прибыли (табл. 7) на все этапы прогнозируемого периода.

Для оценки возможности предприятия достигать целевых значений рентабельности необходимо рассчитать (реализация элементов 19–22 алгоритма) референсные значения рентабельности собственного капитала по чистой прибыли для состояний  $S_1, \dots, S_6$  с учетом возможных рисков и их влияния на рентабельность. Референсные значения в данном исследовании носят рекомендательный характер и могут быть адаптированы под специфику конкретного предприятия.

Для определения референсных значений  $\mu_{\text{Ксобр}}$  в стабильном состоянии  $S_1$  разработан метод, сочетающий экспертные оценки и стохастическое моделирование на основе модели DuPont и метода Монте-Карло. Каждый из трех факторов моделируется с использованием различных распределений, что отражает специфику их поведения и уровень неопределенности (табл. 8).

*Процесс моделирования для стабильного состояния  $S_1$ :*

- генерация сценариев: для каждого фактора модели DuPont методом Монте-Карло генерируется  $G = 10\,000$  значений в соответствии с заданными распределениями;
- расчет рентабельности: для каждого сценария вычисляется рентабельность собственного капитала по чистой прибыли;
- определение референсных значений.

*Процесс моделирования для состояний  $S_2, \dots, S_6$ .* Для оценки влияния рисков на рентабельность собственного капитала по чистой прибыли в состояниях  $S_2, S_3$  и  $S_4$  используется метод Монте-Карло, каждое состояние связано с изменением одного из факторов модели DuPont:

- $S_2$  – риск снижения рентабельности продаж по чистой прибыли из-за падения выручки на 10–30%;
- $S_3$  – риск снижения оборачиваемости активов из-за увеличения стоимости активов на 10–30%;
- $S_4$  – риск роста финансового левериджа на 10–70% вследствие увеличения долговой нагрузки.

Сводные данные по референсным значениям рентабельности собственного капитала представлены в табл. 9.

Анализ факторной чувствительности показывает, как изменение каждого фактора влияет на рентабельность капитала по чистой прибыли (табл. 10).

*Интерпретация результатов:*

- $S_2$ : наиболее чувствительный фактор – рентабельность продаж. Снижение объема выручки приводит к падению рентабельности собственного капитала по чистой прибыли до 1,8%, что критично для финансовой устойчивости предприятия, требует срочных мер по восстановлению продаж;
- $S_3$ : снижение оборачиваемости активов оказывает умеренное влияние, приводит к незначительному снижению рентабельности собственного капитала по чистой прибыли до 7,4%, что

некритично для финансовой устойчивости предприятия, может быть компенсировано снижением издержек;

- $S_4$ : рост лeverиджа оказывает наименьшее влияние на рентабельность собственного капитала по чистой прибыли, но сопряжен с рисками банкротства, при превышении допустимого уровня долга необходим контроль соотношения заемного и собственного капитала;
- $S_5$ : сочетание двух рисков приводит к критическому падению рентабельности;
- $S_6$ : реализация трех рисков одновременно – высокая вероятность банкротства.

При реализации элементов 23 и 24 алгоритма проводится вероятностная оценка достижения целевой рентабельности на каждом этапе прогнозируемого периода.

Для этапа  $n$  вероятность достижения целевой рентабельности определяется как

$$P(R \geq R_{\text{заданное}}) = \sum_{n=1}^N R_i^n \geq R_{\text{заданное}} P(S_i^n),$$

где  $R_i^n$  – рентабельность в состоянии  $S_i$  на этапе  $n$ ;

$P(S_i^n)$  – вероятность состояния  $S_i$  на этапе  $n$ .

Вероятности достижения целевой рентабельности по этапам прогнозируемого периода представлены в *табл. 11*.

Математическое ожидание рентабельности в планируемый период:

$$M^n = \sum_{i=1}^6 R_i^n \cdot P(S_i^n).$$

Математическое ожидание рентабельности по этапам прогнозируемого периода представлено в *табл. 12*.

В результате проведенного исследования был разработан и программно реализован алгоритм прогнозирования финансовой устойчивости с двухконтурным использованием генератора случайных чисел. Разработанный алгоритм позволяет произвести оценку рисков и возможностей в условиях неопределенности, предоставив менеджменту предприятия данные для реалистичного стратегического планирования. Исследование продемонстрировало, что интеграция модели DuPont, метода Монте-Карло и марковских цепей позволяет диагностировать ключевые факторы финансовой устойчивости, прогнозировать риски и возможности в условиях неопределенности, оптимизировать управленческие решения на основе количественных показателей. Это создает основу для менеджмента предприятия на переход от реактивного к активному управлению, минимизируя риски и максимизируя рентабельность в долгосрочной перспективе.

### Таблица 1

#### Интервалы вероятностей для категоризации событий

Table 1

#### Probability intervals for categorizing events

Вариант предлагаемого интервала $k$	Категория вероятности наступления события	Интервал значений вероятности события $[x_k; y_k]$
1	Невероятно	[0; 0,1]
2	Низкая вероятность	(0,1; 0,3]
3	Вероятно	(0,3; 0,5]
4	Высокая вероятность	(0,5; 0,7]
5	Почти наверняка	(0,7; 0,9]
6	Наверняка	(0,9; 1,0]

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2

Пример заполнения данных в программном комплексе. Блок 1 ( $S_1, S_2$ )

Table 2

An example of filling in data in a software package. Block 1 ( $S_1, S_2$ )

Этап прогнозируемого периода $n$	Категория вероятности наступления события, задаваемая менеджментом на каждый этап прогнозируемого периода
$P_{11}$	
1	Наверняка
2	Высокая вероятность
3	Высокая вероятность
4	Высокая вероятность
5	Почти наверняка
$P_{21}$	
1	Наверняка
2	Высокая вероятность
3	Высокая вероятность
4	Высокая вероятность
5	Почти наверняка

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 3

Вероятности событий в аналитических блоках

Table 3

Probabilities of events in analytical blocks

Вероятность события	Значение вероятности
<b>Блок 1 (<math>S_1, S_2</math>)</b>	
$P_{11}$	$\hat{a} \in [x_k; y_k]$
$P_{12}$	$1 - P_{11}$
$P_{21}$	$\hat{a} \in [x_k; y_k]$
$P_{22}$	$1 - P_{21}$
<b>Блок 2 (<math>S_1, S_3</math>)</b>	
$P_{11}$	$\hat{a} \in [x_k; y_k]$
$P_{13}$	$1 - P_{11}$
$P_{31}$	$\hat{a} \in [x_k; y_k]$
$P_{33}$	$1 - P_{31}$
<b>Блок 3 (<math>S_1, S_4</math>)</b>	
$P_{11}$	$\hat{a} \in [x_k; y_k]$
$P_{14}$	$1 - P_{11}$
$P_{41}$	$\hat{a} \in [x_k; y_k]$
$P_{44}$	$1 - P_{41}$

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Таблица 4****Пример усредненной матрицы распределения вероятности состояний****Table 4****An example of an averaged probability distribution matrix of states**

Этап прогнозируемого периода $n$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$
1	0,85	0,05	0,05	0,04	0,01	0
2	0,56	0,34	0,03	0,03	0,03	0
3	0,27	0,14	0,36	0,01	0,20	0,01
4	0,09	0,04	0,05	0,35	0,38	0,09
5	0,01	0	0,03	0,11	0,69	0,16

*Источник:* авторская разработка*Source:* Authoring**Таблица 5****Математическое ожидание количества рисков для этапа прогнозируемого периода  $n$** **Table 5****Mathematical expectation of the number of risks for the stage of the forecast period  $n$** 

Этап прогнозируемого периода $n$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$	$M^n$
1	0,85	0,05	0,05	0,04	0,01	0	0,16
2	0,56	0,34	0,03	0,03	0,03	0	0,46
3	0,27	0,14	0,36	0,01	0,2	0,01	0,94
4	0,09	0,04	0,05	0,35	0,38	0,09	1,47
5	0,01	0	0,03	0,11	0,69	0,16	2

*Источник:* авторская разработка*Source:* Authoring**Таблица 6****Интерпретация результатов расчета для этапа прогнозируемого периода  $n$** **Table 6****Interpretation of the calculation results for the stage of the forecast period  $n$** 

Этап прогнозируемого периода $n$	$M^n$	Интерпретация расчета
1	0,16	Предприятие сохраняет устойчивость
2	0,46	Начинается накопление проблем
3	0,94	Значительное ухудшение
4	1,47	Критический уровень
5	2	Высокая вероятность банкротства

*Источник:* авторская разработка*Source:* Authoring

**Таблица 7**

**Пример целевых значений рентабельности собственного капитала по чистой прибыли на прогнозируемый период**

**Table 7**

**An example of target values of return on equity on net profit for the forecast period**

Этап	Значение
1	10,3
2	8,1
3	9,11
4	9,4
5	9,6

*Источник:* авторская разработка

*Source:* Authoring

**Таблица 8**

**Параметры распределения для состояния  $S_1$**

**Table 8**

**Distribution parameters for the  $S_1$  state**

Фактор модели DuPont	Распределение $\hat{a}$ при моделировании	Диапазон (параметры)
$\rho_{Qpчп}$	Нормальное	Среднее = 10%; отклонение = 2%
$K_{обл}$	Равномерное	min = 0,4; max = 1
$\mu_{Ксоб}$	Треугольное	min = 1,2; max = 2; mode = 1,6

*Источник:* авторская разработка

*Source:* Authoring

**Таблица 9**

**Референсные значения рентабельности собственного капитала по чистой прибыли с учетом рисков, %**

**Table 9**

**Reference values of return on equity on net profit, taking into account risks, percentage**

Состояние	Значение
$S_1$	11,2
$S_2$	1,8
$S_3$	7,4
$S_4$	10,5
$S_5$	0,769
$S_6$	0,014

*Источник:* авторская разработка

*Source:* Authoring

**Таблица 10**  
**Анализ факторной чувствительности**

**Table 10**  
**Factor sensitivity analysis**

Состояние предприятия	Фактор	Диапазон изменения	Влияние на рентабельность собственного капитала по чистой прибыли
$S_2$	Рентабельность продаж по чистой прибыли	[-30%; -10%]	Снижение на 9,4%
$S_3$	Коэффициент оборачиваемости активов	[-30%; -10%]	Снижение на 3,8%
$S_4$	Финансовый леверидж	[10%; 70%]	Снижение на 0,7%

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Таблица 11**  
**Вероятность достижения целевой рентабельности по этапам прогнозируемого периода**

**Table 11**  
**The probability of achieving the target profitability by stages of the forecast period**

Этап прогнозируемого периода $n$	$R \geq$	$P(S_i^n)$
1	10,3	0,89
2	8,1	0,59
3	9,1	0,28
4	9,4	0,44
5	9,6	0,12

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Таблица 12**  
**Математическое ожидание рентабельности по этапам прогнозируемого периода, %**

**Table 12**  
**Mathematical expectation of profitability by stages of the forecast period, percentage**

Этап	$R_1 \cdot S_1$	$R_2 \cdot S_2$	$R_3 \cdot S_3$	$R_4 \cdot S_4$	$R_5 \cdot S_5$	$R_6 \cdot S_6$	$M^n$
1	9,5	0,1	0,4	0,4	0	0	10,4
2	6,3	0,6	0,2	0,3	0	0	7,5
3	3	0,3	2,6	0,1	0,2	0,0001	6,2
4	1	0,1	0,4	3,7	0,3	0,001	5,4
5	0,1	0	0,2	1,2	0,5	0,002	2

Источник: авторская разработка

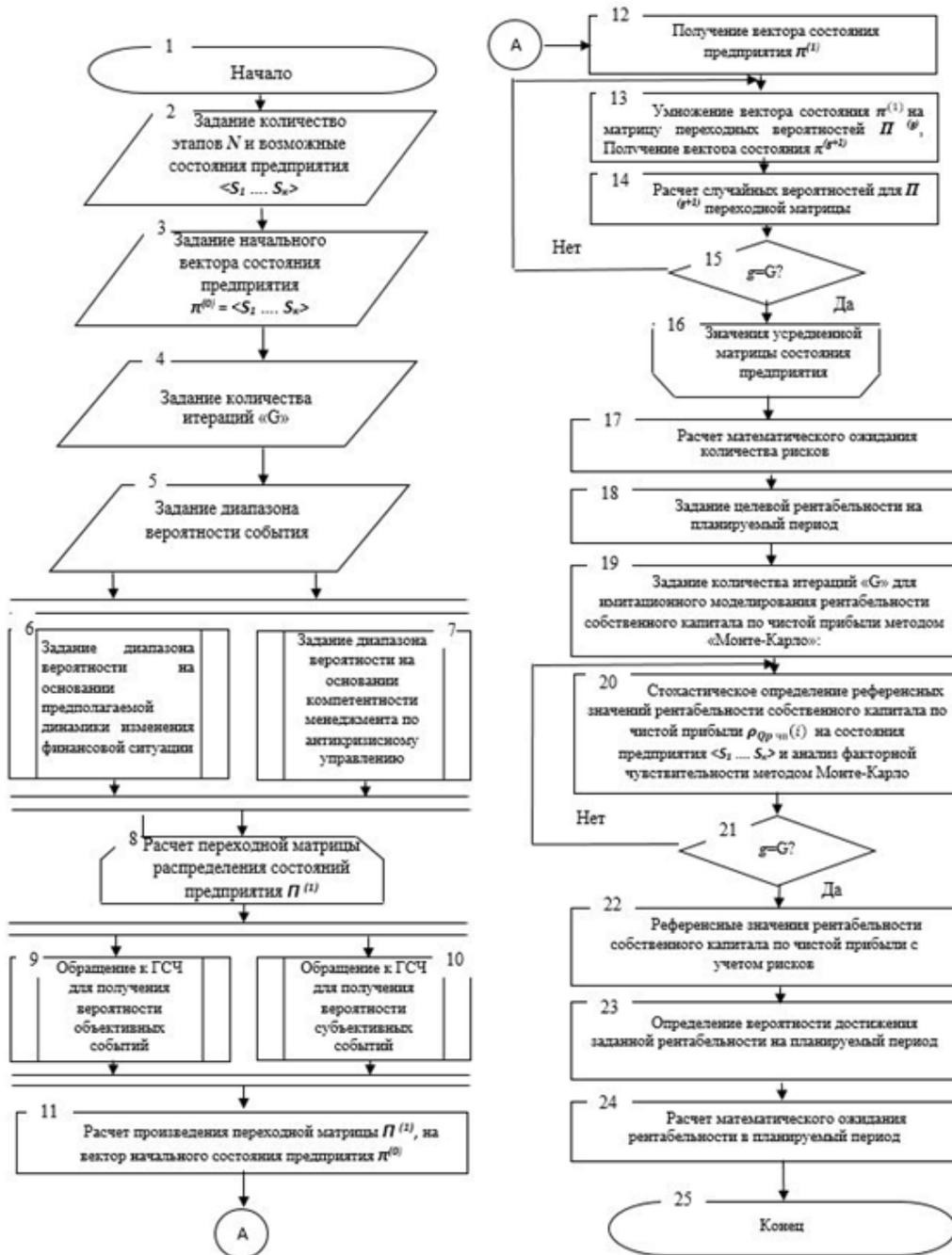
Source: Authoring

Рисунок 1

Двухконтурный стохастический алгоритм оценки финансовой устойчивости, объединяющий стохастическое моделирование на основе интеграции марковских цепей, модели DuPont и метода Монте-Карло

Figure 1

A two-circuit stochastic algorithm for assessing financial stability that combines stochastic modeling based on the integration of Markov chains, the DuPont model and the Monte Carlo method

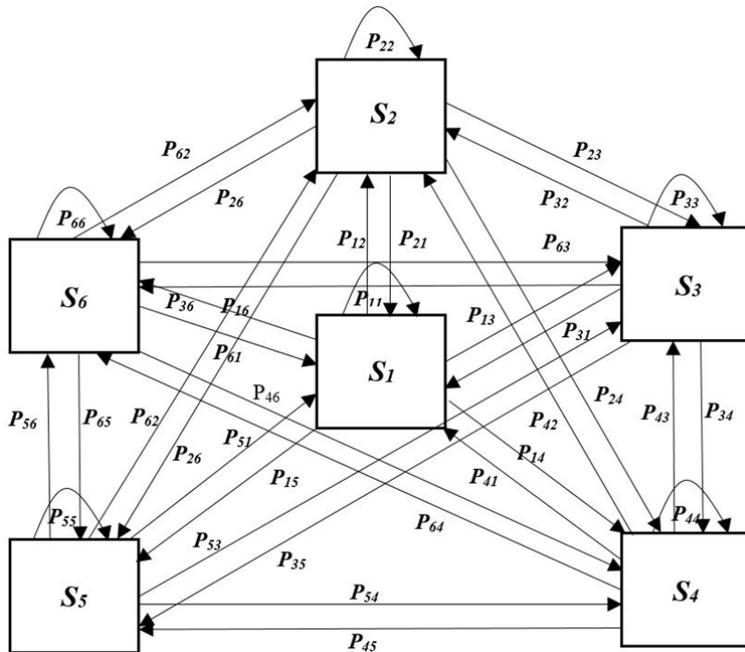


Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Рисунок 2**  
**Размеченный граф состояний предприятия**

**Figure 2**  
**A marked-up graph of enterprise states**

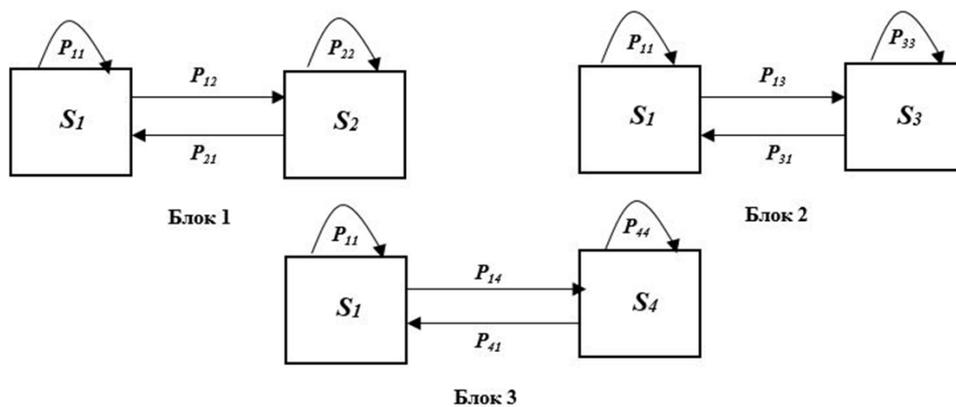


Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Рисунок 3**  
**Совокупность из трех независимых аналитических блоков**

**Figure 3**  
**A set of three independent analytical blocks**



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Список литературы**

1. Савицкая Г.В. Показатели финансовой эффективности предпринимательской деятельности: обоснование и методика расчета // Экономический анализ: теория и практика. 2012. № 39. С. 14–22. EDN: PDRPXL

2. Ковалев В.В., Молдобаев Т.Ш. Перспективы коэффицентного анализа // Экономический анализ: опыт и перспективы развития: монография / под ред. В.И. Бариленко, М.Н. Толмачева. М.: КноРус, 2022. 864 с. EDN: UQRGGF
3. Шеремет А.Д. Комплексный анализ показателей устойчивого развития предприятия // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 45. С. 2–10. EDN: SZUTVB
4. Негашев Е.В. Методика прогнозного анализа финансового состояния коммерческой организации с применением имитационного моделирования // Аудит и финансовый анализ. 2015. № 4. С. 137–146. EDN: VDUGPT
5. Файнберг Е.А., Ширяев А.Н. О прямых и обратных уравнениях Колмогорова для чисто скачкообразных марковских процессов и их обобщениях // Теория вероятностей и ее применения. 2023. Т. 68. № 4. С. 796–812. DOI: 10.4213/tvp5638 EDN: EDVILA
6. Войтоловский Н.В., Морозова В.Д., Таныгина М.В. Актуальные аспекты управления затратами на промышленных предприятиях в современных условиях рыночной экономики // Проблемы современной экономики. 2013. № 3. С. 194–197. EDN: RSUZQX
7. Ефимова О.В. Развитие инструментария финансового анализа и его информационного обеспечения для целей обоснования принимаемых решений // Экономика и управление: проблемы, решения. 2019. Т. 15. № 3. С. 12–20. EDN: ZLBNVZ
8. Цветцых А.В., Лобков К.Ю. Финансовая устойчивость предприятия: сущность и оценка // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2021. Т. 10. № 1. С. 371–374. DOI: 10.26140/anie-2021-1001-0092 EDN: DYAVCW
9. Пятницкий Д.В. Эволюция мультипликативных и структурных моделей Дюпона // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. 2022. № 2. С. 32–43. EDN: VOJOGQ
10. Большакова О.Е., Максимов А.Г., Максимова Н.В. О моделях диагностики состоятельности предприятий малого и среднего бизнеса // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2014. № 3. С. 131–142. EDN: TBPWST
11. Дунаев А.Ю. Применение CAPM в управлении инвестиционным портфелем // Russian Economic Bulletin. 2020. Т. 3. № 3. С. 200–204. EDN: TXXKRC
12. Грачев А.В. Методы динамической оценки финансовой устойчивости предприятия // Аудит и финансовый анализ. 2012. № 5. С. 140–149. EDN: QCJVFV
13. Шмидт А.В. Применение цепей Маркова при определении стратегии функционирования и развития предприятия по критерию экономической устойчивости // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2011. № 8. С. 145–153. EDN: OFZWUD
14. Казаков В.А. Введение в теорию марковских процессов и некоторые радиотехнические задачи. М.: Советское радио, 1973. 232 с.
15. Баушев С.В. Обоснование и выбор математического аппарата при проведении научных исследований // Радионавигация и время. Труды СЗРЦ Концерн ВКО «Алмаз-Антей». 2024. № 14. С. 15–37. EDN: STOQGN

#### **Информация о конфликте интересов**

Я, автор данной статьи, со всей ответственностью заявляю о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

## AN ALGORITHM FOR ASSESSING THE FINANCIAL STABILITY OF RUSSIAN INDUSTRIAL ENTERPRISES BASED ON MARKOV CHAINS

DOI: <https://doi.org/10.24891/kybyfc>

EDN: <https://elibrary.ru/kybyfc>

**Eduard E. GALEEV**

AO Research and Production Association – North Western Regional Center of "Almaz-Antey" Concern – Obukhovskiy Plant, St. Petersburg, Russian Federation

e-mail: [e.galeev@goz.ru](mailto:e.galeev@goz.ru)

ORCID: not available

### Article history:

Article No. 626/2025

Received 3 Oct 2025

Accepted 5 Dec 2025

Available online

29 Jan 2026

**JEL Classification:** C6,  
G17

**Keywords:** financial stability, mathematical apparatus of Markov chains, factor analysis, stochastic modeling, management decisions

### Abstract

**Subject.** The dynamics of changes in the financial condition of an enterprise, viewed through the prism of six discrete states – from stable to crisis.

**Objectives.** Creation of an algorithm to increase the validity of management decisions. Solving problems of predicting probabilistic transitions between enterprise conditions, quantifying annual risks and determining the likelihood of achieving profitability targets.

**Methods.** The work is based on the synthesis of methods of stochastic modeling, factor analysis and simulation analysis. The methodological framework includes the theory of Markov chains, the DuPont three-factor model, as well as the Monte Carlo method for uncertainty accounting. The developed algorithm implements the dual-circuit use of a random number generator, which allows for separate modeling of internal business processes and external market shocks.

**Results.** The developed algorithm makes it possible to determine with high accuracy the probability of transitions between the states of the enterprise, calculate the mathematical expectation of annual risks and a given profitability. The results demonstrate that taking into account the multicomponent nature of profitability, combined with modeling its probabilistic dynamics, provides management with a more reliable basis for risk planning and management.

**Conclusions.** The proposed approach forms a new methodological basis for strategic financial management in conditions of uncertainty. It is established that the integration of Markov chains, the DuPont model and the Monte Carlo method creates a synergetic effect, providing not only an in-depth analysis of the current state, but also predictive analytics. The results obtained open up prospects for the implementation of the developed algorithm in the practice of financial analysis and the construction of management decision support systems.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2025

**Please cite this article as:** Galeev E.E. An algorithm for assessing the financial stability of Russian industrial enterprises based on Markov chains. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2026, iss. 1, pp. 137–152. DOI: 10.24891/kybyfc EDN: KYBYFC

### References

1. Savitskaya G.V. [Indicators of financial efficiency of entrepreneurial activity: justification and calculation methodology]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika*, 2012, no. 39, pp. 14–22. (In Russ.) EDN: PDRPXL

2. Kovalev V.V., Moldobaev T.Sh. *Perspektivy koeffitsientnogo analiza. V kn.: Ekonomicheskii analiz: opyt i perspektivy razvitiya: monografiya* [Prospects of coefficient analysis. In: Economic analysis: experience and development prospects: a monograph]. Moscow, KnoRus Publ., 2022, 864 p. EDN: UQRGGF
3. Sheremet A.D. [A complex analysis of sustainable development indicators of an enterprise]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika*, 2014, no. 45, pp. 2–10. (In Russ.) EDN: SZUTVB
4. Negashev E.V. [The method of predictive analysis of the financial state of a commercial organization with the use of simulation]. *Audit i finansovyi analiz*, 2015, no. 4, pp. 137–146. (In Russ.) EDN: VDUGPT
5. Fainberg E.A., Shiryaev A.N. [On forward and backward Kolmogorov equations for purely jump Markov processes and their generalizations]. *Teoriya veroyatnostei i ee primeneniya*, 2023, vol. 68, no. 4, pp. 796–812. (In Russ.) DOI: 10.4213/typ5638 EDN: EDVILA
6. Voitolovskii N.V., Morozova V.D., Tanygina M.V. [Topical aspects of cost management at the industrial enterprises in contemporary market economy]. *Problemy sovremennoi ekonomiki*, 2013, no. 3, pp. 194–197. (In Russ.) EDN: RSUZQX
7. Efimova O.V. [The tools and information support of financial analysis for decision making]. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*, 2019, vol. 15, no. 3, pp. 12–20. (In Russ.) EDN: ZLBNVZ
8. Tsvettsykh A.V., Lobkov K. Yu. [Financial stability of the enterprise: essence and assessment]. *Azimut nauchnykh issledovaniy: ekonomika i upravlenie*, 2021, vol. 10, no. 1, pp. 371–374. (In Russ.) DOI: 10.26140/anie-2021-1001-0092 EDN: DYAVCW
9. Pyatnitskii D.V. [Evolution of multiplicative and structural DuPont models]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Seriya: Ekonomika, finansy i upravlenie proizvodstvom*, 2022, no. 2, pp. 32–43. (In Russ.) EDN: BOJOGQ
10. Bol'shakova O.E., Maksimov A.G., Maksimova N.V. [About models of diagnostics of firms' profitability of small and medium size businesses]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravlenie*, 2014, no. 3, pp. 131–142. (In Russ.) EDN: TBPWST
11. Dunaev A. Yu. [Application of capm in investment portfolio management]. *Russian Economic Bulletin*, 2020, vol. 3, no. 3, pp. 200–204. (In Russ.) EDN: TXXKRC
12. Grachev A.V. [Methods of a dynamic estimation of financial soundness of the enterprise]. *Audit i finansovyi analiz*, 2012, no. 5, pp. 140–149. (In Russ.) EDN: QCJVFV
13. Shmidt A.V. [The use of Markov chains in determining the strategy of functioning and development of an enterprise by the criterion of economic sustainability]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i menedzhment*, 2011, no. 8, pp. 145–153. (In Russ.) EDN: OFZWUD
14. Kazakov V.A. *Vvedenie v teoriyu markovskikh protsessov i nekotorye radiotekhnicheskie zadachi* [Introduction to the theory of Markov processes and some radio engineering tasks]. Moscow, Sovetskoe radio Publ., 1973, 232 p.
15. Baushev S.V. [Justification and selection of mathematical apparatus when conducting scientific research]. *Radionavigatsiya i vremya. Trudy SZRTs Kontserna VKO Almaz-Antei*, 2024, no. 14, pp. 15–37. (In Russ.) EDN: STOQGN

### Conflict-of-interest notification

I, the author of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.