

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Принципы корпоративного управления, организации экономического сотрудничества и развития [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.oecd.org/](http://www.oecd.org/). (дата обращения: 01.02.2011).
2. Критерии, методология определения РКУ: методология определения Рейтинга корпоративного управления рейтингового агентства Standard & Poor's [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.standardandpoors.ru/> (дата обращения: 01.02.2011).
3. Методология расчета CORE-рейтинга института корпоративного права и управления [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.iclg.ru/rurating11> (дата обращения: 01.02.2011).
4. Положение о проведении рейтинговой оценки в рамках проекта «Национальный рейтинг корпоративного управления» рейтингового агентства «Эксперт РА» и НП «Российский институт директоров» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://raexpert.ru/> (дата обращения: 01.02.2011).
5. Карапетян Д. Корпоративное управление: основные понятия и результаты исследования российской практики // Управление компанией. 2004. № 1. С. 42–44; Чернов С. С. Эволюция систем корпоративного управления в российской энергетике // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2001. № 2 (15). С. 63–68.
6. Российский кодекс корпоративного поведения, рекомендованный ФСФР РФ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.fcsm.ru/> (дата обращения: 01.02.2011).

## REFERENCES

1. Principles of corporate management, arrangement of economic cooperation and development [Electronic resource]. Access mode: [www.oecd.org/](http://www.oecd.org/) (date of viewing: 01.02.2011).
2. Criteria, methodology of CMR determination: methodology of the Corporate Management Rating determination by the rating agency Standard & Poor's [Electronic resource]. Access mode: <http://www.standardandpoors.ru/> (date of viewing: 01.02.2011).
3. Methodology of CORE-rating calculation by the institute of corporate law and management [Electronic resource]. Access mode: <http://www.iclg.ru/rurating11> (date of viewing: 01.02.2011).
4. Provision for performance of rating evaluation within the project 'National rating of corporate management' by the rating agency 'Expert RA' and NP 'Russian institute of directors' [Electronic resource]. Access mode: <http://raexpert.ru/> (date of viewing: 01.02.2011).
5. Karapetyan D. Corporate management: basic concepts and results of Russian practice examination // Company management. 2004. # 1. P. 42–44; Chernov S.S. Evolution of the corporate management system of the Russian power engineering // Business. Education. Law. Bulletin of the Volgograd Business Institute. 2001. # 2 (15). P. 63–68.
6. Russian Code of corporate behavior recommended by the RF FSFR [Electronic resource]. Access mode: <http://www.fcsm.ru/> (date of viewing: 01.02.2011).

---

УДК 658.14/17  
ББК 65.291.93

**Шмидт Андрей Владимирович**,  
канд. эконом. наук, доц. каф. экономики и финансов  
Южно-Уральского государственного университета,  
г. Челябинск,  
e-mail: [uvr@susu.ac.ru](mailto:uvr@susu.ac.ru)

## СУЩНОСТЬ И ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

### THE ESSENCE AND INDICATORS OF ECONOMIC STABILITY OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

*Управление развитием промышленного предприятия связано с обеспечением устойчивости его хозяйственной деятельности. Разработка долгосрочной стратегии, ориентированной на достижение заданных социально-экономических показателей, должна включать анализ их динамики и обеспечивать минимизацию затрат по достижению цели. Объективно существующая неопределенность внешней среды промышленного предприятия обуславливает возмущающие воздействия*

*в процессе движения к поставленной цели и предопределяет различные показатели эффективности ее достижения. В теоретико-методическом плане особо актуальными становятся вопросы выбора экономических критериев оценки устойчивости промышленного предприятия в контексте динамики его развития. В статье представлен вероятностно-статистический подход к формированию показателей оценки экономической устойчивости промышленного предприятия.*

*Management of an industrial enterprise development is connected with the support of stability of its economic activities. Working out of the long-term strategy focused on achievement of the set social and economic indices should include the analysis of their dynamics and provide minimization of expenses on the goal achievement. Objectively the existing uncertainty of the environment of an industrial enterprise causes revolting influences in the course of movement to the set goal and predetermines various indicators of efficiency of its achievement. In the theoretical and methodical plan especially actual are the issues of selection of economic criteria of evaluation of the industrial enterprise stability in a context of its development dynamics. The probabilistic-statistical approach to the formation of indicators of evaluation of the industrial enterprise economic stability is presented in the article.*

*Ключевые слова: экономическая устойчивость, возмущающие воздействия, коэффициент запаса экономической устойчивости, экономико-математические модели, мини-экономическая система, экономический анализ, вероятность достижения цели, фазовая траектория, фазовое пространство, денежный поток, промышленное предприятие.*

*Keywords: economic stability, revolting influences, factor of economic stability stock, economic-mathematical models, mini-economic system, economic analysis, probability of achievement of the goal, phase trajectory, phase space, monetary stream, industrial enterprise.*

Проектирование методов оценки промышленного предприятия по критериям экономической устойчивости относительно цели связано с выработкой методологических подходов к формированию системы ее показателей. На современном этапе развития экономической мысли показатели, позволяющие произвести оценку динамической экономической устойчивости, имеют существенное значение для выявления резервов и возможностей повышения эффективности функционирования и развития мини-экономических систем в условиях неопределенной среды с высокой степенью варибельности возмущающих воздействий. Определение показателей экономической устойчивости мини-экономического субъекта существенно дополняет информацию, получаемую в результате проведения стандартных процедур экономического анализа.

Закономерно, что сложность построения специальных алгоритмов для проведения анализа устойчивости объектов мини-экономики в условиях неопределенной внешней среды связана с уровнем организационных форм современных промышленных предприятий. Основными характеристиками современных промышленных предприятий как открытых социально-экономических систем являются сложность организационной структуры, нестационарность и неопределенность возмущений.

Промышленное предприятие как мини-экономическая система характеризуется большим количеством элементов и связей между ними, постоянным воздействием различных внешних и внутренних факторов макро-, мезо- и микросред различной степени варибельности.

При этом внутрифирменные процессы из-за организационной сложности плохо формализуемы. Таким образом, возникает необходимость разработки непараметрических экономико-математических методов определения показателей экономической устойчивости, характеризующих экономическую ситуацию в мини-экономической системе, сложившуюся в данный конкретный интервал времени.

В общем случае определение показателей экономической устойчивости может производиться на основе двух подходов: по анализу результатов деятельности промышленного предприятия и по анализу его ресурсного потенциала.

При определении показателей экономической устойчивости на основе анализа результатов деятельности фирмы представляется целесообразным использовать модели, основанные на анализе потоков наличности – cash flow. При этом необходимо прогнозировать возможные значения факторов и возмущающих воздействий различного генезиса, которые оказывают влияние на формирование денежного потока, анализировать количественное влияние возмущений различного уровня на элементы структуры денежного потока, определяющего итоговые значения показателей деятельности промышленного предприятия.

С целью выработки методических подходов к определению системы показателей экономической устойчивости представим мини-экономическую систему промышленного предприятия в виде «черного ящика» (рис. 1).

Выделим следующие векторы факторов и возмущающих воздействий, определяющих структуру денежного потока и результаты деятельности промышленного предприятия:  $\bar{D}(t)$  – вектор известных (детерминированных) экономических параметров;  $\bar{U}(t)$  – вектор управляющих воздействий;  $\bar{M}(t)$  – вектор экономических факторов, по которым принимаются управленческие решения;  $\bar{N}(t)$  – вектор неопределенных возмущающих воздействий;  $\bar{R}(t)$  – вектор результатов деятельности промышленного предприятия;  $W(t)$  – передаточная функция мини-экономической системы, описывающая взаимосвязь между векторами.

Данный набор векторов отражает исходную информацию при определении показателей экономической устойчивости.

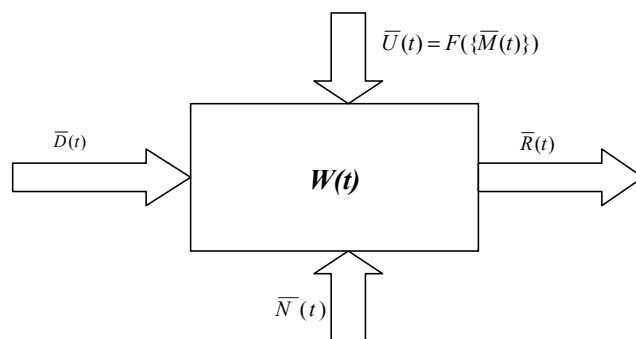


Рис. 1. Элементы кибернетической модели мини-экономической системы

Результатом взаимодействия представленных групп факторов, управляющих и возмущающих воздействий является вектор действительных параметров  $P$ , осуществляющий финансово-хозяйственную деятельность про-

мышленного предприятия и вектор результативности деятельности фирмы  $R$ :

$$\bar{R} = W(\{\bar{D}_i(t)\}, \{\bar{U}_i(t)\}, \{\bar{M}_i(t)\}, \{\bar{N}_i(t)\}, \{\bar{P}_i(t)\}, W(t)). \quad (1)$$

Если изобразить вектор результатов деятельности промышленного предприятия  $R$  в  $n$ -мерном пространстве, соответствующем количеству входных факторов, существенным образом влияющих на формирование денежного потока в мини-экономической системе, то можно получить область результатов деятельности фирмы в  $n$ -мерном фазовом пространстве. Моментное состояние факторов мини-экономической системы, возмущающих воздействий будет, таким образом, определять фазовые координаты результатов деятельности промышленного предприятия в указанном фазовом пространстве.

В результате взаимодействия представленных векторов получают определенные значения различных показателей, характеризующих результаты деятельности фирмы: выручки от реализации, налогооблагаемой прибыли и чистого притока от операции и соответствующие им показатели эффективности.

Для промышленных предприятий к базисным компонентам выделенных групп факторов, возмущающих и управляющих воздействий относятся следующие:

- детерминированные факторы – стоимость оборудования, нормы амортизационных отчислений, различные нормы расхода материальных ресурсов и выработки;
- неопределенные факторы – стоимость материальных ресурсов, объем продаж, спрос на продукцию, уровень налогообложения и др.
- факторы, по которым принимается управленческое решение, – цена продукции, размер заработной платы, размер маркетинговых расходов и пр.

Нужно отметить, что именно колебания неопределенных факторов являются, по сути, входными возмущающими воздействиями мини-экономической системы. Решение задачи устойчивого функционирования по существу можно свести к поиску методов компенсации негативного влияния колебаний неопределенных факторов.

На рис. 2 представлено трехмерное фазовое пространство, обусловленное наличием факторов и возмущающих воздействий различного генезиса, влияющих на формирование результатов деятельности промышленного предприятия. В указанном фазном пространстве определены результаты деятельности промышленного предприятия в виде изображающих точек с определенным набором фазовых координат, которые при этом соответствуют различным уровням экономической устойчивости. Представляется возможным, что в данном пространстве можно указать все возможное множество результатов деятельности промышленного предприятия с координатами  $R_{11}, R_{12}, \dots, R_{ij}$ . Причем различные результаты деятельности предприятия будут соответствовать различным уровням экономической устойчивости.

Таким образом, в  $n$ -мерном фазовом пространстве можно изобразить области структурно устойчивых состояний мини-экономической системы. В указанных областях положение точек, описывающих результаты деятельности предприятия, стабильно независимо от возникновения различных возмущающих воздействий

макро-, мезо- и микроуровней. В зоне структурно неустойчивых состояний мини-экономической системы, согласно теории Хаоса, даже небольшие отклонения входных параметров системы от заданной величины существенно образом изменяют вектор результатов деятельности промышленного предприятия. Как было показано выше, экономическая устойчивость системы промышленного предприятия, то есть стабильное положение в фазовом пространстве изображающей точки результатов деятельности, зависит, прежде всего, от внутреннего ресурсного потенциала фирмы, от адекватности поставленных экономической системе целей производственному потенциалу.

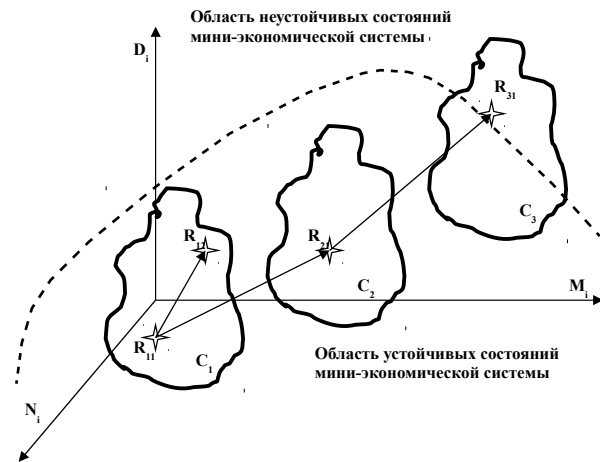


Рис. 2. Результаты деятельности мини-экономической системы в фазовом пространстве

В связи с тем, что мини-экономическая система является целеориентированной социальной системой, в представленном на рис. 2. фазовом пространстве можно изобразить не только результаты деятельности промышленного предприятия, но и изображающую область цели промышленного предприятия (целевую функцию).

Связь процессов целеполагания и целеуказания проявляется в том, что поставленная цель функционирования экономической системы также может быть представлена в виде вектора, компонентами которого являются значения параметров системы, которых необходимо достичь в процессе ее функционирования. Итак, цель как желаемое состояние системы можно формально представить в виде вектора, компоненты которого будут фазовыми координатами изображающей точки цели в пространстве состояний. В большинстве практических случаев существуют подмножества параметров системы, любые сочетания которых есть приемлемые, с точки зрения поставленной цели, результаты. Поэтому в общем случае можно говорить о характеристике состояния системы как о векторе, компонентами которого являются не строго определенные значения параметров системы, а некоторые их подмножества, области. В процессе функционирования мини-экономическая система меняет состояния. Смена состояний, или смена фазовых координат, происходящая в определенной последовательности, образует фазовую траекторию изменения состояний мини-экономической системы во времени. Если фазовая траектория мини-экономической системы



стремится к точке с фазовыми координатами цели, то будем называть данную систему целеориентированной. Если фазовая траектория мини-экономической системы проходит через фазовые координаты цели, то говорят, что она достигла поставленной цели.

Следует заметить, что, поскольку поставленная цель изначально несет в себе элемент субъективизма, состояние мини-экономической системы, при которой она достигает цели, не всегда является оптимальным и характеризуется экономической устойчивостью. Таким образом, пересечение областей структурно устойчивого функционирования и изображающей области цели представляет собой область фазового пространства результатов деятельности промышленного предприятия, в которой экономическая система достигла поставленной цели и характеризуется определенным уровнем экономической устойчивости.

На рис. 2 представлены различные изображающие области целей:  $C_1, C_2, C_3$ . Как показано на рис. 3, фазовые координаты результатов деятельности предприятия  $R_{11}, R_{12}, R_{21}, R_{31}$  принадлежат областям, изображающим различные целевые функции предприятия. Рассмотрим представленную мини-экономическую систему на предмет оценки экономической устойчивости и развития. Указанную мини-экономическую систему будем считать устойчивой относительно поставленной цели, если при возникновении возмущающих воздействий макро-, мезо- и микроуровней фазовые координаты результатов деятельности предприятия (цели), выйдя из состояния равновесия, вернутся в исходную точку либо окажутся в изображающей области цели  $C_1$ . Таким образом, обладая внутренним ресурсным потенциалом, определяемым уровнем экономической устойчивости, мини-экономическая система может устойчиво функционировать относительно изображающей области цели  $C_1$ .

При определенном стечении обстоятельств и невозможности устойчиво функционировать из-за значительных возмущений или при смене экономического целеполагания мини-экономическая система может перейти в новую область –  $C_2$ , описываемую другой целевой функцией. Вообще, в представленном пространстве можно изобразить фазовую траекторию развития мини-экономической системы. На рис. 2 мини-экономическая система является целеориентированной, так как ее фазовая траектория проходит через изображающие области целей. Кроме того, указанная система устойчиво развивается, так как траектория ее развития лежит в области устойчивых состояний.

Протекание любого переходного процесса: либо балансирование вокруг фазовой координаты цели  $R_{11}$ , либо мини-экономические переходные процессы в области, изображающей одну целевую функцию  $R_{11}-R_{12}$ , либо развитие предприятия  $R_{11}-R_{21}-R_{31}$ , сопровождаются определенными потерями экономических ресурсов различного уровня. Природа указанных потерь напрямую связана с процессами адаптации, восстановления устойчивого состояния, компенсации возмущающих воздействий и существенным образом влияет на финансовое состояние промышленного предприятия.

В связи с тем, что мини-экономическая система промышленного предприятия является открытой целеориентированной социальной системой, для оценки ди-

намической экономической устойчивости необходимо предложить показатель, характеризующий функционирование и развитие промышленного предприятия относительно поставленной цели.

Заметим, что при исследовании явления устойчивости социально-экономических систем можно выделить две основные группы факторов: количественные и качественные. Действие количественных факторов экономической устойчивости заключается в том, что количественный результат функционирования системы заранее превосходит значение соответствующей фазовой координаты цели экономического функционирования или развития промышленного предприятия, и поэтому есть некоторый «запас прочности», такой, что даже если под воздействием параметров внешней среды значение фазовой координаты мини-экономической системы окажется меньше запланированного, все равно оно попадает в изображающую область цели. Пример: целью функционирования промышленного предприятия в некотором периоде времени является получение неотрицательной прибыли, а ожидаемое ее значение намного превосходит нулевое значение, поэтому есть определенный запас устойчивости. Действие качественных факторов проявляется в возможности быстрой адаптации мини-экономической системы к изменившимся условиям внешней среды. Например, планируется некоторая структура выпуска продукции, оптимальная на момент принятия решения. Однако ситуация изменилась, и при данной структуре цель недостижима. Структуру выпуска меняют, приводя в соответствие ценовым сигналам рынка. В настоящем исследовании будут рассмотрены в основном количественные факторы устойчивости, хотя принципиально возможно исследовать устойчивость относительно качественных факторов, если определить меру соответствия качественных и количественных факторов, отражающую определенную зависимость одних от других.

Для введения специального количественного показателя экономической устойчивости вернемся к рассмотрению этого понятия с позиций динамики.

Для экономической устойчивости возможна следующая интерпретация: пусть имеется траектория развития мини-экономической системы, отражающая смену параметров ее состояния, и пусть определена некоторая область  $\varepsilon^*$  допустимых отклонений реальной фазовой траектории от намеченной траектории развития. Тогда, если существует область  $\sigma^*$ , все точки которой принадлежат  $\varepsilon^*$ , и траектория цели проходит через область  $\sigma^*$ , и если реальная траектория, лежащая в области  $\sigma^*$ , никогда не выходит за пределы области  $\varepsilon^*$  всюду на участке траектории, то мини-экономическая динамическая система является устойчивой. Подобный подход используется при анализе устойчивости технических систем по Ляпунову. Нас интересует явление динамической экономической устойчивости, и в дальнейшем, проводя аналогии устойчивости экономических систем с устойчивостью природных и технических систем, будем иметь в виду именно динамическую устойчивость, поскольку фактор времени в данном случае в принципе невозможно исключить из рассмотрения.

Представляется, что принципиальным в переходе от рассмотрения технической системы к социально-экономи-

ческой является то, что отклонения реальных траекторий развития от траектории цели происходят случайно, стохастически и получить точную информацию об этих отклонениях невозможно. Если об устойчивости технической системы по Ляпунову можно судить однозначно, анализируя дифференциальные уравнения, характеризующие поведение системы, то в рассматриваемом ключе анализа проблемы экономической устойчивости из-за невозможности в большинстве случаев составить дифференциальные уравнения функционирования экономической системы вывод об устойчивости или неустойчивости можно делать только с определенной вероятностью, применяя предлагаемую в дальнейшем методику. Решающим моментом в определении показателя устойчивости для данного класса систем является свойство отклонений реальных траекторий развития, заключающееся в том, что эти отклонения происходят хотя и случайно, но можно определить вероятность определенного отклонения реальной фазовой траектории от траектории цели в каждой точке, т. е. представляется, что существует закон распределения вероятностей этих отклонений. Существование закона распределения вероятностей отклонений реальной фазовой траектории мини-экономической системы от траектории цели влечет за собой возможность определения вероятности отклонений реальной траектории от траектории цели, при которых поставленная цель все-таки достигается. Вероятность невыхода реальной фазовой траекторией функционирования и развития мини-экономической системы за пределы области цели (области  $\varepsilon^*$ ) на всем протяжении траектории цели является показателем устойчивости функционирования целеориентированной социально-экономической системы относительно поставленной цели. В этой связи задача анализа экономической устойчивости функционирования мини-экономической системы относительно поставленной цели состоит в определении меры возможности достижения системой поставленной цели в условиях неопределенности параметров внешней среды.

Если устойчивость функционирования системы есть вероятность достижения некоторой количественно характеризуемой цели, то задача анализа устойчивости сводится к отысканию закона распределения вероятностей количественных исходов функционирования мини-экономической системы и нахождения вероятности достижения цели, пользуясь найденным законом распределения.

Рассмотрим общий подход к решению данной задачи в его развитии. Пусть количественный параметр цели функционирования мини-экономической системы в некотором периоде есть целевая функция от множества параметров как внешней относительно рассматриваемой системы макро-, мезо- и микросреды, так и внутренних параметров системы:

$$Z(t) = F(\{x(t)\}, \{y(t)\}), \quad (2)$$

где  $F(\{x(t)\}, \{y(t)\})$  – целевой функционал мини-экономической системы, зависящий от вектора управляемых  $\{x(t)\}$  и вектора неуправляемых  $\{y(t)\}$  параметров системы.

Как было показано выше, цель функционирования промышленного предприятия может быть представлена

в виде вектора параметров состояния, характеризующего положение системы в фазовых координатах. Однако для мини-субъекта экономики промышленного предприятия в большинстве практических случаев множество параметров состояния вырождается в один – прибыль или приращение стоимости. Таковы особенности рыночной системы хозяйствования, где главным критерием эффективности функционирования мини-экономической системы, основным из учитываемых результатов, а также главной характеристикой цели функционирования является полученная им прибыль. Однако с целью сохранения общности постановки задачи и универсальности подхода к ее решению будем считать, что цель, равно как и результат, характеризуются множеством параметров состояния.

Некоторые из рассматриваемых параметров внешней среды промышленного предприятия неизменны во времени (например, производственная мощность, численность работающих, постоянные издержки), некоторые отклоняются от расчетных (точечных) значений по известным законам распределения вероятностей отклонений. Таким образом,  $Z(t)$  есть функция не только от параметров внутренней и внешней среды промышленного предприятия, но и от случайных отклонений реальных значений параметров от их расчетных значений.

Случайные отклонения величин параметров от расчетных значений вызваны действием множества макро-, мезо- и микрофакторов различного генезиса, которые нельзя учесть полностью или описать их действие формально. Будем считать, что отклонения каждого неоднозначно определенного параметра системы происходят вне зависимости от отклонений других параметров, так как если бы они происходили неслучайно, то существующая взаимосвязь (детерминированная или стохастическая) была бы отражена в функции  $Z(t)$ .

Для оценки устойчивости функционирования мини-экономической системы относительно поставленной цели должно выполняться условие, согласно которому целевая функция управления (функционал работы системы), с одной стороны, должна достигать своего экстремального значения при существенном влиянии управляющих факторов (параметров внешней и внутренней среды), с другой стороны, не должна превышать в любой момент времени допустимой границы в системе управления целевой функцией [1, 2, 3]. Эти условия можно записать в следующем виде:

$$Z(t) = F(\{x(t)\}, \{y(t)\}) \rightarrow \max(\min), \quad (3)$$

$$q^{**}(t) \leq Z(t) \leq q^*(t), \quad (4)$$

где  $q^*(t)$ ,  $q^{**}(t)$  – функции ограничения целевой функции мини-экономической системы «сверху» и «снизу» соответственно.

В некоторых случаях требуется ограничение целевой функции только «сверху», например при минимизации убытков промышленного предприятия, или только «снизу» – при максимизации прибыли.

В дальнейшем рассмотрим задачу устойчивости функционирования промышленного предприятия относительно поставленной цели при ограничениях «снизу». Чтобы получить решение при ограничении целевой

функции «сверху» из приведенных ниже формул, необходимо поменять знаки функционала мини-экономической системы и функций ограничений.

При решении поставленной задачи следует учитывать, что детерминистический подход к определению целевой функции и функции ограничения не является удовлетворительным, так как неуправляемые параметры (возмущающие воздействия) мини-экономической системы и некоторые управляемые параметры случайным образом зависят от массы неучтенных факторов и носят стохастический характер. Кроме того, функция ограничения, определяющая границы устойчивой работы, чаще всего не может быть задана однозначно.

В такой постановке задача стохастической устойчивости функционирования мини-экономической системы промышленного предприятия сводится к проблеме стохастического программирования (динамические модели [1]). Однако такой подход к определению параметров модели является чрезвычайно трудоемким. Для решения указанной проблемы в работах [2, 3] предлагается функционал мини-экономической системы (3) и функцию ограничения (4) рассматривать в конкретный  $i$ -й момент времени  $t_i$ . Для данного момента времени выражения (3) и (4) можно записать в следующем виде:

$$Z(t_i) = F(\{x(t_i)\}, \{y(t_i)\}) \rightarrow \max(\min), \quad (5)$$

$$q^{**}(t_i) \leq Z(t_i) \leq q^*(t_i). \quad (6)$$

В дальнейшем для упрощения записи формул параметр  $t_i$  будет отсутствовать. При рассмотрении текущего управления системой следует учитывать, что число управляемых и неуправляемых параметров может изменяться с течением времени, что приведет к изменению не только значения целевого функционала мини-экономической системы, но и его направления (т.е. целевую функцию можно рассматривать как вектор). Кроме того, при существенном изменении внешних условий и самой целевой функции функция ограничения также может измениться.

Выражение (5) можно представить в виде вектора  $\bar{Z}_i$ , приращения вектора целевой функции мини-экономической системы  $\Delta\bar{Z}_i$  в зависимости от управляющего или возмущающего воздействия и вектора  $\bar{Z}_{i-1}$  целевой функции до приложения управляющего или возмущающего воздействия, а выражение (6) в виде стохастической ограничивающей поверхности (рис. 3).

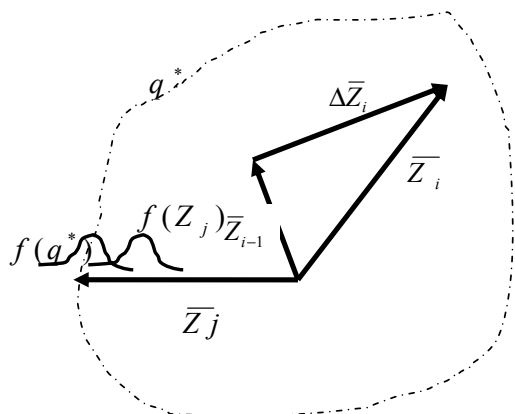


Рис. 3. Стохастическая поверхность ограничений и стохастический вектор целевого функционала мини-экономической системы

Решение задачи в данной постановке также представляется достаточно трудоемким. Для упрощения решения задачи примем, как показано на рис. 3, что вектор целевой функции мини-экономической системы промышленного предприятия существенно не изменяет своего направления (вектор  $\bar{Z}_j$ ), имеет плотность распределения  $f(Z_j)$ , а соответствующая функция ограничения также имеет плотность распределения  $f(q^*)$ .

Условие стохастической устойчивости функционирования мини-экономической системы промышленного предприятия относительно поставленной цели можно получить из выражений (5) и (6). Примем, что условия (5) и (6) выполняются с доверительной вероятностью  $P_q$ . Отсюда следует, что для любого момента времени с доверительной вероятностью целевая функция принадлежит области ограничений стохастической поверхности функции ограничений [4, 5]. Тогда можно записать, что

$$P(Z - q^{**} \geq 0) \geq P_q. \quad (7)$$

Из (7) видно, что устойчивое функционирование мини-экономической системы – это вероятность «попадания» ее целевого функционала, а следовательно, и определяющих ее параметров в допустимую область цели.

Для отыскания вероятности попадания случайной величины функции в некоторую область обычно используют два подхода [3, 5, 6, 7, 8]. Первый подход связан с определением законов распределения функции случайных величин параметров системы. Для статически независимых параметров можно записать:

$$P\{Z(\{x\}, \{y\}) - q^{**} \leq 0\} = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \dots \int_{x_j}^{x_j} f(x_1) f(x_2) \dots f(x_n) dx_1 dx_2 \dots dx_n, \quad (8)$$

где  $f(x_j)$  – плотность распределения  $x_j$  случайной величины.

Второй подход заключается в определении числовых характеристик параметров случайных величин мини-экономической системы, по которым находятся числовые характеристики целевого функционала и плотность распределения. Вероятность устойчивой работы мини-экономической системы в этом случае можно определить из выражения:

$$P(Z - q^{**} \geq 0) = \iint_{D(Z; q^{**})} f(z; q^{**}) dz, \quad (9)$$

где  $D(Z; q^{**})$  – область интегрирования;  $f(z, q^{**})$  – совместный закон распределения случайных величин  $z$  и  $q^{**}$ . Выражение (9) можно записать в виде:

$$R = P(Z - q^{**} \geq 0), \quad (10)$$

где  $R$  – вероятность устойчивого функционирования мини-экономической системы.

Недостатком первого подхода является то, что при  $n$  параметрах системы приходится брать интеграл  $n$ -й степени, который, в особенности при произвольных законах распределения их плотности, чаще всего можно проинтегрировать только численно. Данная задача даже для современных ЭВМ становится трудноразрешимой.

Второй подход реализуется на ЭВМ значительно проще. Для решения задачи в указанной постановке определя-



ются все числовые характеристики параметров системы, по которым определяются числовые характеристики целевой функции мини-экономической системы и априори принимается функция плотности ее распределения. Числовые характеристики параметров мини-экономической системы можно определить по имеющимся данным функционирования реального промышленного предприятия или по прогнозу его работы (например, по бизнес-плану).

Для нахождения вероятности устойчивой работы мини-экономической системы можно принять, что плотность распределения вероятностей параметров системы и самой целевой функции описываются нормальными законами распределения. Это допущение основывается на том, что целевая функция и параметры мини-экономической системы зависят от суммы многих внешних и внутренних факторов, что приводит к нормальному закону распределения суммарной величины [5, 7, 8].

Числовые характеристики функций ограничений могут быть получены в результате статистической обработки данных функционирования промышленного предприятия или с использованием бизнес-плана.

В силу сложности реальных экономических объектов трудно указать на последовательность действий по практическому применению метода. Однако можно указать основные этапы его применения, на которых используется информация от предыдущего этапа для проведения последующего. Такими этапами являются:

1. Целеполагание – процесс задания цели, выяснения, что, собственно, является целевым функционалом исследуемой мини-экономической системы.

2. Изучение общих свойств системы, анализируемой на устойчивость, и взаимосвязей между элементами системы, а также выявление каналов взаимосвязей системы с внешней средой и источников возмущающих воздействий на механизм функционирования системы. Этапы 1 и 2 могут реализовываться параллельно; более того, для того чтобы в процессе целеполагания ставились реальные, достижимые цели, необходима информация о ресурсах системы и возможностях достижения определенной цели. Таким образом, результаты этапов 1 и 2 одинаково влияют друг на друга.

3. Целеуказание, происходящее путем построения на основе качественного анализа (этап 2) математической модели функционирования системы, где выявленные связи отражены в количественной форме. При отборе факторов для построения модели следует руководствоваться следующими принципами:

- целесообразности, т. е. должны учитываться только те факторы, которые действительно сильно влияют на параметры цели, неучет которых значительно искажает наши представления о функционировании системы и лишает возможности получения сколько-нибудь соответствующего действительности результата. Можно учесть многие факторы, но следует понимать, что возможности современной техники ограничены и анализ устойчивости, к сожалению, можно реально проводить не для всех возможных моделей;

- возможность получения соответствия качественного и количественного измерения определенного фактора, т. е. для каждого качественного уровня фактора должна быть определена некоторая количественная

мера воздействия на результат и наоборот: количественный уровень фактора должен соотноситься с его качественным уровнем. Пример: при анализе фактора цены на товар совершенно прозрачен переход от количества к качеству и наоборот. Иными словами, мы знаем, что для некоторого товара цена больше, чем  $P$  ден. ед. (количество) – это высокая цена (качество) и наоборот: высокая цена на товар – это цена, выше чем  $P$  ден. ед. А при анализе проектных рисков мы волей-неволей вынуждены абстрагироваться от таких факторов, как, например, политические, потому что их влияние нельзя отобразить количественно.

4. Определение изображающей области цели на основе произведенного целеуказания и, на основе составленной математической модели, задание вида оператора преобразования параметров функционирования системы в фазовые координаты цели.

5. Выделение неоднозначно определенных параметров исследуемой системы и задание закона распределения для этих параметров на основе собранной информации о динамике параметров или на основе экспертных оценок.

6. Составление для всех полученных операторов преобразования интегралов видов (8) или (9) и получение вероятности достижения цели.

Конечным практическим результатом применения метода является получение информации о возможности достичь поставленной цели при имеющихся средствах ее достижения. Являясь стимулом или сдерживающим фактором начать действия в соответствии с намеченной программой для лица, принимающего решение, эта информация является также ресурсом для решения некоторых задач оптимизации стратегии функционирования и развития мини-экономической системы промышленного предприятия.

Рассмотрим предлагаемую методику определения вероятности устойчивого функционирования мини-экономической системы относительно поставленной цели – максимизации денежного потока. При этом предположим, что величина денежного потока превышает (или становится меньше) свое допустимое значение.

Обозначим через  $f(z)$  плотность нормального распределения величины денежного потока, а через  $f(q^{**})$  – плотность распределения допустимых значений величины денежного потока (рис. 4).

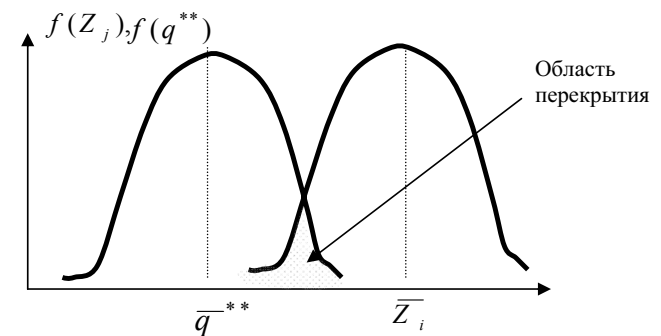


Рис. 4. Перекрытие распределений величины денежного потока мини-экономической системы  $f(z_j)$  и его допустимого значения  $f(q^{**})$

По определению вероятность устойчивого функционирования мини-экономической системы (10) имеет вид:

$$R = P(Z \geq q^{**}) = P(Z - q^{**} \geq 0). \quad (11)$$

Заштрихованный участок на рис. 4 показывает область перекрытия распределений величины денежного потока и его допустимой величины, которая характеризуется определенной вероятностью неустойчивой работы. Рассмотрим указанную область на рис. 5. Вероятность того, что некоторое значение величины денежного потока находится в небольшом интервале шириной  $dZ$ , равна площади элемента  $dZ$ , то есть:

$$P(Z_0 - \frac{dZ}{2} \leq Z \leq Z_0 + \frac{dZ}{2}) = f(Z_0)dZ.$$

Вероятность того, что  $Z$  превышает некоторое значение  $q$ , можно задать следующим выражением:

$$P(q^{**} < Z_0) = \int_{-\infty}^{Z_0} f(q^{**})dZ.$$

Вероятность того, что допустимое значение  $q^{**}$  не превышает целевую координату, заключенную в малом интервале  $dZ$  (при условии, что случайные величины  $Z$  и  $q^{**}$  независимы), имеет вид:

$$f(Z_0)dZ \int_{Z_0}^{\infty} f(q^{**})dq.$$

В данном случае вероятность устойчивой работы есть вероятность того, что допустимое значение  $q^{**}$  не превышает значение величины денежного потока  $Z$  мини-экономической системы для всех возможных значений  $Z$  и имеет вид:

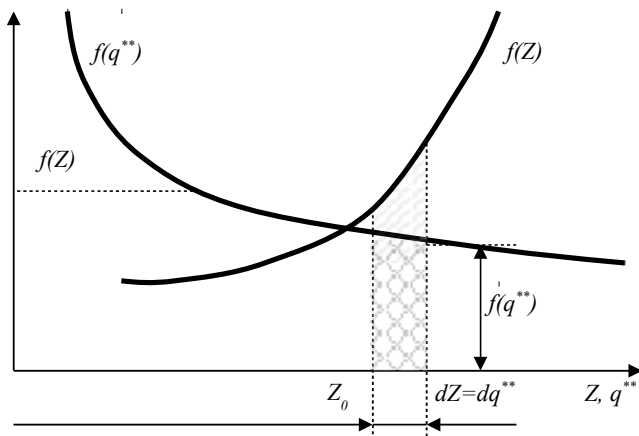


Рис. 5. Вычисление вероятности устойчивого функционирования мини-экономической системы относительно поставленной цели

$$R = \int_{-\infty}^{+\infty} f(z) \left[ \int_{-\infty}^{q^{**}} f(q) dq \right] dZ. \quad (12)$$

Кроме того, вероятность устойчивого функционирования можно также рассчитать исходя из того, что значение величины денежного потока остается больше ее допустимого значения:

$$P(Z_0 - \frac{dZ}{2} \leq q^{**} \leq Z_0 + \frac{dZ}{2}) = f(Z_0)dq,$$

а вероятность того, что целевая функция больше  $Z_0$ , имеет вид:

$$P(Z \geq Z_0) = \int_{Z_0}^{+\infty} f(z) dz.$$

Снова определим вероятность того, что допустимое значение величины денежного потока мини-экономической системы находится в малом интервале  $dZ$  и значение целевой функции превышает  $Z_0$ :

$$f(q^{**})dq^{**} \int_{Z_0}^{+\infty} f(z) dz.$$

Следовательно, вероятность устойчивого функционирования мини-экономической системы при всех возможных допустимых значениях  $q^{**}$  имеет вид:

$$R = \int_{-\infty}^{+\infty} f(q^{**}) \left[ \int_{Z}^{+\infty} f(Z) dZ \right] dq^{**}. \quad (13)$$

Вероятность неустойчивой работы мини-экономической системы относительно поставленной цели функционирования можно определить как:

$$R' = 1 - R = P(q^{**} > Z).$$

Подставляя в (14) выражение (12), получим:

$$\begin{aligned} R' &= P(q^{**} > Z) = 1 - \int_{-\infty}^{+\infty} f(z) \left[ \int_{-\infty}^Z f(q^{**}) dq \right] dZ = \\ &= 1 - \int_{-\infty}^{+\infty} f(z) [1 - F_q(z)] dz = \int_{-\infty}^{+\infty} F_q(Z) f(Z) dZ. \end{aligned}$$

где  $F_q(Z)$  – интегральная функция распределения величины  $q^{**}$ .

Кроме того, используя формулу (13), можно получить:

$$\begin{aligned} R' &= P(q^{**} > Z) = 1 - \int_{-\infty}^{+\infty} f(q^{**}) \left[ \int_{Z_0}^{+\infty} f(Z) dZ \right] dq = \\ &= 1 - \int_{-\infty}^{+\infty} f(q) [1 - F_Z(q)] dq = \int_{-\infty}^{+\infty} [1 - F_Z(q)] f(q) dq. \end{aligned}$$

Введем случайную величину  $y = Z - q^{**}$ . Тогда можно определить вероятность устойчивого функционирования мини-экономической системы как:

$$R = P(y > 0). \quad (17)$$

Допустим, что  $q^{**}$  и  $Z$  – независимые неотрицательные случайные величины. Тогда плотность распределения величины  $y$  имеет вид:

$$f(y) \int_Z f_q(y+Z) f_z(Z) dZ = \begin{cases} \int_0^{+\infty} f_q(y+Z) f_z(Z) dZ, & \text{при } y \geq 0, \\ 0, & \text{при } y < 0. \end{cases}$$

при  $y \geq 0$ , при  $y < 0$ .



Следовательно, вероятность устойчивого функционирования мини-экономической системы определяется как:

$$R = \int_0^{\infty} f_y(y) dy = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} f_q(y+Z) f_Z(Z) dZ dy. \quad (18)$$

Представляется целесообразным определить вероятность устойчивого функционирования мини-экономической системы промышленного предприятия при условии нормального распределения величины денежного потока и функции его допустимых значений.

Плотность нормального распределения величины денежного потока в *i*-й момент времени имеет вид:

$$f(Z) = \frac{1}{\sigma_Z \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{Z - \bar{Z}}{\sigma_Z} \right)^2} \quad (19)$$

при  $-\infty \leq Z \leq +\infty$ ,

а плотность нормального распределения функции допустимых значений имеет вид:

$$f(q^{**}) = \frac{1}{\sigma_q \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{q - \bar{q}^{**}}{\sigma_q} \right)^2} \quad (20)$$

при  $-\infty \leq q^{**} \leq +\infty$ ,

где  $\bar{Z}$ ,  $\sigma_Z$  – математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение величины денежного потока мини-экономической системы соответственно;  $\bar{q}^{**}$ ,  $\sigma_q$  – математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение функции допустимых значений величины денежного потока.

Введем случайную величину  $y = Z - q^{**}$ . Известно, что для независимых случайных величин  $q^{**}$  и  $Z$ , распределенных по нормальному закону, их сумма или разность будет также распределена по нормальному закону [3, 5, 7] с математическим ожиданием  $\bar{y} = \bar{Z} - \bar{q}^{**}$  и среднеквадратическим отклонением  $\sigma_y = \sqrt{\sigma_q^2 + \sigma_Z^2}$ , как показано на рис. 6.

Из выражения (18) можно определить вероятность устойчивости функционирования мини-экономической системы, как:

$$R = P(y > 0) = \int_0^{\infty} \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{y - \bar{y}}{\sigma_y} \right)^2} dy \quad (21)$$

Интеграл (21) в явном виде не вычисляется и требует численного интегрирования, что довольно утомительно.

Чтобы избежать этого, введем нормированное нормальное распределение с  $\bar{y} = 0$  и  $\sigma_y = 1$ . Кроме того, введем новую переменную  $t = (y - \bar{y}) / \sigma_y$ , тогда  $\sigma_y dt = dy$ . При  $y = 0$  нижний предел будет иметь вид:

$$t_0 = \frac{0 - \bar{y}}{\sigma_y} = -\frac{\bar{Z} - \bar{q}^{**}}{\sqrt{\sigma_q^2 + \sigma_Z^2}},$$

а при  $y \rightarrow \infty$  верхний предел  $t \rightarrow +\infty$ . Следовательно, выражение (21) можно записать в виде:

$$R = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{t_0}^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (22)$$

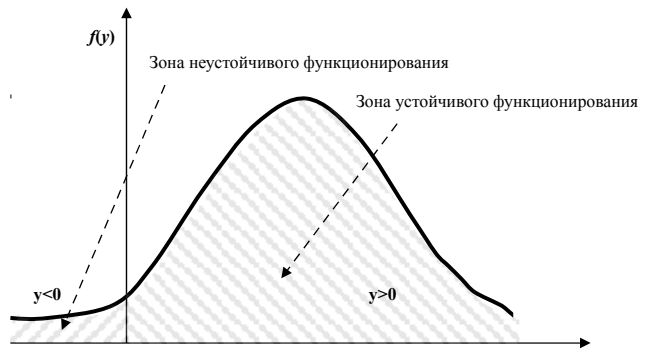


Рис. 6. Плотность распределения стохастической величины *y*

Из выражения (22) следует, что вероятность устойчивого функционирования мини-экономической системы относительно поставленной цели существенно зависит от нижнего предела интеграла. Более высокое значение вероятности устойчивой работы промышленного предприятия в указанном понимании можно получить, снижая нижний предел.

Очевидно, что  $t = (y - \bar{y}) / \sigma_y$  является нормированной величиной, распределенной по нормальному закону. Следовательно, вероятность устойчивого функционирования мини-экономической системы можно найти с помощью специальных таблиц, например в прил. 2 [7].

Формулу (22) после некоторых преобразований можно записать в виде

$$R = 0,5 + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{t_0} e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (23)$$

Окончательное числовое значение вероятности устойчивого функционирования предприятия

$$R = 0,5 + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\frac{\bar{Z} - \bar{q}^{**}}{\sqrt{\sigma_q^2 + \sigma_Z^2}}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (24)$$

Используя выражение (24), можно вероятность устойчивого функционирования мини-экономической системы представить в виде графика, представленного на рис. 7.

Для полного изложения методики вероятностной оценки устойчивости функционирования мини-экономической системы промышленного предприятия относительно поставленной цели представляется целесообразным отразить методические основы определения стохастических числовых характеристик величины денежного потока мини-экономической системы.

В качестве исходных данных при определении стохастических числовых характеристик величины денежного потока промышленного предприятия можно использовать числовые характеристики управляемых и неуправляемых (возмущающих) факторов мини-экономической системы.

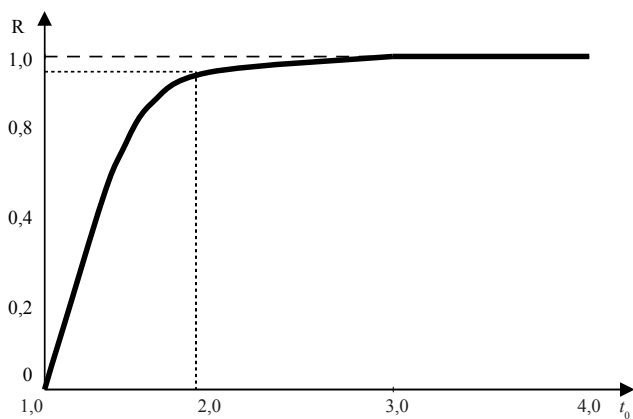


Рис. 7. График зависимости вероятности устойчивого функционирования мини-экономической системы от  $t_0$

В качестве примера рассмотрим функцию годовой балансовой прибыли промышленного предприятия

$$Z(t) = a_1 x_1(t) x_2(t) + a_2 x_3(t) + b, \quad (25)$$

где  $Z$  – годовая балансовая прибыль,  $x_1(t)$  – объем сбыта промышленного предприятия,  $x_2(t)$  – цена за единицу продукции,  $x_3(t)$  – условно переменные издержки,  $a_1, a_2 < 0$  – постоянные коэффициенты,  $b$  – условно постоянные издержки.

Представляется, что согласно представленной выше методике числовые характеристики функции балансовой прибыли можно получить с помощью выражения (25), применив к нему операцию определения математического ожидания [3, 5, 6] для определенного  $i$ -го момента времени. В результате этого преобразования получим математическое ожидание целевой функции для стохастически независимых параметров  $x_i$  в виде:

$$\bar{Z} = a_1 \bar{x}_1 \bar{x}_2 + a_2 \bar{x}_3 + b, \quad (26)$$

где  $\bar{Z}, \bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3$  – математические ожидания целевой функции и факторов мини-экономической системы соответственно.

Дисперсию целевой функции мини-экономической системы можно связать с дисперсиями параметров системы управления и возмущающих воздействий. Применим операцию математического ожидания к моментам второго порядка [5] от параметров выражения (25). Тогда получим:

$$D[Z] = a_1^2 [D[x_1]D[x_2] - \bar{x}_1 \bar{x}_2] + a_2^2 D[x_3], \quad (27)$$

где  $D[Z]$  – дисперсия целевой функции;  $D[x_i]$  – дисперсия  $i$ -го фактора мини-экономической системы,  $\bar{x}_1$  и  $\bar{x}_2$  – математические ожидания параметров  $x_1$  и  $x_2$ .

Исходными данными для определения числовых характеристик факторов мини-экономической системы промышленного предприятия  $\bar{x}_i$  и  $\sigma_{x_i}$  могут быть данные работы конкретного промышленного предприятия или прогнозные характеристики, взятые из бизнес-плана, и определены по следующим формулам:

$$\bar{x}_i = n^{-1} \sum_{j=1}^n x_{ij}, \quad (28)$$

$$\sigma_{x_i} \approx \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}{n-1}}, \quad (29)$$

где  $x_{ij}$  – численное значение  $i$ -го фактора мини-экономической системы;  $n$  – количество данных.

Представляется, что оценку устойчивости функционирования мини-экономической системы промышленного предприятия можно производить с использованием коэффициента запаса экономической устойчивости  $n(t_i)$ , который при ограничении величины денежного потока «снизу» можно определить как отношение действующего значения величины денежного потока  $Z(t_i)$  в любой  $i$ -й момент времени к допустимому (опасному) значению фазовой координаты  $q^{**}$  мини-экономической системы:

$$n(t_i) = \frac{Z(t_i)}{q^{**}(t_i)}. \quad (30)$$

Рассмотрим коэффициент запаса  $n(t_i)$  устойчивой работы мини-экономической системы как случайную величину в  $i$ -й момент времени. С учетом выражения (10) можно определить вероятность устойчивого функционирования как:

$$R = P(n \geq 1). \quad (31)$$

С целью исследования устойчивого функционирования мини-экономической системы вероятность отклонения случайной величины  $n$  от ее среднего значения на некоторую величину  $a$  можно оценить с помощью неравенства Чебышева [5, 6].

$$P(|n - a| \leq \varepsilon) \geq 1 - \frac{D_n}{\varepsilon^2}, \quad (32)$$

где  $a$  и  $\varepsilon$  – произвольные постоянные ( $a > 0, \varepsilon > 0$ );  $D_n$  – дисперсия запаса устойчивости.

Определим дисперсию запаса устойчивости как математическое ожидание  $M[(n - a)^2]$ . Примем, что  $a = k\bar{n}$  ( $\bar{n}$  – среднее значение запаса). Тогда получим:

$$D_n = M[(n - a)^2] = M[(n - k\bar{n})^2] = M[n^2 - 2k\bar{n}n + k^2\bar{n}^2]. \quad (33)$$

Применив операцию математического ожидания к (33), получим:

$$D_n = M[n^2] - 2k\bar{n} + k^2\bar{n}^2 = \sigma_n^2 + \bar{n}^2 - 2k\bar{n} + k^2\bar{n}^2 = \bar{n}^2 \left[ \frac{\sigma_n^2}{\bar{n}^2} + (1 - k)^2 \right] = \bar{n}^2 [V_n^2 + (1 - k)^2]$$

где  $\sigma_n$  – среднеквадратическое отклонение коэффициента запаса;  $\bar{n} = \frac{Z}{q^{**}}$  – среднее значение запаса устойчивости;  $V_n = \frac{\sigma_n}{\bar{n}}$  – вариация коэффициента запаса устойчивости.

Теперь неравенство (33) можно записать в виде

$$P(a - \varepsilon \leq n \leq a + \varepsilon) \geq 1 - \frac{\bar{n}^2 [V_n^2 + (1 - k)^2]}{\varepsilon^2}. \quad (34)$$

Примем, что  $a - \varepsilon = 1$ , тогда из (34) получим:

$$P(1 \leq n \leq 2k\bar{n} - 1) \geq 1 - \frac{\bar{n}^2 [V_n^2 + (1 - k)^2]}{(k\bar{n} - 1)^2}. \quad (35)$$

Учитывая (33) и (35), получим нижний предел вероятности устойчивого функционирования мини-экономической системы промышленного предприятия:

$$R \geq 1 - \frac{\bar{n}^2 [V_n^2 + (1 - k)^2]}{(k\bar{n} - 1)^2} \tag{36}$$

Максимальное значение нижнего предела можно получить, минимизируя по  $k$  величину

$$\lambda = \frac{\bar{n}^2 [V_n^2 + (1 - k)^2]}{(k\bar{n} - 1)^2} \tag{37}$$

Продифференцировав выражение (37) по  $k$  и приравняв его результат к нулю, получим критическое значение  $k^*$ :

$$k^* = \frac{\bar{n}(V_n^2 + 1) - 1}{(\bar{n} - 1)} \tag{38}$$

Подставляя (38) в (35), получим:

$$R \geq 1 - \frac{(\bar{n}V_n)^2}{(\bar{n}V_n)^2 + (\bar{n} - 1)^2} \tag{39}$$

Коэффициент вариации запаса устойчивости функционирования мини-экономической системы промышленного предприятия можно также получить через вариацию целевой функции  $V_Z$  и вариацию фазовой координаты  $V_{q^{**}}$ :

$$V_n \approx \frac{\sqrt{V_Z^2 + V_{q^{**}}^2}}{1 + V_q^2}$$

где  $V_Z = \frac{\sigma_Z}{Z}$ ;  $V_q = \frac{\sigma_q}{q}$ ;  $\sigma_Z, \sigma_q, \bar{Z}, \bar{q}^{**}$  – среднеквадратические отклонения и математические ожидания целевой функции и фазовой координаты допустимых (опасных) значений соответственно.

Из выражения (39) можно получить решение обратной задачи, то есть при известном коэффициенте вариации запаса устойчивости и заданном уровне вероятности устойчивого функционирования мини-экономической системы, можно определить наименьшее значение коэффициента запаса устойчивости функционирования промышленного предприятия [7]

$$\bar{n} \geq \frac{1}{1 - V_n \frac{R}{\sqrt{1 - R}}} \tag{40}$$

Из выражения (40) следует, что при заданном коэффициенте вариации запаса устойчивости вероятность устойчивого функционирования не может быть сколько угодно близкой к единице, так как при  $v_n \geq \sqrt{\frac{1}{R} - 1}$  коэффициент запаса, полученный расчетным путем, может быть бесконечно большим.

Следует отметить, что выражение (39) дает нижнюю границу вероятности безопасного функционирования, что идет в запас устойчивой работы мини-экономической системы, и будет справедливо не только при нормальном законе распределения коэффициента запаса устойчивости. Это связано с тем, что при выводе выражения (39) использовалось неравенство Чебышева, которое справедливо и при произвольном законе распределения случайной величины [5, 7].

Из выражения (32) видно, что вероятность устойчивого функционирования мини-экономической системы

является функцией двух переменных  $\bar{n}$  и  $V_n$ , а также функции  $R = f(\bar{n}, V_n)$ , по которой можно построить графики, представленные на рис. 8.

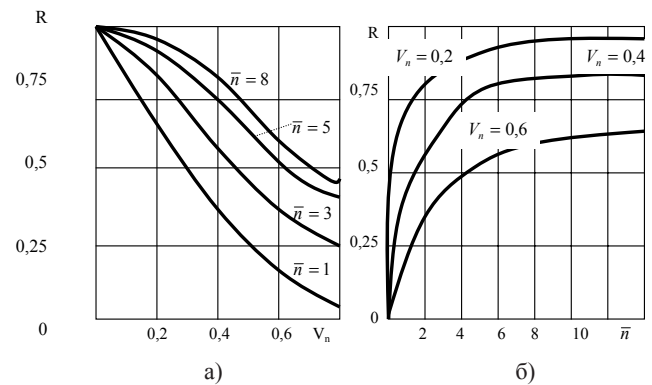


Рис. 8. Зависимость вероятности устойчивого функционирования мини-экономической системы от коэффициента вариации запаса устойчивости (а) и от среднего значения коэффициента запаса устойчивости (б)

Из анализа графиков, представленных на рис. 8, следует, что при фиксированном значении коэффициента вариации запаса устойчивости имеют место два четко выраженных участка: первый характеризуется значительным градиентом функции, на втором даже при значительном увеличении коэффициента запаса устойчивости вероятность устойчивого функционирования мини-экономической системы изменяется незначительно.

При этом экономические затраты на увеличение среднего запаса устойчивости не оправдываются. На втором участке функция вероятности устойчивого функционирования мини-экономической системы может быть с достаточной точностью аппроксимирована линейной зависимостью. Для определения минимального, экономически оправданного коэффициента запаса устойчивого функционирования мини-экономической системы необходимо провести аппроксимирующую прямую для второго участка функции вероятности. При этом точка отрыва будет соответствовать искомому коэффициенту.

Для оценки динамической экономической устойчивости функционирования промышленного предприятия при ограничении целевой функции «сверху» следует при определении коэффициента запаса устойчивости в выражении поменять местами целевую функцию и фазовую координату ее допустимых значений:

$$n(t_i) = \frac{q^*(t_i)}{Z(t_i)} \tag{41}$$

После указанной процедуры вероятность устойчивого функционирования и нижнее значение коэффициента запаса устойчивости можно получить из выражений, аналогичных (39) и (40).

Таким образом, под экономической устойчивостью промышленного предприятия понимается свойство предприятия за определенное время достигать цели функционирования или развития. Признаком устойчивости предприятия относительно цели является попадание значений стоимости предприятия в область цели,

а количественным показателем экономической устойчивости промышленного предприятия – вероятность достижения цели за заданное время.

Категория экономической устойчивости промышленного предприятия относительно цели является более информативной категорией, нежели устойчивость, понимаемая как способность системы возвращаться в состояние равновесия при внешних возмущающих воздействиях. Вероятность достижения цели за заданное время может принимать значение от 0 до 1, в то время как способность системы возвращаться в исходное состояние оценивается только двумя значениями: система либо способна возвращаться в исходное состояние, либо не способна.

Оценка экономической устойчивости промышленного предприятия должна основываться на системном подходе с использованием принципов устойчивости сложных сис-

тем. В работе приведены основные принципы системного подхода к исследованию экономической устойчивости предприятия. Показано, что устойчивость – это внешнее проявление внутренних свойств самого объекта.

Разработаны математические модели прогнозирования изменения денежного потока, генерируемого предприятием под воздействием возмущений и оценки случайного события попадания значений стоимости предприятия в область цели. Модели позволяют установить зависимость устойчивости предприятия от начального «стартового» состояния предприятия, создают необходимую базу для управления устойчивостью, позволяют оценивать эффективность этого управления на основе сопоставления затрат на повышение устойчивости с приращением показателя устойчивости.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Большаков В. Д. Теория ошибок наблюдений. М.: Недра, 1983. 223 с.
2. Венцель Е. С. Исследование операций. М.: Советское радио, 1972. 550 с.
3. Венцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятности и ее инженерные приложения. М.: Высш. шк., 2000. 362 с.
4. Венцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. М.: Высш. шк., 2000. 383 с.
5. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. М.: Мир, 1980. 610 с.
6. Капур К., Ламберсон Л. Надежность проектирования систем. М.: Мир, 1980. 604 с.
7. Купер Дж., Макгиллем М. Вероятностные методы анализа сигналов и систем. М.: Мир, 1989. 376 с.
8. Юдин Д. Б. Математические методы управления в условиях неполной информации. М.: Советское радио, 1974. 400 с.
9. Игольникова О. С., Копылов А. В. Нечетко-множественная модель оценки технической составляющей инновационного потенциала предприятия // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2010. № 3 (13). С. 124–131.

## REFERENCES

1. Bolshakov V. D. Theory of observation mistakes. M.: Nedra, 1983. 223 p.
2. Ventsel E. S. Operations investigation. M.: Sovetskoye radio, 1972. 550 p.
3. Ventsel E. S., Ovcharov L. A. Theory of chances and its engineering applications. M.: Vysshaya shkola, 2000. 362 p.
4. Ventsel E. S., Ovcharov L. A. Theory of random processes and its engineering applications. M.: Vysshaya shkola, 2000. 383 p.
5. Johnson N., Lion F. Statistics and planning of an experiment in the engineering and science. M.: Mir, 1980. 610 p.
6. Capur K., Lamberson L. Reliability of systems designing. M.: Mir, 1980. 604 p.
7. Cooper J., McGhillem M. Probabilistic methods of analysis of signals and systems. M.: Mir, 1989. 376 p.
8. Yudin D. B. Mathematical methods of management in conditions of incomplete information. M.: Sovetskoye radio, 1974. 400 p.
9. Igolnikova O. S., Kopylov A. V. Unclear-multiple model of evaluation of technical component of innovative potential of a company // Business. Education. Law. Bulletin of the Volgograd Business Institute. 2010. # 3 (13). P. 124–131.