

## ВРЕМЕННОЕ РЕЗЕРВИРОВАНИЕ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*В.А. Чурюкин, А.В. Шмидт*

*Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск*

Рассмотрены вопросы конструирования стохастической модели устойчивости промышленного предприятия с временным резервированием. Анализ экономической устойчивости предприятия связан с рассмотрением ожидаемых движений системы по состояниям. Признаком устойчивости принято выполнение двух условий, нахождение предприятия на каждом этапе расчета в эффективных состояниях и попадание значения наращенного за прогнозный период результата предприятия в область цели. Приведены условия, с учетом которых назначается длина этапа в марковской модели экономической системы.

Создание внутренних запасов выходной продукции приводит к возникновению у предприятия избыточного времени. Временное резервирование уменьшает вероятности отказов и увеличивает вероятности восстановления работоспособности предприятия, что позволяет оптимизировать уровень экономической устойчивости предприятия. Стохастическая модель, рассмотренная в статье, создает необходимую базу для определения распределения вероятностей состояний предприятия с временным резервированием, их эволюции во времени, вскрытия временных резервов предприятия.

**Ключевые слова:** временное резервирование, запас продукции, марковский процесс, моделирование, неопределенность, промышленное предприятие, случайный процесс, фазовое пространство состояний системы, стохастическая модель, экономическая устойчивость.

Объективно существующая и принципиально неустранимая неопределенность оказывает возмущающее воздействие на движение промышленных предприятий к цели [1–3]. Одним из методов повышения устойчивости промышленных предприятий может быть заблаговременно создаваемая временная избыточность, заключающаяся в создании и использования запасов продукции в выходных накопителях системы. Временная избыточность особенно важна для промышленных предприятий с четкой регламентацией выпуска продукции, а также для подразделений предприятия, связанных технологическим процессом. При согласовании связей между поставщиками и потребителями суммарные потери могут составлять значительную величину. У предприятия с временной избыточностью при частичном или даже полном прекращении функционирования продукция будет поступать потребителям до тех пор, пока не исчерпаются ее запасы. При этом предприятие условно можно считать как бы работоспособным, а образовавшийся запас времени использовать для его восстановления. Пополнение запасов в накопителях осуществляется за счет избыточной производительности системы. Структурно промышленное предприятие с временной избыточностью может рассматриваться как совокупность исходного объекта и резерва времени.

Временное резервирование широко применяется в технических системах [4–6], однако прямой перенос методов резервирования с технических систем на экономические не всегда корректен. Резервирование в технических системах – это метод повышения надежности объекта. При этом рассматриваются и изучаются вероятностные харак-

теристики, определяющие свойства безотказности или долговечности (вероятность безотказной работы объекта на заданном временном интервале, коэффициент готовности, срок службы и др.). Резервирование в экономических системах рассматривается, прежде всего, как метод повышения экономической устойчивости, при этом наряду с вероятностными характеристиками исследуются и стоимостные характеристики. Отказы в экономических системах – это не прекращение работы, а выход результата функционирования предприятия за допустимый предел. Вопросы влияния временной избыточности на экономическую устойчивость промышленных предприятий во многом специфичны, сложны и до настоящего времени мало изучены. Целью исследования является анализ влияния временного резервирования на экономическую устойчивость промышленного предприятия.

Устойчивость промышленного предприятия – это его способность в условиях неопределенности окружающей среды и внутреннего состояния удерживать заданные параметры в допустимой области и достигать планируемых результатов. Анализ устойчивости связан с рассмотрением ожидаемых движений предприятия при различных возмущениях. Если промышленное предприятие не может своими силами вернуться или приблизиться к траектории заданного (исходного) движения, то оно неустойчиво. Для того чтобы повысить устойчивость, необходимо совершенствовать систему изнутри. Поддержание устойчивости предприятия составляет в основном его внутреннюю цель.

Принято, что признаками устойчивости являются: нахождение предприятия на каждом этапе в

работоспособных состояниях (вероятность нахождения в неработоспособных состояниях должна быть малой величиной, которой можно пренебречь); попадание значения наращенного за прогнозный период дохода предприятия в область цели. То есть промышленное предприятие устойчиво, если выполняются два условия:

$$P_{Sm}(k) < P_k^n \quad k=1, \dots, n, \quad (1)$$

$$M[D] \in W, \quad (2)$$

где  $P_{Sm}(k)$  – вероятность нахождения предприятия в неработоспособном состоянии на этапе  $k$ ;  $P_k^n$  – допустимая вероятность нахождения системы в неработоспособном состоянии на этапе  $k$ ;  $M[D]$  – наращенный за прогнозный период результат функционирования предприятия,  $W$  – область допустимых значений наращенного результата предприятия за прогнозный период (область цели).

Рассмотрим проверку условия (1), выполнение которого свидетельствует о локальной устойчивости предприятия на этапах. Принятые допущения: промышленное предприятие допускает классификацию на конечное (или счетное) число состояний; случайный процесс, протекающий в системе, обладает свойством отсутствия последствия; на предприятии имеется запас выходной продукции, т. е. создан временной резерв.

Для моделирования устойчивости экономических систем [7, 8] используется аппарат марковских случайных процессов. Строя марковскую модель, следует определиться с понятием «состояние системы», выявить все состояния, в которых может находиться промышленное предприятие, задать начальное состояние системы, установить механизм перехода системы из одного состояния в другое.

Состояние экономической системы – это характеристика системы на данном этапе ее функционирования, совокупность значений величин, характерных для данной системы, называемых параметрами состояния. Параметром состояния предприятия может быть доход, объем выпуска продукции, объем продаж, добавленная стоимость и т. п. Состояния системы могут описываться качественно или количественно, качественное описание состояния системы, по своей сути, всегда дискретно, что удобно для рассматриваемой модели.

Пусть имеется промышленное предприятие  $S$  с дискретными состояниями  $S_1, S_2, \dots, S_m$  и дискретным временем  $t_1, t_2, \dots, t_n$ . В качестве аргумента, от которого зависит процесс, можно принять не время  $t$ , а номер шага  $1, 2, \dots, n$ . Реализация рисков предприятия: технических, коммерческих, общественно-политических, стихийные бедствия и т. п., влияет на отклонение выходных параметров

предприятия, и если эти возмущения привели к смене состояния, то такое событие рассматривается как возникшая неисправность. Состояние неисправности обозначается термином «отказ». Процесс обнаружения и устранения отказа, обуславливающий переход системы в более эффективное состояние, называется восстановлением. Последовательность состояний  $S_i, t_i \geq t_1$ , можно рассматривать как траекторию случайного процесса. Следующие один за другим отказы образуют поток отказов, аналогично события восстановлений образуют поток восстановлений. В результате конкретизируется случайный процесс, описывающий эволюцию системы во времени. Движение системы – это некая абстракция, описывающая изменение ее состояния. Считаем, что случайные переходы системы из состояния в состояние могут происходить в начале этапа, эти моменты называются шагами процесса, время между двумя соседними шагами называется этапом.

Длина этапа  $\Delta t$  экономической системы назначается с учетом условия, вероятность нескольких переходов из состояния в состояние на этапе должна быть малой величиной, которой можно пренебречь [9, 10]. Длину этапа допускается увеличивать для согласования с отчетными периодами, принятыми на промышленном предприятии (неделя, декада). От длины этапа зависят величины условных вероятностей перехода системы из одного состояния в другое.

Для описания случайного процесса, протекающего в системе с дискретными состояниями, пользуются вероятностями состояний  $P_i(k)$ , где  $P_i(k)$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) – вероятность того, что на этапе  $k$  промышленное предприятие находится в состоянии  $S_i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ).

Марковская цепь задается вектор-строкой вероятностей начальных «стартовых» состояний системы

$$P_{<m>}(0) = \langle P_1(0), P_2(0), \dots, P_m(0) \rangle \quad (3)$$

и матрицами переходных вероятностей

$$P_{m \times m}(k) = [p_{ij}(k)] \quad (k = 1, 2, \dots, n). \quad (4)$$

Каждая строка матриц переходных вероятностей характеризует выбранное состояние системы ( $S_i$ ), а ее элемент  $p_{ij}$  равен вероятности перехода системы за один шаг из выбранного состояния  $S_i$  в состояние  $S_j$  ( $j=1, 2, \dots, m$ ). По главной диагонали матрицы стоят вероятности задержки системы в том же состоянии ( $p_{11}, p_{22}, p_{33}$  и т. д.). Вероятности переходов связаны с интенсивностями потоков событий. Потоки отказов и восстановлений в системе простейшие. Для определения интенсивностей потоков событий используются статистические данные. При отсутствии или недостаточности статистических данных используют экспертные оценки.

Переходные вероятности могут быть как неизменными на всех шагах, в этом случае марковская цепь называется однородной, так и перемен-

ными. Все переходные вероятности являются условными, так как каждая из них связана с переходом из одного определенного состояния в другое. Вероятности состояний системы

$$P_{<m>}(k) = P_{<m>}(k-1) \Pi_{mxm}(k) \quad (k = 1, 2, \dots, n). \quad (5)$$

Уравнение (5) относится к классу так называемых рекуррентных соотношений, позволяющих вычислить вероятности состояний марковского случайного процесса на любом шаге при наличии информации о предшествующих состояниях.

Результатом анализа модели эволюции промышленного предприятия является оценка влияния резерва времени на распределения вероятностей состояний. Так, для предприятия, функционирующего в стационарном режиме и находящегося под воздействием простейших потоков отказов и восстановлений в одном из двух состояний (работоспособном и неработоспособном), вероятности состояний равны

$$P_1 = P_{1*} + (\tau / (T_p + T_b)), \quad (\tau \leq T_{b*}) \quad (6)$$

$$P_2 = P_{2*} - (\tau / (T_p + T_b)), \quad (7)$$

где  $P_1, P_2$  – вероятности нахождения предприятия с временным резервированием в работоспособном и неработоспособном состояниях;  $P_{1*}, P_{2*}$  – вероятности нахождения предприятия без временного резервирования в работоспособном и неработоспособном состояниях;  $\tau$  – математическое ожидание резерва времени;  $T_p$  – среднее время безотказной работы предприятия с временным резервированием;  $T_b$  – среднее время восстановления предприятия с временным резервированием  $T_{b*}$  – среднее время восстановления предприятия без резервирования. Как следует из формул (6) и (7), резерв времени  $\tau$  повышает вероятность нахождения предприятия в работоспособном состоянии на величину  $\tau / (T_p + T_b)$  и соответственно настолько же снижает вероятность нахождения предприятия в неработоспособном состоянии. Локальная устойчивость предприятия с временным резервированием обеспечена, если

$$P_2 = P_{2*} - (\tau / (T_p + T_b)) < P_K^n. \quad (8)$$

Проверка второго условия экономической устойчивости предприятия (2) заключается в оценки попадания значения наращенного за прогнозный период результата предприятия в область цели.

Рассмотрим марковскую цепь, в которой каждый переход из одного состояния в другое сопровождается доходом или убытком [7]. Величина генерируемого денежного потока зависит от состояния, в котором находится промышленное предприятие. Очевидно, что в благополучном состоянии генерируется большой денежный поток, чем в неблагополучном состоянии. Кроме этого, переход системы из одного состояния в другое, вызванный снижением эффективности или восстановлением эффективного состояния предприятия, сопровождается потерей части денежных средств. Для определения прогнозируемого денежного по-

тока в случае марковского процесса с дискретным временем дадим вероятностям перехода  $p_{ij}$  оценку  $d_{ij}$ , являющуюся прогнозным значением денежного потока, генерируемого системой на данном этапе при переходе из состояния  $S_i$  в состояние  $S_j$ . Временное резервирование изменяет не только элементы  $p_{ij}$ , но и элементы  $d_{ij}$ . Изменение элементов  $d_{ij}$  связано с сокращением потерь, обусловленных неритмичными поставками продукции, появлением дополнительных затрат на хранение запасов продукции, обслуживание накопителей, временное исключение продукции, образующий запас, из производственного цикла.

Сумма значений денежных потоков на всех переходах рассматриваемого этапа определяет денежный поток на данном этапе

$$CF_{<m>}(i) = P_{<m>}(i-1) \begin{bmatrix} p_{11}d_{11} & p_{12}d_{12} & \dots & p_{1m}d_{1m} \\ p_{21}d_{21} & p_{22}d_{22} & \dots & p_{2m}d_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{m1}d_{m1} & p_{m2}d_{m2} & \dots & p_{mm}d_{mm} \end{bmatrix} =$$

$$< CF_1(i), CF_2(i), \dots, CF_m(i) > \quad (i = 1, \dots, n), \quad (9)$$

где  $CF_{<m>}(i)$  – вектор значений денежного потока на  $i$ -м этапе.

Значения  $p_{ij}$  и  $d_{ij}$  могут быть как постоянными на всех этапах, так и переменными, что является более реалистичным.

Среднее значение денежного дохода предприятия на  $i$ -м этапе

$$M[CF(i)] = CF_1(i) + CF_2(i) + \dots + CF_m(i). \quad (10)$$

Прогнозируемая устойчивость относительно цели обеспечена, если

$$M[D] = \sum_{i=1}^n \frac{M[CF(i)]}{(1+z_i)^i} \in W, \quad (11)$$

где  $z_i$  – безрисковая норма дисконта на  $i$ -м шаге;  $n = t_n / \Delta t$  – число рассматриваемых шагов в прогнозном периоде;  $t_n$  – время прогнозного периода.

Рассмотренная модель позволяет оценить влияние временного резервирования на повышение устойчивости предприятия, оптимизировать уровень назначаемого резерва времени, вскрыть имеющиеся на предприятии резервы времени, описать эволюцию промышленного предприятия во времени.

### Литература

1. Глазкова, И.Ю. Построение стохастической модели анализа риска инвестиций / И.Ю. Глазкова, И.Б. Брежнева, В.А. Королев // Экономический анализ: теория и практика. – 1(82) – 2007.
2. Маркелова, И.В. Одноплановые стохастические задачи в экономике / И.В. Маркелова, И.А. Гарькина // Молодой ученый. – 2014. – № 4. – С. 31–33.
3. Секерин, А.Б. Вероятностная модель управления риском экономической несостоятельности промышленного предприятия и методиче-

ские рекомендации по ее применению. – Орел: ОГУ, 2006. – 24 с.

4. Надежность технических систем: справочник / под ред. И.А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 608 с.

5. Надежность и эффективность в технике: Справочник. Т. 5. Проектный анализ надежности / под ред. В.И. Патрушева. – М.: Машиностроение, 1988. – 316 с.

6. Надежность и эффективность в технике: Справочник. Т. 1. Методология, организация, терминология / под ред. А.И. Ремебезы. – М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.

7. Соколов, Г.А. Теория вероятностей. Управляемые цепи Маркова в экономике / Г.А. Соколов, Н.А. Чистякова. – М.: Физматлит, 2005. – 248 с.

8. Шмидт, А.В. Алгоритм оценки и прогнозирования экономической устойчивости промышленного предприятия с применением аппарата Марковских случайных процессов / А.В. Шмидт, Т.А. Худякова, В.А. Чурюкин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2007. – Вып. 2. – №10 (82). – С. 65–71.

9. Чурюкин, В.А. Марковская модель устойчивости экономической системы // Mechanism of Sustainable Development of Economic Systems Formation – Collective monograph – Vol. 2. Verlag SWG imex GmbH, Nürnberg, Deutschland, 2014. – P. 363–368.

10. Шмидт, А.В. Марковские модели промышленных предприятий / А.В. Шмидт, В.А. Чурюкин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2015. – Т. 9, № 3. – С. 100–103.

**Чурюкин Валерий Алексеевич.** Кандидат технических наук, доцент кафедры «Экономика и финансы», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), vchuryukin@mail.ru.

**Шмидт Андрей Владимирович.** Доктор экономических наук, доцент, проректор по учебной работе, заведующий кафедрой экономики и менеджмента туризма, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), kafedra.ems@yandex.ru.

Поступила в редакцию 29 марта 2016 г.

---

DOI: 10.14529/em160212

## TIME RESERVATION AS A WAY OF INCREASING ECONOMIC SUSTAINABILITY OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

V.A. Churyukin, A.V. Shmidt

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The paper deals with development of a stochastic model of sustainability of an industrial enterprise with time reservation. The analysis of economic sustainability of the enterprise is connected with consideration of expected motions of the system relative to conditions. The sustainability criterion is fulfillment of two conditions, i.e. be at each stage of calculation in effective conditions, and a value of the accumulated during a forecast period result of the enterprise should be at the target domain. The author describes conditions on the basis of which a stage length in the Markov model of the economic system is specified.

The accumulation of internal stocks of finished products leads to a fact that the enterprise has excess time. The time reservation reduces probability of failure and increases probability of performance restoration, which helps to optimize the level of economic sustainability of the enterprise. The considered in the article stochastic model creates a necessary base for classification of probability of the enterprise states with time reserve, their evolution in time, and determination of time reserves of the enterprise.

**Keywords:** time reserve, stock of products, Markov process, modeling, uncertainty, industrial enterprise, random process, phase field of system condition, stochastic model, economic stability.

### References

1. Glazkova I.Yu., Brezhneva I.B., Korolev V.A. Postroenie stokhasticheskoy modeli analiza riska investitsiy [Stochastic models building of investments risk analysis]. *Ekonomicheskij analiz: teoriya i praktika* [Economic analyses: theory and practice], 2007, no. 1(82).

2. Markelova I.V., Gar'kina I.A. Odnoplanovye stokhasticheskie zadachi v ekonomike [Single-planned stochastic tasks in economics]. *Molodoy uchenyy* [Young scientist], 2014, no. 4, pp. 31–33.

3. Sekerin A.B. *Veroyatnostnaya model' upravleniya riskom ekonomicheskoy nesostoyatel'nosti promyshlennogo predpriyatiya i metodicheskie rekomendatsii po ee primeneniyu* [Probabilistic model of risk management for economic insolvency of industrial enterprise and methodological recommendations for use]. Orel, 2006. 24 p.
4. Ushakov I.A. (Ed.) *Nadezhnost' tekhnicheskikh sistem* [Reliability of Engineering Systems]. Moscow, Radio i svyaz' Publ., 1985, p. 608.
5. Patrushev V.I. (Ed.) *Nadezhnost' i effektivnost' v tekhnike. T. 5. Proektnyy analiz nadezhnosti* [Reliability and Effectiveness in Engineering. Vol. 5. Project Analysis of Reliability]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1988, p. 316.
6. Remebeza A.I. *Nadezhnost' i effektivnost' v tekhnike: Spravochnik. T. I. Metodologiya, organizatsiya, terminologiya* [Reliability and Effectiveness in Engineering: Reference Book. Vol. I. Methodology, Organization, Terminology]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1986, p. 224.
7. Sokolov G.A., Chistyakova N.A. *Teoriya veroyatnostey. Upravlyaemye tsepi Markova v ekonomike* [Probability theory. Controlled Markov's chains in economics]. Moscow, 2005. 248 p.
8. Shmidt A.V., Khudyakova T.A., Churyukin V.A. Algoritm otsenki i prognozirovaniya ekonomicheskoy ustoychivosti promyshlennogo predpriyatiya s primeneniem apparata Markovskikh sluchaynykh protsessov [Algorithms of assessment and forecasting of economic stability of the industrial enterprise using Markov's random processes device]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2007, no. 10 (82), iss. 2, pp. 65–71.
9. Churyukin V.A. Markovskaya model' ustoychivosti ekonomicheskoy sistemy [Markov model of stability of the economic system]. *Mechanism of Sustainable Development of Economic Systems Formation. Collective monograph*. Verlag SWG imex GmbH, Nürnberg, Deutschland, 2014, vol. 2, pp. 363–368.
10. Shmidt A.V., Churyukin V.A. Markov's Models of Economic Systems. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2015, vol. 9, no. 3, pp. 100–105.

**Valery A. Churyukin.** Candidate of Sciences (Engineering), associate professor, Department of Economics and Finances, South Ural State University (Chelyabinsk), vchuryukin@mail.ru

**Andrey V. Shmidt.** Doctor of Sciences (Economics), associate professor, Vice-Rector for Academic Affairs, head of the Department of Economics and Management Tourism, South Ural State University (Chelyabinsk), kaferda.ems@yandex.ru

*Received 29 March 2016*

---

#### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Чурюкин, В.А. Временное резервирование как способ повышения экономической устойчивости промышленного предприятия / В.А. Чурюкин, А.В. Шмидт // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2016. – Т. 10, № 2. – С. 93–97. DOI: 10.14529/em160212

#### FOR CITATION

Churyukin V.A., Shmidt A.V. Time Reservation as a Way of Increasing Economic Sustainability of an Industrial Enterprise. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2016, vol. 10, no. 2, pp. 93–97. (in Russ.). DOI: 10.14529/em160212