

УДК 330.3 + 519.86

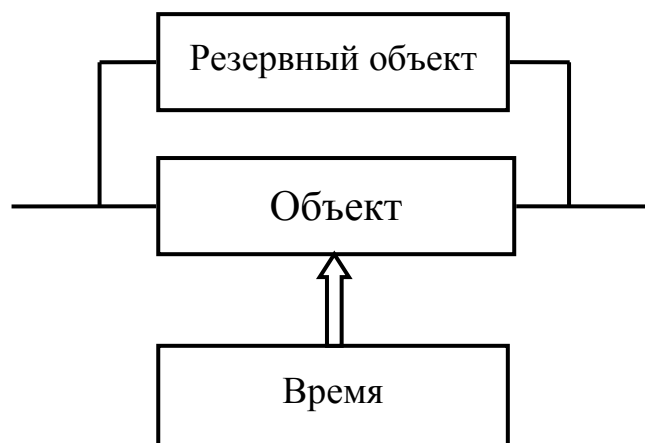
ВРЕМЕННОЕ РЕЗЕРВИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В.А. Чурюкин

Наличие избыточного времени позволяет экономической системе в случае отказа восстановить свои характеристики без срыва заданных выходных параметров, что повышает уровень экономической устойчивости системы. Однако наличие избыточного резерва времени снижает эффективность функционирования системы. Оценка экономической устойчивости системы с временным резервированием проводится на основе рассмотрения ее ожидаемых движений по состояниям. Стохастическая модель, рассмотренная в статье, создает необходимую базу для оптимизации планируемой временной избыточности.

Ключевые слова: временное резервирование, марковский процесс, моделирование, стохастическая модель, экономическая устойчивость.

Одним из методов повышения устойчивости экономических систем может быть заблаговременно создаваемая временная избыточность. Резерв времени – это возможность использовать предусмотренный перерыв в работе для восстановления нарушенной работоспособности системы или отдельных ее элементов (рис.). Его также можно использовать для повышения эффективности других видов резервирования.



Структурное и временное резервирование

Резерв времени может создаваться за счёт увеличения времени, выделяемого системе для выполнения задания. Временная избыточность возникает и при создании запаса производительности всей системы или ее от-

дельных элементов (уменьшается время выполнения задания). Резерв времени можно создать за счёт организации внутренних запасов выходной продукции. Источником создания резерва может быть функциональная инерционность протекающих в системе процессов, например, отказ элемента может не сразу привести к отказу системы, иногда система допускает перерывы в работе, которые не влияют на своевременность выполнения возложенных на нее функций.

Временная избыточность особенно важна для промышленных предприятий с четкой регламентацией выпуска продукции, а также для подразделений предприятия связанных технологическим процессом. При рассогласовании 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 [1–3], 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 характеристики, 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. Вопросы влияния временной избыточности на экономическую устойчивость промышленных предприятий во многом специфичны, сложны и до настоящего времени мало изучены. Как низкие, так и высокие значения временной избыточности могут привести к значительным потерям, снизить эффективность производства. Целью исследования является анализ влияния временного резервирования на экономическую устойчивость промышленного предприятия.

Экономическая 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.

Экономическую систему удобно представлять состоящей из последовательных этапов. Тогда признаками устойчивости являются: 1) нахождение предприятия на каждом этапе в работоспособных состояниях (вероятность нахождения в неработоспособных состояниях должна быть малой величиной, которой можно пренебречь); 2) попадание значения наращенного за прогнозный период дохода предприятия в 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 временной резерв.

Для моделирования устойчивости экономических систем [7, 8] используется аппарат марковских случайных процессов, позволяющий описать эволюцию систем по состояниям. 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.

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 только время t , а например, номер шага $1, 2, \dots, n$. Реализация рисков предприятия: технических, коммерческих, общественно-политических, стихийные бедствия и т. п., влияют 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 обуславли-

вающий переход системы в более эффективное состояние называются восстановлением. Последовательность состояний S_i , $t_i \geq t_1$, можно рассматривать как траекторию случайного процесса.

Длина этапа Δt экономической системы назначается с учетом условия того что, вероятность нескольких переходов из состояния в состояние на этапе должна быть малой величиной, которой можно пренебречь [5].

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:

$$P_{\langle m \rangle}(0) = \langle P_1(0), P_2(0), P_m(0) \rangle \quad (1)$$

и матрицами переходных вероятностей

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

Каждая строка матрицами 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 переменными. Все переходные вероятности являются условными, так как каждая из них связана с переходом из одного определенного состояния в другое. Вероятности состояний системы:

$$P_{\langle m \rangle}(k) = P_{\langle m \rangle}(k-1) P_{m \times m}(k) \quad (k = 1, 2, \dots, n). \quad (3)$$

Уравнение (3) относятся 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:

$$P_1 = P_{1*} + (\tau / (T_p + T_b)), \quad (\tau \leq T_{b*}) \quad (4)$$

$$P_2 = P_{2*} - (\tau / (T_p + T_b)), \quad (5)$$

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; τ – 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 (4) и (5), резерв времени τ 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:

$$P_2 = P_{2*} - (\tau / (T_p + T_b)) < P_k^n, \quad (6)$$

где P_k^n – допустимая вероятность нахождения системы в неработоспособном состоянии на этапе k .

Проверка условия 2 экономической устойчивости предприятия, заключается в оценке 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 [4]. Величина генерируемого денежного потока зависит от состояния, в котором находится промышленное предприятие. Очевидно, что в благополучном состоянии генерируется больший 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 потока 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:

$$CF_{\langle m \rangle}(k) = P_{\langle m \rangle}(k-1) [p_{ij}(k)d_{ij}(k)] = \\ \langle CF_1(i), CF_2(i), \dots, CF_m(i) \rangle \quad (i = 1, \dots, n), \quad (7)$$

где $CF_{\langle m \rangle}(i)$ – вектор значений денежного потока на i -том 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 -том этапе:

$$M[CF(i)] = CF_1(i) + CF_2(i) + \dots + CF_m(i). \quad (8)$$

Прогнозируемая устойчивость относительно цели обеспечена, если

$$M[D] = \sum_{i=1}^n \frac{M[CF(i)]}{(1+z_i)^i} \in W, \quad (9)$$

где z_i – безрисковая норма дисконта на i -том шаге; $n = t_n / \Delta t$ – число рассматриваемых шагов в прогнозном периоде; t_n , – время прогнозного периода, W – область допустимых значений наращенного результата предприятия за прогнозный период (область цели).

Анализируя приведенные формулы можно сделать следующие выводы: временное резервирование влияет на устойчивость экономической системы; рассмотренная модель позволяет количественно оценить это влияние, оптимизировать уровень назначаемого резерва времени, вскрыть имеющиеся резервы времени, описать эволюцию экономической системы во времени.

Библиографический список

1. Надежность технических систем: Справочник / Под ред. И.А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 608 с.
2. Надежность и эффективность в технике: Справочник. Т. 5. Проектный анализ надежности / Под ред. В.И. Патрушева. – М.: Машиностроение, 1988. – 316 с.
3. Надежность и эффективность в технике: Справочник. Т. 1. Методология, организация, терминология / Под ред. А.И. Ремебезы. – М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.
4. Соколов, Г.А Теория вероятностей. Управляемые цепи Маркова в экономике / Г.А. Соколов, Н.А. Чистякова. – М.: Физматлит, 2005. – 248 с.
5. Чурюкин, В.А. Марковская модель устойчивости экономической системы / В.А. Чурюкин // Mechanism of Sustainable Development of Economic Systems Formation – Collective monograph. – Vol. 2. Verlag SWG imex GmbH, Nürnberg, Deutschland, 2014. – P. 363– 368.

[К содержанию](#)