

Федеральное агентство по образованию
Байкальский государственный университет экономики и права

**УПРАВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТЬЮ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ**

С.В. Чупров

**УПРАВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТЬЮ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ:
ТЕОРИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ, ПРАКТИКА**

Иркутск
Издательство БГУЭП
2009

УДК 005.12 + 658.511
ББК 65.050
Ч 92

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Байкальского государственного университета экономики и права

Рецензенты засл. деятель науки РФ, д-р физ.-мат. наук, проф.
 В.А. Дыхта
 засл. экономист РФ, д-р экон. наук, проф.
 А.Ф. Шуплецов

*Работа выполнена при финансовой поддержке Международного
научного фонда экономических исследований академика Н.П. Федоренко
(проекты 2005 г. и 2008 г.).*

Чупров С.В.
Ч 92 Управление устойчивостью производственных систем: теория,
методология, практика / С.В. Чупров. – Иркутск: Изд-во БГУЭП,
2009. – 302 с. – (Серия «Управление устойчивостью производствен-
ных систем».)

ISBN 978–5–7253–2148–7

Монография посвящена исследованию устойчивости производствен-
ных систем в комплексе структурного, организационного и поведенческого
аспектов. В центре внимания закономерности эволюции производственных
систем, их интеллектуализация и адаптация на основе применения кибер-
нетических методов и инструментов. Развивается теоретико-информацион-
ный подход к анализу деятельности и поддержанию устойчивости произ-
водственных систем с привлечением компьютерных технологий управле-
ния, представлений нелинейной динамики и языка нечетких множеств.

Для научных работников, студентов, преподавателей, менеджеров,
всех, кто интересуется проблемами исследования и обеспечения устойчиво-
сти промышленных предприятий.

Stability of production systems is explored in the context of its structural, or-
ganizational, and behavioral aspects. The focus is on the tendencies in the evolu-
tion of production systems, their intellectualizing and adaptability as a result of applica-
tion of cybernetic methods and tools. An information-theoretic approach to the
analysis of production systems' stability and its sustainment is developed based on
computerized management technologies, non-linear dynamics, and fuzzy sets.

For researchers, students, faculty, managers, for all who are interested in
problems of investigating and maintaining stability of industrial enterprises.

ББК 65.050

ISBN 978–5–7253–2148–7

© Чупров С.В., 2009
© Издательство БГУЭП, 2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Предисловие</i>	5
<i>Введение</i>	9
<i>1. Теоретические представления о сущности фундаментального понятия устойчивости в экономических исследованиях</i>	14
1.1. Содержание и коренные черты атрибута устойчивости динамических систем	14
1.2. Взгляд на природу экономической устойчивости с естественно-научных позиций.....	38
1.3. Обзор модельных исследований устойчивости экономических процессов.....	66
<i>2. Закономерности эволюции и устойчивость поведения производственных систем</i>	80
2.1. Равновесие и устойчивость промышленных предприятий в период трансформации российской экономики.....	80
2.2. Институциональные преобразования и информационный фактор поведения производственных систем	94
2.3. Синергетическая интерпретация эволюции производственных систем: от неустойчивого равновесия к устойчивому неравновесию	105
<i>3. Развитие методологии познания и обеспечения устойчивости производственных систем в процессе инновационной модернизации</i>	125
3.1. Теоретико-методологическая аргументация исследования и поддержания устойчивости производственных систем в инновационной среде	125
3.2. Логика прогресса производственных систем и организационно-управленческой поддержки их устойчивости.....	132
3.3. Информационный и инновационный ресурсы адаптивного поведения производственных систем.....	140
3.4. Энтропия и информация в производственной системе, их взаимосвязь и влияние на устойчивость экономического эффекта системы	150
<i>4. Обобщенный подход к анализу поведения и информационного потенциала производственных систем</i>	168

4.1. Количественный и качественный аспекты информации. Порядок в производственной системе, его оценка и принцип достаточности	168
4.2. Разнообразие состояний системы как обобщение меры их неоднородности и нерегулярности	179
4.3. Симбиоз вероятностного и детерминированного способов и принцип дополнительности в анализе поведения производственной системы.....	183
<i>5. Технология и инструменты управления устойчивостью производственных систем с инновационным оснащением прикладных методов и средств</i>	<i>190</i>
5.1. Предпосылки разработки и функции инновационной технологии управления устойчивостью предприятия.....	190
5.2. Структура и инструменты технологии адаптивного управления производственными системами.....	199
5.3. Методы анализа устойчивости эффективной деятельности предприятий	212
5.4. Совершенствование технологии адаптивного управления производственными системами с использованием эвристических алгоритмов и знаний.....	221
<i>Заключение</i>	<i>243</i>
<i>Список использованной литературы</i>	<i>247</i>
<i>Приложения</i>	<i>272</i>
Приложение 1. Анализ устойчивости динамической структуры пассивов (коэффициента автономии) предприятия.....	272
Приложение 2. Формализация и анализ изменения параметров неоднородности, нерегулярности и разнообразия состояний производственных систем.....	274
Приложение 3. Динамика основных показателей деятельности ОАО «Иркутский релейный завод»	285
Приложение 4. Уточнение допустимых значений финансовых показателей для обеспечения устойчивости предприятия.....	287
Приложение 5. Динамика основных показателей деятельности ОАО «Иркутскмебель»	291
Приложение 6. Анализ устойчивости уровня прибыли от продажи продукции предприятия	295
Приложение 7. Оценка срока окупаемости модернизируемой системы управления предприятия	298

*К 80-летию юбилею
Иркутского государственного
технического университета и
Байкальского государственного
университета экономики и права*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Бурный поток институциональных и инновационных перемен подвергает современные предприятия воздействию каверзных и нередко неизведанных факторов, открывая перед ними перспективы то успешного развития, то надвигающегося кризиса. Возросшие риски жизнеспособности предприятий несут противоречия не только национального или регионального хозяйств, но и сдвигов в мировой экономике, вторгающихся в сферу деятельности отечественных предприятий. Поэтому в эпоху стремительной трансформации деловой среды внимание специалистов предприятий резонно фокусируется прежде всего на направлениях модернизации их ресурсного потенциала, которые призваны обеспечить адаптацию предприятий к подвижным условиям окружения и наращивать их экономические преимущества на фоне обостряющейся конкуренции.

Притягательность и злободневность задачи укрепления рыночных позиций предприятий в жестком окружении побуждают перевести взгляд на их структуру, поведение и коммуникации с внешней средой. Такой подход позволяет не только глубже проникнуть в процесс эволюции предприятий, но и провести методологическую выверку результатов аналитического исследования. И очевидно, знание и использование системной концепции способствуют оттачиванию теоретических положений, а в практическом отношении – созданию предпосылок для поддержания ресурсного потенциала предприятий в динамичной и неопределенной среде. Тем самым удастся предупредить их кризис и избежать пагубной деградации и разрушения, расширить границы маневренности и инновационного развития предприятий.

В этой связи обращение аналитиков к проблематике управления устойчивостью производственных систем востребовано временем. Актуальность осмысления природы и обоснования принципов и средств обеспечения устойчивости предприятий становится еще выше, если принять во внимание то обстоятельство, что прикладной инструментарий познания и сохранения свойства устойчивого поведения систем в экономике еще не нашел углубленной теоретической и методологической проработ-

ки. Автор предлагает подход к решению этой задачи в рамках естественно-научных и классических воззрений ученых-экономистов об атрибутах равновесия и устойчивости в хозяйственной сфере.

Настоящая монография продолжает серию книг, объединенных общей темой исследования «Управление устойчивостью производственных систем» [304, 313, 315, 319], и представляет дополненное изложение докторской диссертации автора на тему «Управление устойчивостью производственных систем в условиях инновационной модернизации». С привлечением материала предыдущей монографии [319] в этом издании теоретический аспект проблемы в большей мере синтезирован с практическим приложением результатов исследования, что и позволило органичнее обобщить в предлагаемой монографии вопросы теории, методологии и практики познания и обеспечения устойчивости производственных систем.

В первой главе монографии предложен анализ содержания понятия и свойств устойчивости с точки зрения классической механики и современных подходов теории управления, после чего обоснование сущности системного атрибута устойчивости переходит в область его экономических приложений и наиболее известных модельных исследований устойчивости экономических процессов.

Во второй главе изложение проблематики достижения устойчивости продолжается в контексте преобразований и эволюции этих систем под знаком быстрых и радикальных перестроек, инициированных как институциональными реформами в нашей стране, так и нарастающим потоком инноваций, существенно меняющих деятельность производственных систем. Трансформация поведения систем со сменой неустойчивого равновесия устойчивым неравновесием рассматривается под углом зрения нелинейной динамики и синергетической парадигмы. Показано, что с распространением метода А.М. Ляпунова на сферу управления финансами предприятий удастся доказать возможность сохранения устойчивости рациональной структуры их пассивов при надлежащем адаптационном потенциале предприятий.

В третьей главе обосновывается расширение методологического аппарата исследования и поддержания устойчивости производственных систем, благодаря привлечению как традиционных системных и кибернетических подходов, так и представлений физики, синергетики, теорий катастроф и нечетких множеств. В исторической ретроспективе проводится осмысление закономерности прогресса производственных систем, их инновационного развития и выводится условие сохранения устойчивости эффекта функционирования систем на базе энтропийной и информационной концепций.

В четвертой главе представлено исследование количественного и качественного атрибутов информационного потенциала производственной системы и их обобщение, мотивируется симбиоз вероятностного и детерминированного способов описания информации. Наряду с этим анализ разнообразия состояний системы сопровождается обоснованием параметров их упорядоченности, что позволяет сформулировать принцип достаточности в производственной системе, ввести параметры неоднородности и нерегулярности ее состояний для классификации этих систем и использования для настройки моделей планирования производства.

В пятой главе раскрываются предпосылки разработки, функции, методы и инструменты инновационной технологии управления устойчивостью предприятий. Иллюстрируется использование критерия А.М. Ляпунова для доказательства возможности поддержания устойчивости показателя прибыли от реализации продукции предприятий, обращается внимание на необходимость уточнения допусков финансовых коэффициентов и проводится сравнительная оценка эффективности модернизируемой системы управления предприятия. Рассматриваются проблемы классификации производственных систем в проектировании адаптивной системы управления, предлагаются методы их типологии и оснащение модельных алгоритмов приемами обработки плохо формализуемой эвристической информации с помощью средств теории нечетких множеств.

В заключении кратко формулируются основные результаты и выводы проведенного исследования. В приложении вынесены обзоры динамики основных показателей работы ОАО «Иркутский релейный завод» и ОАО «Иркутскмебель», а также математические обоснования параметров неоднородности, нерегулярности и разнообразия состояний производственных систем, доказательства корректности приводимых автором положений относительно условий устойчивости динамической структуры пассивов (коэффициента автономии) и уровня прибыли от продажи продукции предприятия, необходимости уточнения допустимых значений финансовых коэффициентов и оценки сроков окупаемости модернизируемой системы управления предприятия.

Автор считает своей приятной обязанностью выразить глубокую благодарность наставникам и коллегам по Иркутскому государственному техническому университету и Байкальскому государственному университету экономики и права и прежде всего безвременно ушедшему от нас канд. техн. наук, профессору, заслуженному работнику высшей школы РФ Е.И. Попову, канд. экон. наук, доценту И.В. Замятину, д-ру экон. наук, профессору, заслуженному деятелю науки РФ Г.В. Да-

выдовой и д-ру экон. наук, профессору, заслуженному экономисту РФ Т.Д. Бурменко.

В процессе работы над диссертацией и монографией автору оказали щедрую и ценную помощь в понимании математических нюансов исследования свойства устойчивости движения главный научный сотрудник Института динамики систем и теории управления СО РАН, заслуженный деятель науки РФ д-р физ.-мат. наук, профессор В.А. Дыхта и канд. физ.-мат. наук, доцент Р.З. Абдуллин и экономических вопросов устойчивости производственных систем – заведующий кафедрой экономики предприятия и предпринимательской деятельности Байкальского государственного университета экономики и права, заслуженный экономист РФ, д-р экон. наук, профессор А.Ф. Шуплецов. Автор выражает им свою признательность и глубокую благодарность.

Критические замечания и предложения читателей автор ожидает по адресу 664003 г. Иркутск, ул. Ленина, 11, БГУЭП или электронной почтой на E-mail: chuprov@isea.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Властной закономерностью нашего времени стало нарастание темпа изменений и испытание им хозяйственной деятельности предприятий. Ускорение институциональных и инновационных процессов преобразует сам облик предприятий, побуждая их принять вызовы кардинальных перемен и укреплять свои позиции в конкурентном окружении. И перед лицом влияния вездесущих и дерзких рисков факторов предприятия «обречены» на поиск методов и средств эффективного управления своей устойчивостью.

В теоретическом отношении исследование устойчивости производственных систем логично проводить с позиций естествознания, поскольку понятие устойчивости зародилось в «недрах» механики и получило известную интерпретацию в статистической физике. Поэтому при обсуждении истоков и развития учения об устойчивости уместным выглядит обращение к наследию Ж. Лагранжа, Дж. Гиббса, Л. Больцмана и теоретиков кибернетики и синергетики. Они оказали плодотворное влияние на выяснение сущности и свойств равновесия и устойчивости в экономических процессах, чему посвятили научные разработки М. Алле, А.А. Богданов, Л. Вальрас, Л. Гурвиц, Ж. Дебре, Л.В. Канторович, Дж. Кейнс, Н.Д. Кондратьев, О. Ланге, В. Леонтьев, В.Л. Макаров, А. Маршалл, Дж. Нэш, В.М. Полтерович, П. Самуэльсон, Е.Е. Слуцкий, Р. Солоу, Дж. Стиглер, Дж. Стиглиц, Я. Тинберген, Дж. Хикс, Й. Шумпетер, К. Эрроу и др.

Наряду с этим анализ структуры и поведения экономических объектов восходит к фундаментальным исследованиям в мире систем, в которых ценен вклад физиков: А.А. Андропова, Н. Бора, Л. Бриллюэна, В. Гейзенберга, И. Пригожина, Г. Хакена, Э. Шредингера; математиков: В.И. Арнольда, Н. Винера, В.М. Глушкова, Л. Заде, А.Н. Колмогорова, А.М. Ляпунова, Н.Н. Моисеева, Дж. фон Неймана, А. Пуанкаре, К. Шеннона; биологов: П.К. Анохина, Н.А. Бернштейна, У. Эшби; философов: В.Г. Афанасьева, И.Б. Новика, М.И. Сетрова, А.Д. Урсула и др. В органическом «сплаве» этих научных областей и кристаллизуются теоретические и методологические воззрения об устойчивости функционирования производственных систем.

Современные изыскания по устойчивости предприятий продолжают традицию полиаспектного охвата их деятельности и расширяют спектр обсуждаемых проблем. На углубление системологических представлений о механизме экономической устойчивости направлен творческий поиск Н.В. Амбросова, А.И. Добрынина, В.В. Кобзева, В.А. Козловского, Н.К. Моисеевой, Е.В. Попова, Е.И. Попова,

Б.Ю. Сербиновского. В рамках институциональных преобразований черты устойчивого функционирования национальной экономики раскрываются в работах Л.И. Абалкина, Р.С. Гринберга, В.-Б. Занга, В.В. Ивантера, Г.Б. Клейнера, Д.С. Львова, А.Д. Некипелова, Н.Я. Петракова; инновационных – Ю.П. Анискина, А.И. Анчишкина, А.В. Бабкина, С.Ю. Глазьева, В.И. Маевского, И.В. Прангишвили, Л.М. Пуятинной, В.А. Трапезникова, А.Ф. Шуплецова; антикризисного управления – в трудах И.Ю. Беляевой, А.Г. Грязновой, Э.М. Короткова; производственного менеджмента – В.Ф. Ершова, Г.А. Краюхина, Ю.А. Львова, Э.В. Минько, В.А. Петрова, В.Н. Родионовой, Н.А. Саломатина, Р.Л. Сатановского, С.А. Соколицына, К.Г. Татевосова, О.Г. Туровца; риск-менеджмента – А.Б. Каневского, Р.М. Качалова, Е.С. Стояновой, М.А. Федотовой и др.

В повестке исследований устойчивости предприятий находит отражение большой круг вопросов ее обеспечения. В частности, организационно-управленческая тематика разрабатывается в трудах А.П. Градова, Г.В. Давыдовой, В.И. Дудорина, О.В. Козловой, Б.З. Мильнера, В.В. Мыльника, Р.Л. Сатановского; социально-трудовая – в работах М.А. Винокурова, Т.Г. Озерниковой, Н.Г. Солодовой; финансовая – у А.В. Грачева, В.В. Ковалева, Р. Мертона, А.Д. Шеремета и др. Национальный и региональный компоненты поддержания устойчивости хозяйствующих субъектов подвергнут обстоятельному анализу А.Г. Гранбергом, Т.Г. Красновой, В.Ю. Роговым, В.И. Самарухой, А.П. Суходоловым, А.И. Татаркиным, Ф.И. Шамхаловым и др.

Новизна и многогранность выдвигаемых теорией и практикой экономики задач вместе с тем приводят к тому, что в тени исследований подчас остаются узловые теоретические, методологические и прикладные вопросы сохранения устойчивости производственных организаций. Освоение этой проблематики предполагает системное понимание истоков и факторов кризиса отечественных предприятий, анализ, синтез и обобщение показателей устойчивого поведения их производственных систем, обоснование методики мониторинга и допусков показателей, формирования структуры и средств комплекса адаптивного управления предприятием и его апробации. Словом, решение проблемы управления устойчивостью производственных систем еще ожидает приложения междисциплинарной методологии и инструментов изучения и обеспечения их эффективной деятельности, обнаружения и локализации потенциальных угроз, выявления стимулов и реагирования на них для поддержания устойчивости систем в рыночной среде. А это и позволит сомкнуть и увязать теоретический и практический аспекты управления устойчивостью производствен-

ных систем с учетом влияния на них институциональных и инновационных факторов.

Достижение этой цели автор видит в решении следующих задач:

- осмысления сущности и коренных черт фундаментального понятия устойчивости в научных исследованиях, его содержания в сфере экономических приложений к регулированию хозяйственных процессов и управлению производственными системами;

- выявления особенностей влияния институциональных преобразований и информационного развития производственных систем на устойчивость их поведения, анализа факторов кризиса, обретения и потери равновесия и устойчивости промышленных предприятий в пореформенный период их деятельности;

- познания закономерностей эволюции и раскрытия логики прогресса производственных систем под углом зрения обеспечения их устойчивости, проведения синергетической интерпретации перестроек и перехода производственных систем от неустойчивого равновесия к устойчивому неравновесию;

- обоснования методологических принципов исследования и поддержания устойчивости производственных систем сквозь призму специфики их инновационной модернизации;

- определения роли информационного и инновационного ресурсов для обеспечения адаптивного поведения производственных систем, энтропийного оценивания информационного потенциала производственной системы и его влияния на устойчивость экономического эффекта системы;

- изучения и обобщения количественного и качественного аспектов информации в производственных системах, симбиоза вероятностного и детерминированного способов оценивания информации для анализа поведения этих систем;

- формулирования предпосылок построения и разработки функций, структуры и инструментов инновационной технологии управления производственными системами;

- обоснования методов анализа и сохранения устойчивости эффективной деятельности предприятий, совершенствования адаптивного управления производственными системами с использованием эвристических алгоритмов и знаний.

Теоретико-методологической основой исследования являются фундаментальные положения общественных наук и естествознания. Обширные исследования экономической науки (экономической теории, институциональной экономики, теории общего экономического

равновесия, теории фирмы) раскрывают в исторической ретроспективе развитие понятий экономического равновесия и устойчивости, характер, методы и результаты проведенных в этой области аналитических разработок.

Базовые категории и концепции механики, термодинамики, статистической физики, биологии позволяют глубже понять генезис понятий и атрибуты равновесия и устойчивости систем и, отправляясь от классических воззрений о них, провести изучение их семантики и приемов анализа. Энтропийное толкование равновесного и неравновесного, устойчивого и неустойчивого процессов в природных и технических системах помогают проникнуть в сущность этих явлений и природу экономических взаимодействий.

Методологический арсенал системного анализа, кибернетики, теорий информации и катастроф, синергетики, гомеостатики придает логическую стройность научному поиску и предлагает аргументацию равновесному и адаптационному поведению экономических систем, их эволюции, самоорганизации и динамическим перестройкам.

Привлечение инструментария цикла управленческих дисциплин (теории управления, менеджмента, инновационного менеджмента и антикризисного управления) дает возможность обосновывать подходы к проектированию, эксплуатации и совершенствованию системы управления устойчивостью промышленных предприятий в инновационной среде.

Применение методов математического анализа, математической статистики, формальной логики и теории нечетких множеств обеспечило поиск и доказательство условий устойчивости структуры пассивов и прибыли от продажи продукции предприятия, формализацию эвристической информации и повышение адаптивности алгоритмов моделей планирования.

Существенное значение в информационно-эмпирической базе исследования имеют результаты, полученные автором в рамках выполнения исследований по грантам Минобразования РФ: по фундаментальным проблемам в области экономических наук («Концепция и методология организационно – экономического обеспечения выживания промышленных предприятий»; 1997–1998 гг., грант № 40), по фундаментальным исследованиям в области экономических наук («Антикризисное управление промышленными предприятиями: концепция, методология, инструментарий»; 1999–2000 гг., шифр гранта 4–17), по фундаментальным исследованиям в области гуманитарных наук («Разработка организационно – экономического механизма обеспечения устойчивости предприятий»; 2001–2002 гг., шифр гранта Г00–3.3–313 и «Разви-

тие методологии и прикладных средств диагностики кризиса промышленных предприятий»; 2003–2004 г., шифр гранта Г02–3.3–302) и грантов Международного научного фонда экономических исследований акад. Н.П. Федоренко на тему «Теоретико-методологические аспекты управления устойчивостью промышленного предприятия» (2006 г., проект 2005–061) и по изданию настоящей монографии.

Прикладная значимость излагаемого исследования состоит в возможности широкого использования разработанных теоретических положений, методологических подходов и инструментальных средств в практике управления устойчивостью производственных систем предприятий.

Полученные автором результаты нашли применение в процессе выполнения научно-исследовательских работ в рамках формирования Программы социально-экономического развития города Иркутска до 2007 года (раздел «Промышленность»), Программы социально-экономического развития Иркутской области на 2006–2010 гг. (раздел «Промышленность»), Программы комплексного социально-экономического развития города Иркутска на 2008–2020 годы (разделы «Промышленно-производственный потенциал города», «Инновационный потенциал», «Развитие промышленно-производственного потенциала города»), в аналитической работе ОАО «Иркутский релейный завод» и ОАО «Иркутскмебель».

Спроектированный комплекс управления устойчивостью производственных систем, основные функции которого реализованы в пусковой версии программного продукта «Компьютерная поддержка мониторинга деятельности предприятия (версия 1.0)» (свидетельство Роспатента об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2003610633 от 13.03.2003 г.), может быть использован специалистами предприятий и органов регионального управления для анализа тенденций деятельности, заблаговременного распознавания угроз и предотвращения потери устойчивости предприятий.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СУЩНОСТИ ФУНДАМЕНТАЛЬНОГО ПОНЯТИЯ УСТОЙЧИВОСТИ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

1.1. Содержание и коренные черты атрибута устойчивости динамических систем

Понятие устойчивости, порожденное закономерностями движения механических систем, давно переросло рамки физических воззрений и стало общенаучной категорией. Ныне сфера приложения этого понятия поистине безгранична, как необозримы системные образования и многогранно проявление их атрибутов. Исследование устойчивости систем имеет богатую историю, но до сих пор в этом познавательном процессе не сняты теоретико-методологические и инструментальные проблемы, в преодолении которых принимают деятельное участие физики, математики, кибернетики, биологи, экономисты, философы и их коллеги других отраслей науки.

Приступая к обсуждению определения устойчивости, А. Пуанкаре предваряет его ремаркой о том, что уже тогда «слово «устойчивость» понимали в весьма различном смысле» [219, с. 130]. Подобное суждение высказал Р. Беллман, характеризуя устойчивость как «слово с большой перегрузкой и неустоявшимся определением», о чем пишет У. Эшби в монографии по кибернетике [341, с. 109]. В унисон звучит мнение Ж. Ла–Салля и С. Левшеца: «Термин «устойчивость» настолько выразителен, что он сам почти все за себя говорит» [139, с. 38]. «Неточности и нелогичности можно встретить как раз не в математических, а смысловых понятиях и терминах», – подчеркивает А.А. Воронцов [58, с. 87]. О том же рассуждает А.А. Красовский в справочнике по теории автоматического управления: «В настоящее время число понятий устойчивости настолько велико, что этот термин справедливо считается перегруженным» [127, с. 89]. Сошлемся и на математическую энциклопедию, согласно которой «устойчивость – термин, не имеющих четко определенного содержания» [159, стб. 560].

И все же для корректного понимания устойчивости предпримем попытку осмыслить содержание этой категории, опираясь на произведения авторитетных отечественных и зарубежных ученых, чье творчество было обращено к постижению этого удивительного свойства систем. А его изучением занимались исследователи редкостного таланта и интеллекта: лорд У. Кельвин, Ж. Лагранж, А.М. Ляпунов, Н.Е. Жуковский, А. Пуанкаре, С. Пуассон, Л. Эйлер и их последователи А.А. Андронов, Н.Н. Красовский, А.М. Летов, Н.Г. Четаев и др.

Мы знаем, что в соответствии с законом инерции Г. Галилея, всякое тело сохраняет свое состояние покоя или равномерного движения, пока приложенные к нему силы не вынудят тело изменить свое поведение. Состояние покоя означает, что все точки тела остаются неподвижными по отношению к некоторой системе отсчета. Изучая состояние равновесия или движения тела, возникает вопрос: при каких условиях равновесие и движение тела сохраняются, а когда происходит их нарушение?

Наблюдения показывали, что в механических системах движения вблизи состояния равновесия обнаруживали стремление к возвращению к нему, как, например, в знакомом случае с маятником, совершающим под действием силы тяжести колебания вокруг оси подвеса. «При всяком колебании около положения равновесия на тело действует сила, «желающая» вернуть тело в положение равновесия, – констатировали Л.Д. Ландау и А.И. Китайгородский. – Когда точка удаляется от положения равновесия, сила замедляет движение, когда точка приближается к этому положению, сила ускоряет движение» [137, с. 117]. Авторы замечают, что при наличии трения колебания постепенно затухают, и отклоненный в очень вязкой среде маятник может без колебаний вернуться в положение равновесия.

Равновесие механической системы подразумевает достижение сбалансированности всех действующих на нее сил, причем эти силы могут быть приложены к системе не только в состоянии покоя, но и при ее движении. Обобщая идеи Я. Германа и Л. Эйлера о колебаниях тел, Ж. Лагранж полагал, что равновесие есть результат уничтожения нескольких сил, которые борются и взаимно сводят на нет действие, производимое ими друг на друга. Рассуждая о принципах динамики, он писал: «В самом деле, если мы представим себе, что каждому телу мы сообщаем в противоположном направлении то движение, которое оно должно получить, то ясно, что система будет приведена в положение покоя... таким образом, должно существовать равновесие... между силами, которые способны их вызвать» [134, с. 313].

Востребованное из естествознания понятие равновесия вошло в современный обиход без существенных изменений своего содержания и применяется в экономике в исконном смысле. Но равновесное состояние отнюдь не означает, что система пребывает в абсолютном покое и не испытывает малейших изменений. Уже в механике исходили из того, что находящееся в равновесии твердое тело на самом деле может подвергаться незначительным деформациям, и ими пренебрегали, считая тело недеформируемым. Помехой намеченному движению могут быть и начальные условия, т.е. положение и скорости точек системы в момент

начала движения, в силу влияния которых последующее движение может принять иную траекторию. И поскольку понятие устойчивости имело механистический оттенок, то оно относилось к собственному движению системы, на которое оказывали влияние начальные условия и свойства самой системы, поэтому внешние воздействия на нее оставались без внимания и системы рассматривались изолированными.

Вообще говоря, если известны приложенные силы и начальные условия системы, то теоретически можно определить траекторию ее движения, которое носит расчетный характер и именуется невозмущенным. Подобных движений у системы может быть множество. Вместе с тем в реальности в динамику системы вмешиваются возмущающие факторы, которые отклоняют ее траекторию от расчетной, и движение системы становится возмущенным. Источником возмущений могут быть как непредвиденные помехи движению, так и ошибки измерения начальных условий, которые тоже препятствуют движению по ожидаемой траектории.

Но не всякое состояние равновесия обладает свойством самовосстановления после того, как система утратила его, придя в движение. Подобное состояние равновесия, которое тело вновь обретает после действия возмущающей силы, получило название устойчивого, в отличие от неустойчивого равновесия, которое система покидает без последующего возвращения к нему.

Такое понимание свойства устойчивого равновесия согласуется с нашим обыденным опытом и вполне пригодно для применения в областях знаний, не связанных с углубленным изучением динамики систем. Однако там, где их эволюция становится в центре внимания аналитиков, настоящее определение не может быть признано исчерпывающим: оно неизбежно должно содержать условия и границы инвариантного поведения системы. Поэтому читатель, обратившись, например, к классической «Аналитической механике» Ж. Лагранжа, откроет для себя более строгое толкование устойчивого равновесия в том смысле, «что если сначала система находилась в состоянии равновесия, а затем была немного из него выведена, то она сама собою стремится вернуться к этому состоянию, совершая около него бесконечно малые колебания» [134, с. 97]. Более «динамическое» определение устойчивого равновесия принадлежит П. Дирихле: оно «значит, что если точки системы бесконечно мало сместить из их положения равновесия и каждой из них сообщить необходимую начальную скорость, то в течение всего движения смещения различных точек системы по отношению к положению равновесия всегда будут находиться между некоторыми определенными и очень малыми пределами» [140, с. 537].

Примечательностью устойчивого равновесия стало проявление экстремальных свойств потенциальной энергии для консервативной системы – системы, в которой выполняется закон сохранения механической энергии. Вернее, теорема Ж. Лагранжа – П. Дирихле гласит: равновесие устойчиво, если в этом состоянии потенциальная энергия консервативной системы минимальна. Наглядную иллюстрацию этому свойству дает принцип Э. Торричелли, по которому в системе тяжелых тел, находящихся в равновесии, центр масс занимает относительно наиболее низкое из всех возможных положений.

Предложена и иная интерпретация. Равновесие материальной системы устойчиво, если в этом положении функция сил достигает максимума. А.М. Ляпунов доказал: если это условие не выполняется, то эти положения часто характеризуются как неустойчивые. Подобное свойство устойчивого равновесия побуждало найти ему аргументацию и в экономических системах, но об этом чуть позже.

Посвятивший себя изучению небесной механики, А. Пуанкаре исследовал периодические орбиты и устойчивость солнечной системы. Наряду с устойчивостью по Ж. Лагранжу, когда траектории движения системы оставались в конечной фазовой плоскости, А. Пуанкаре ввел понятие устойчивости по С. Пуассону. В последнем случае устойчивость носит «ослабленный» характер, т.к. решение задачи по амплитуде не отвечает устойчивости по Ж. Лагранжу, хотя и возвращается к своему первоначальному значению бесконечное число раз.

Между тем во времена А. Пуанкаре исследование устойчивости проводилось по упрощенной схеме, результатом применения которой было придание сложному уравнению движения системы линейного вида, для чего члены уравнения выше первого измерения отбрасывались. Такой прием вызвал обоснованные возражения А.М. Ляпунова, считавшего, что законность такого упрощения ничем не оправдана. И на то были причины: анализ полученного таким приемом линеаризованного уравнения говорил об устойчивости движения, тогда как в действительности оно порой оказывалось неустойчивым. В жизни мы встречаем больше нелинейных процессов, чем линейных в чистом виде.

Поставленная А.М. Ляпуновым задача состояла в том, чтобы узнать, можно ли начальные значения функций, «не делая их нулями, выбирать настолько численно малыми, чтобы все время, следующее за начальным моментом, функции эти оставались численно меньшими некоторых заранее заданных, отличных от нуля, но сколь угодно малых пределов» [148, с. 27]. Итогом его неутомимых изысканий стала разработанная к 1892 г. стройная и логически безупречная теория, воз-

вестившая о новой эпохе в исследовании устойчивости систем и носящая по праву имя ее создателя А.М. Ляпунова.

Высказанная им основная идея устойчивости достаточно проста и выражает инерционность поведения системы: ее возмущенное движение должно быть близким к невозмущенному движению. Для движения, описываемого дифференциальными уравнениями, устойчивость означает, что малому возмущению начальных условий соответствует решение, мало отличающееся от исходного решения для сколь угодно больших значений параметра времени. Тем самым, если слабое возмущение движения системы не уводит ее траекторию за заданные границы, можно констатировать устойчивое движение системы.

В переводе на математический язык такое определение устойчивости формализуется с помощью указываемых областей – допустимых начальных условий (возмущений) и допустимых отклонений траектории (функции). По А.М. Ляпунову, невозмущенное движение устойчиво, если модуль разности значений функций, выражающих возмущенное и невозмущенное движение, с течением времени меньше произвольно заданной положительной величины при условии, что модули величин возмущений не превышают выбираемых положительных чисел. При этом речь идет не об устойчивости системы как таковой, а об устойчивости лишь ее невозмущенного движения. Оно имеет привязку к назначенным начальным условиям и потому зависит от аналитика.

Заметим: поскольку невозмущенное движение является расчетным и в известном смысле «идеальным», оно играет особую роль в исследовании динамики систем. Относительно его судят о способности системы выдерживать перегрузки и сохранять устойчивость своего поведения. Частными случаями невозмущенного движения принимают равновесное состояние, при котором траектория движения системы вырождается в точку, и установившийся режим автоколебаний. Отсюда в общем случае свойство устойчивости может быть распространено не только на равновесные, но и неравновесные процессы в системах. Это обстоятельство весьма существенно, поскольку исторически устойчивость рассматривалась по отношению к равновесию, тогда как об устойчивости неравновесного поведения системы стали говорить преимущественно в связи с феноменами термодинамики и статистической физики.

В более строгом математическом изложении определение устойчивости по А.М. Ляпунову можно сформулировать следующим образом: обозначим невозмущенное движение (решение) системы $z(t)$, а возмущенное движение – $x(t)$. Тогда невозмущенное движение $z(t)$ называется устойчивым по А.М. Ляпунову, если для всякого $\varepsilon > 0$ можно ука-

зять $\delta(\varepsilon, t_0) > 0$ такое, что из неравенства $|x(t_0) - z(t_0)| < \delta(\varepsilon, t_0)$ вытекает неравенство $|x(t) - z(t)| < \varepsilon$ при $t \geq t_0$. Для иллюстрации устойчивости на рис. 1.1 изображена трубка траекторий в окрестности невозмущенного движения $z(t)$, а также область начальных условий с радиусом δ [84, с. 71].

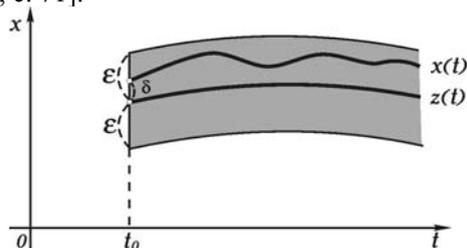


Рис. 1.1. Устойчивость изменяющейся во времени величины $z(t)$

Устойчивость по А.М. Ляпунову означает, что как бы ни была узка трубка вдоль траектории невозмущенного движения, возмущенное движение, начавшееся в δ -окрестности, равной или меньшей ε -окрестности заданной начальной точки, будет оставаться в указанной ε -трубке. Еще раз подчеркнем, что определение устойчивости подразумевает выполнение двух видов ограничений: с одной стороны, ограничивается совокупность начальных возмущений, а с другой стороны, ограничивается реакция на них движений системы. Во всех случаях, когда эти ограничения соблюдаются, говорят, что возмущенное движение системы сходится к невозмущенному.

Возмущенное движение может сходиться к невозмущенному в обычном смысле с выполнением двух упомянутых ограничений, а может протекать в «усиленном» режиме – асимптотически, когда возмущенное движение не только ограничено областью допустимых отклонений, но разность между возмущенным и невозмущенным движением становится все меньше и меньше и в пределе уменьшается до нуля. Во втором случае имеет место асимптотическая устойчивость невозмущенного движения. Иначе говоря, обладающая свойством асимптотической устойчивости система после действия возмущений восстанавливает свой процесс в том виде, каким он был бы в отсутствие этих возмущений. Наглядными примерами асимптотической устойчивости траектории, которая не только остается в сколь угодно малой трубке вдоль невозмущенной траектории, но и стремится с течением времени к невозмущенному состоянию, могут служить иллюстрации на рис. 1.2 и рис. 1.3 [21, с. 13].

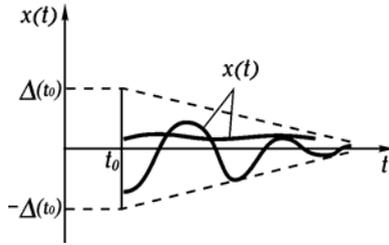


Рис. 1.2. Асимптотическая устойчивость нулевого решения

На первом из них ограниченная интервалом $\pm\Delta(t_0)$ волнообразная траектория выпрямляется и по прошествии времени сливается с невозмущенным (нулевым) решением $x(t)$ (рис. 1.2), а на втором траектория $x(t)$ направлена к началу координат и с каждым витком приближается к нему (рис. 1.3). Таким образом, сравнивая устойчивость по А.М. Ляпунову и асимптотическую устойчивость, правомерно заключить, что обеспечение асимптотической устойчивости системы является более жестким, поскольку дополнительно вводится требование возвращения к невозмущенному движению.

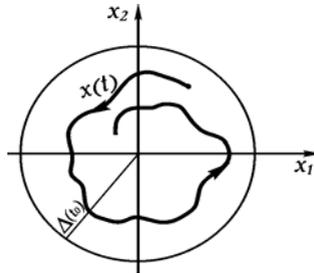


Рис. 1.3. Фазовый портрет асимптотически устойчивой траектории

Для констатации неустойчивости невозмущенного движения достаточно иметь хотя бы одну траекторию, которая при сколь угодно малых возмущениях выходит за границы области допустимых отклонений ε -окрестности [84, с. 72] (рис. 1.4).

На рис. 1.4 видно, что в момент времени t_1 траектория (решение) $x_\delta(t)$ пересекает ε -трубку и «выпрыгивает» из нее, что указывает на неустойчивость невозмущенного движения. В этом толковании устойчивости движения важно подчеркнуть зависимость δ -окрестности от величины ε -трубки: ведь δ выбирается исходя из наперед заданной области ε -трубки, вследствие чего для каждой ε -трубки существует своя

δ -окрестность. Но отнюдь не для каждой величины δ можно найти такую ε -окрестность, которая ограничит траекторию, начавшую движение из δ -окрестности.

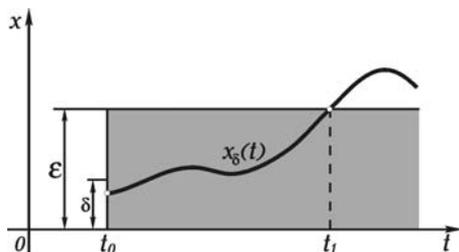


Рис. 1.4. Неустойчивость изменяющейся во времени величины $x_\delta(t)$

Именно поэтому в теории устойчивости А.М. Ляпунова возмущениям приписываются любые численно достаточно малые значения. В развернутом толковании устойчивости движения, которое находим в физическом энциклопедическом словаре, смысл его сводится к тому, что движение устойчиво, если при достаточно малых начальных возмущениях какой-нибудь из характеристик движение системы в последующем мало отличается от своего значения в невозмущенном движении [275, с. 797]. Как видим, в этом определении говорится о ничтожных величинах: малых начальных возмущениях и малом отклонении от невозмущенного движения. И это понятно, поскольку подразумевается конечный характер изменения этих условий, ограниченность их некоторым пределом. Н.Г. Четаев считал, что малость отклонений теории от эксперимента является фундаментальным требованием для всей нашей системы научного знания.

Обратим внимание и на то обстоятельство, что не всякое состояние или движение системы может быть устойчивым. В отношении одних состояний и движений можно утверждать об их устойчивости, тогда как других нет. Поэтому следует специально оговаривать, какие траектории и переменные системы анализируются на устойчивость. Доказано, что в одной и той же системе одни состояния или движения могут быть устойчивыми, а другие неустойчивыми. И даже одно и то же движение может быть устойчивым относительно одной переменной и неустойчивой относительно другой.

Среди разделов общей теории управления самой разработанной является теория автоматического управления, для которой решение вопроса об устойчивости системы является первой основной задачей. В связи с этим представляется обоснованным обращение к проблематике

устойчивости с позиций методологии и инструментария этой теории. В ее рамках изучение устойчивости предполагает оперирование величиной погрешности, в данном случае расхождения между невозмущенным и возмущенным движением.

При исследовании ее зависимости от времени прежде всего появляются вопросы о том, какова динамическая картина переходного процесса, в частности, продолжительность периода перевода системы в конечное состояние после влияния возмущений. Дело в том, что из-за запаздывания и инерционности протекающих в системе процессов управляемая подсистема реагирует на командные воздействия не сразу, и потому подобный переход происходит не мгновенно, а в течение некоторого времени.

Сущность устойчивости меняется в зависимости от того, является ли исследуемая система линейной или нелинейной. Устойчивость линейной системы подразумевает ее возвращение после действия внешних возмущений в исходное состояние. В нелинейной системе протекают более сложные процессы и для ее устойчивости считают возможным, чтобы траектория движения системы с прекращением влияния внешних возмущений оставалась в заданной области. Поэтому колебательное движение в линейной системе служит признаком ее неустойчивости, тогда как в нелинейной системе, наоборот, может быть вполне «правильным» и свидетельствовать о ее устойчивости. В теории автоматического управления обосновывается, что устойчивость невозмущенного движения линейных систем не зависит от вида и характера изменения внешних (задающего и возмущающих) воздействий.

Литературные источники предлагают богатую гамму толкований понятия устойчивости. Принадлежащие известным ученым по математике, физике, кибернетике, теории автоматического управления, экономике и другим отраслям знаний, они раскрывают многоаспектность свойства устойчивости, о чем можно судить по приведенной в хронологическом порядке в табл. 1.1 подборке мнений.

Таблица 1.1

Толкования понятия устойчивости равновесия, состояния, движения, решения, системы

Толкование понятия (характеристика) устойчивости равновесия, состояния, движения (траектории), решения, системы (свойства устойчивости)	Автор (авторы) и год опубликования работы
Устойчивое равновесие имеет место в том смысле, что, если сначала система находилась в состоянии равновесия, а затем была немного из него выведена, то она сама собою стремится вернуться к этому состоянию, совершая около него бесконечно малые колебания	Ж. Лагранж 1950 г. (1788 г.) [134, с. 97]

Продолжение табл. 1.1

Толкование понятия (характеристика) устойчивости равновесия, состояния, движения (траектории), решения, системы (свойства устойчивости)	Автор (авторы) и год опубликования работы
Невозмущенное движение устойчиво, если модуль разности значений функций, выражающих возмущенное и невозмущенное движения, с течением времени меньше произвольно заданной положительной величины при условии, что модули величин возмущений не превышают выбираемых положительных чисел	А.М. Ляпунов 2007 г. (1892 г.) [148, с. 34–35]
Равновесия и движения, слабо изменяющиеся при возмущениях, были названы устойчивыми	Н.Г. Четаев 1990 г. (1946 г.) [288, с. 7]
Если малые ошибки в начальных данных обуславливают также малые ошибки в последующие моменты времени, то невозмущенное движение устойчиво в смысле А.М. Ляпунова	Г.Н. Дубошин 1952 г. [89, с. 13]
Если влияние малых возмущающих факторов на движение материальной системы незначительно, так что возмущенное движение мало отличается от невозмущенного, движение называется устойчивым	И.Г. Малкин 2004 г. (1952 г.) [156, с. 9]
Система будет называться устойчивой, если выходной сигнал остается ограниченным для всех ограниченных входных сигналов	Г. Саймон 1961 г. (1952 г.) [228, с. 231]
Линия поведения называется устойчивой относительно данной области в фазовом пространстве, если, начавшись внутри этой области, она никогда не выйдет из нее	У. Эшби 1959 г. (1956 г.) [341, с. 386]
Точка равновесия \bar{p} называется локально устойчивой, если для нее существует окрестность, такая, что для любой ее точки p^0 каждое решение уравнения $\psi(t; p^0)$ сходится к точке равновесия \bar{p} , т.е. $\lim \psi(t; p^0) = \bar{p}$ при $t \rightarrow \infty$	К. Эрроу, Л. Гурвиц 1958 г. [345, с. 523–524]
Если точка равновесия \bar{p} обладает свойством $\lim \psi(t; p^0) = \bar{p}$ при $t \rightarrow \infty$ для всех точек p^0 окрестности \bar{p} (или для каждого решения уравнения $\psi(t; p^0)$), она называется глобально устойчивой	К. Эрроу, Л. Гурвиц 1958 г. [345, с. 524]
Если система, выведенная из положения равновесия малыми возмущениями, возвращается в это положение, то система называется устойчивой	Р. Беллман 1969 г. (1960 г.) [29, с. 278]
Система является устойчивой, потому что любое состояние будет повторяться в общем случае через определенное число интервалов наблюдения	Г. Паск 1964 г. (1960 г.) [198, с. 323]
Под устойчивым процессом понимается такой процесс, который после малого возмущения снова приходит в установившееся состояние	В. Оппельт 1961 г. [194, с. 31]

Продолжение табл. 1.1

Толкование понятия (характеристика) устойчивости равновесия, состояния, движения (траектории), решения, системы (свойства устойчивости)	Автор (авторы) и год опубликования работы
По мысли автора, решение линейного дифференциального уравнения второго порядка устойчиво, если оно будет ограничено, когда независимая переменная стремится к $+\infty$ или $-\infty$	Ф. Трикоми 1962 г. (1961 г.) [269, с. 190]
Устойчивой является такая система, которая, будучи выведена из своего исходного состояния, стремится вернуться к нему	Дж. Форрестер 1971 г. (1961 г.) [277, с. 41]
Устойчивость системы означает, что возмущение, нарушившее состояние равновесия системы, со временем само ликвидируется	О. Ланге 1968 г. (1965 г.) [135, с. 89]
В представленной автором устойчивой системе, каково бы ни было ее начальное положение, траектории развития с течением времени неизбежно приведут систему в узкий интервал	В. Леонтьев 1990 г. (1966 г.) [142, с. 39]
Устойчивость состоит в том, что малое возмущение входного сигнала вызывает малое возмущение выходного сигнала (для звена системы автоматического регулирования)	Е.А. Барбашин 1967 г. [26, с. 7]
Решение системы устойчиво, если достаточно близкие к нему в любой начальный момент времени решения целиком погружаются в сколь угодно узкую трубку, построенную вокруг решения системы	Б.П. Демидович 1998 г. (1967 г.) [84, с. 71]
Устойчивость решения означает, что малое изменение начальных условий не может вызвать больших изменений решения	Г. Корн, Т. Корн 1973 г. (1968 г.) [122, с. 294–295]
Система устойчива, если каждая траектория с течением времени в конечном счете входит в некоторую ограниченную область, содержащую равновесную траекторию, и остается в ней	К. Ланкастер 1972 г. (1968 г.) [138, с. 222]
В положении устойчивого равновесия при отклонении частицы от положения равновесия возникает сила, стремящаяся вернуть частицу назад в положение равновесия	Л.Д. Ландау, А.И. Ахиезер, Е.М. Лифшиц 1969 г. [136, с. 39]
Устойчивость невозмущенного движения означает, что при достаточно малых начальных возмущениях возмущенное движение будет сколь угодно мало отличаться от невозмущенного движения	Д.Р. Меркин 2003 г. (1971 г.) [162, с. 16]
В линейных системах признаком устойчивости является возврат системы в исходное состояние при снижении внешнего воздействия до нуля	А.В. Нетушил 1972 г. [188, с. 6]
В нелинейных системах устойчивость в некоторой области характеризуется возвратом системы в заданную область при уменьшении внешнего воздействия до нуля	А.В. Нетушил 1972 г. [188, с. 6]

Продолжение табл. 1.1

Толкование понятия (характеристика) устойчивости равновесия, состояния, движения (траектории), решения, системы (свойства устойчивости)	Автор (авторы) и год опубликования работы
Под устойчивостью функционирования сложной системы понимается способность системы сохранять требуемые свойства в условиях действия возмущений	Н.П. Бусленко 1973 г. [45, с. 39]
Смысл понятия устойчивости состоит в том, что малые изменения начальных условий и входных функций не должны приводить к большим изменениям определяемых ими траекторий	В.М. Глушков 1974 г. [68, с. 133]
Решение является устойчивым, если оно после не слишком сильного отклонения от стационарного в начальный момент в последующем приближается к стационарному	Л.С. Понтрягин 1974 г. [209, с. 205]
Устойчивость в широком смысле – это способность системы стремиться из различных начальных состояний к некоторому равновесному (стационарному) состоянию	В.М. Кунцевич, Ю.Н. Чеховой 1975 г. [336, с. 468]
Система признается устойчивой относительно введенного понятия окрестности, если при достаточно малых изменениях условий работы системы достаточно малы и изменения в ее поведении	М. Месарович, Я. Такахара 1978 г. (1975 г.) [164, с. 188]
Линейная система при ограниченных воздействиях устойчива, если ее реакция также ограничена	В.П. Сигорский 1975 г. [239, с. 336]
В устойчивом состоянии системы характеризуются тем, что стремятся реагировать на изменения окружающих условий так, чтобы сохранить заранее заданное, предписанное состояние	Р. Шеннон 1978 г. (1975 г.) [323, с. 56]
Устойчивость ситуации в случае бескоалиционной игры означает ее равновесность в том смысле, что ни один из игроков не заинтересован в отклонении от этой ситуации	Н.Н. Воробьев 1976 г. [32, с. 34–35]
Показатель устойчив по отношению к исходным величинам, если их ограниченные по размеру изменения или ошибки вызывают изменение результата в определенных и практически допустимых пределах	Г.Е. Эдельгауз 1977 г. [330, с. 20]
Требование устойчивости сводится к тому, что малые внешние воздействия при длительном функционировании объекта не приводят к неограниченно большим отклонениям его состояния	П.А. Ватник 1978 г. [47, с. 225]
Система, на вход которой поступает ограниченный по величине сигнал, считается устойчивой, если ее переменные состояния изменяются в конечных границах	К. Негойцэ 1981 г. (1978 г.) [179, с. 88]
Устойчивостью любого явления в обиходе называют его способность длительно и с достаточной точностью сохранять те формы своего существования, при утрате которых явление перестает быть самим собой	А.А. Воронов, 1979 г. [58, с. 87]

Продолжение табл. 1.1

Толкование понятия (характеристика) устойчивости равновесия, состояния, движения (траектории), решения, системы (свойства устойчивости)	Автор (авторы) и год опубликования работы
Если рассматриваемая система ведет себя «почти так же», как и «соседние» (по поведению), то говорят, что она структурно устойчива	Дж. Касти 1982 г. (1979 г.) [110, с. 59]
Интегральная кривая, обладающая тем свойством, что все достаточно близкие к ней при $t = 0$ интегральные кривые остаются близкими к ней и для всех $t > 0$, называется устойчивой интегральной кривой	А.Н. Тихонов, А.Б. Васильева, А.Г. Свешников 2005 г. (1980 г.) [266, с. 142]
Если отклонение тела от положения равновесия вызывает силу, стремящуюся возвратить тело в положение равновесия, имеют дело с устойчивым равновесием	Я.Б. Зельдович, И.М. Яглом 1982 г. [100, с. 272]
Биологическое сообщество устойчиво, если число его видов не меняется в течение достаточно длительного времени	Ю.М. Свиревев 1982 г. [235, с. 44]
Если при достаточно малых начальных возмущениях какая-нибудь из характеристик движения во все последующее время мало отличается от своего значения в невозмущенном движении, то движение системы по отношению к этой характеристике называется устойчивым	С.М. Тарг 1983 г. [275, с. 797]
Устойчивость – это способность системы функционировать в состояниях, по меньшей мере близких к равновесию, в условиях постоянных внешних и внутренних возмущающих воздействий	Л.Л. Терехов 1983 г. [265, с. 33]
Устойчивость выражает тот факт, что влияние достаточно малых возмущений начальных значений решений уравнения во все моменты времени t , следующие за начальным моментом $t = 0$, остается в любых наперед заданных границах	Коллектив авторов под ред. Ю.С. Богданова 1984 г. [56, с. 476]
Звено называется устойчивым по входу, если при любом ограниченном входном воздействии и нулевых начальных условиях выходная реакция является ограниченной при любом конечном $t \geq 0$ и при $t \rightarrow \infty$ (для линейных систем)	А.А. Первозванский 1986 г. [199, с. 40]
Состояние устойчиво по Ляпунову, если при любом наперед заданном $\varepsilon > 0$ всегда найдется такое δ , зависящее в общем случае от ε и t_0 , что при начальном возмущении, не превышающем δ , отклонение $x(t)$ в последующем остается меньше ε	Г. Николис, И. Пригожин 2003 г. (1989 г.) [215, с. 82]
Если небольшие отклонения от траектории в настоящий момент времени приведут также к небольшим изменениям траектории в будущем и при этом отклонения в будущем могут быть сделаны сколь угодно малыми за счет их уменьшения в настоящем, то такая траектория называется устойчивой	С.М. Лобанов 1990 г. [129, с. 50]
Процесс устойчив, если малые изменения параметров могут приводить только к плавным изменениям переменных и никаких внезапных перемен наблюдаться не может	В.-Б. Занг 1999 г. (1991 г.) [98, с. 32]

Продолжение табл. 1.1

Толкование понятия (характеристика) устойчивости равновесия, состояния, движения (траектории), решения, системы (свойства устойчивости)	Автор (авторы) и год опубликования работы
Устойчивое состояние (steady state) – условия, при которых значение ключевых переменных не меняется	Н.Г. Мэнкью 1994 г. (1992 г.) [176, с. 724]
Способность сохранения качественной определенности при изменении структуры системы и функций ее элементов называется устойчивостью	В.Н. Цыгичко 1996 г. [286, с. 16]
Решение системы устойчиво по Ляпунову, если близкие к нему по начальным условиям решения остаются близкими и для всех $t \geq t_0$	Я.С. Бугров, С.М. Никольский 1998 г. [43, с. 137]
Устойчивость движения – способность движущейся под действием приложенных сил механической системы почти не отклоняться от этого движения при незначительных случайных воздействиях (легкие толчки, слабые порывы ветра и т.п.)	Коллектив авторов под ред. А.М. Прохорова 1998 г. [39, с. 1257]
Если после придания системе некоторого малого отклонения происходит ее возвращение в прежнее или близкое к нему состояние, можно говорить об устойчивости системы	В.Д. Могилевский 1999 г. [168, с. 29]
Устойчивое состояние (steady state) есть состояние экономики, когда все агрегатные показатели постоянны	Дж. Блэк 2000 г. [35, с. 693]
Траектория будет называться устойчивой, если для сколь угодно малого предельного отклонения, определяющего коридор устойчивости, можно указать такие ограничения для возмущений, при которых система не выйдет из этого коридора	В.А. Владимиров, Ю.Л. Воробьев, С.С. Салов и др. 2000 г. [55, с. 31]
Устойчивость подразумевает, что, несмотря на возмущение, система сохраняет неизменными некоторые свои свойства и те характеристики, которые делают ее данной системой	И.В. Прангишвили 2000 г. [212, с. 68]
Устойчивость рассматривается как способность производственной системы сохранять намеченную траекторию движения, заданную вместе с допустимыми отклонениями от нее	Б.Ю. Сербиновский 2000 г. [236, с. 120]
В том случае, если возмущенное движение мало отличается от расчетного, его называют устойчивым	К.С. Колесников 2001 г. [9, с. 6]
Система устойчива, когда ее существенные переменные остаются внутри заданных им (объективными условиями существования – переменными внешней и внутренней среды) границ	Коллектив авторов под ред. А.Г. Поршнева, А.Я. Кибанова, В.Н. Гунина 2001 г. [271, с. 739]
В устойчивом состоянии система стремится обратно к стационарному состоянию, даже если ее немного отклонить от него	Д.С. Чернавский 2004 г. (2001 г.) [287, с. 33]

Продолжение табл. 1.1

Толкование понятия (характеристика) устойчивости равновесия, состояния, движения (траектории), решения, системы (свойства устойчивости)	Автор (авторы) и год опубликования работы
Устойчивая система – это динамическая система, обладающая ограниченной реакцией на ограниченный входной сигнал (для линейных систем)	Р. Дорф, Р. Бишоп 2002 г. [87, с. 309]
Решения дифференциальных уравнений, которые при малом изменении начальных условий переходят в решения, мало отличающиеся от исходного для сколь угодно больших значений параметра времени, называются устойчивыми (по Ляпунову)	Л.Э. Эльсгольц 2002 г. [333, с. 146]
Под устойчивостью обычно понимают свойство системы или какого-либо состояния сохраняться при малых изменениях начальных состояний, внешних воздействий, параметров системы и т.д.	В.Н. Афанасьев, В.Б. Колмановский, В.Р. Носов 2003 г. [21, с. 6]
Устойчивость означает, что некоторые высказывания о системе остаются истинными при всех ее изменениях, принадлежащих заданному множеству	В.И. Данилов-Данильян 2003 г. [82, с. 123]
Устойчивость – это способность системы функционировать в состояниях, близких к равновесию, в условиях постоянных внешних и внутренних возмущающих воздействий	В.С. Лапшин 2005 г. (2003 г.) [3, с. 97]
Устойчивость – способность динамической системы сохранять движение по намеченной траектории (поддерживать намеченный режим функционирования), несмотря на действующие возмущения	Л.И. Лопатников 2003 г. [145, с. 373]
Система управления способна находиться в состоянии, заданном субъектом управления	В.И. Самаруха, Т.Г. Краснова, Ю.А. Пурденко 2003 г. [231, с. 11]
Устойчивость – способность системы, обладающей достаточно сложным поведением, сохранять некоторые свойства и характеристики неизменными	А.И. Чухнов 2003 г. [331, с. 557]
Устойчивость в широком смысле – способность системы возвращаться в состояние равновесия после того, как она была из него выведена под влиянием внешних (или внутренних) возмущений	В.Н. Волкова, А.А. Денисов 2004 г. [240, с. 527]
Устойчивость – способность системы противостоять процессу разрушения и поддерживать в течение определенного времени выбранный режим функционирования	Коллектив авторов под ред. А.Л. Гапоненко, А.П. Панкрухина 2004 г. [60, с. 557]
Устойчивость – способность динамической системы сохранять движение по намеченной траектории (поддерживать намеченный режим функционирования), несмотря на действующие возмущения	А.М. Немчин, А.Н. Фурманков 2005 г. [185, с. 14]

Окончание табл. 1.1

Толкование понятия (характеристика) устойчивости равновесия, состояния, движения (траектории), решения, системы (свойства устойчивости)	Автор (авторы) и год опубликования работы
Устойчивость – свойство системы находиться в области заданных параметров	С.Э. Саркисов 2005 г. [161, с. 743]
Экономическая устойчивость – способность сохранять и воспроизводить (восстанавливать) исходное (или близкое к нему) состояние в процессе внутренних и внешних воздействий	Е.А. Захарчук 2006 г. [99, с. 36]
Под устойчивостью понимается стабильное, пропорциональное функционирование и развитие	Н.В. Амбросов 2007 г. [11, с. 93]
Под устойчивостью организации понимается сохранение ею своей относительной целостности, структурированности и доходности в условиях изменений внутренней и внешней среды, а также при кризисных явлениях	Ю.П. Анискин, А.В. Быков 2007 г. [15, с. 56]
Устойчивость производственных систем – способность ее возвращаться в состояние равновесия после того, как она была выведена из него внешними возмущающими воздействиями при условии, что вызванные отклонения не превышают допустимого предела	Э.В. Минько, А.Э. Минько 2007 г. [167, с. 93]

Примечание: в правой колонке в круглых скобках – год выхода в свет первого издания или издания на языке оригинала

С некоторой условностью содержащиеся ней толкования понятия устойчивости можно упорядочить, если их разделить на семь групп:

1. по математическим признакам, в т.ч. по характеру изменения описывающей систему функции или решения уравнения. Первая группа интерпретаций берет начало от формализованных представлений об устойчивости движения системы и прежде всего от основополагающей работы А.М. Ляпунова.

Такое толкование устойчивости распространено в математике, свидетельством чему суждения Л.С. Понтрягина, Я.С. Бугрова и С.М. Никольского, Б.П. Демидовича, Ф. Трикоми, Л.Э. Эльсгольца, а также в области синергетики ему следуют И. Пригожин и Г. Николис.

Для пояснения семантики термина устойчивости в математической энциклопедии приводятся значения его понятия, которые тем не менее не исчерпывают его содержания. Применительно к движению устойчивость есть атрибут поведения системы на бесконечном промежутке времени, выражающий свойство движущейся системы [159, стб. 560–561]:

- мало отклоняться от некоторого движения при малых возмущениях начального положения системы, причем малость отклонения равномерна (устойчивость по А.М. Ляпунову);

- мало отклоняться от некоторого движения при малых возмущениях как начального положения системы, так и самого закона движения (устойчивость при постоянно действующих возмущениях).

Иногда малые возмущения начального положения подчиняются некоторому дополнительному условию (условная устойчивость), либо малость возмущения и отклонения измеряется лишь по некоторым параметрам (устойчивость по части переменных). Например, ниже приведен пример витиеватой траектории, устойчивой лишь по переменной x , которая ограничена допустимым интервалом $\pm \varepsilon$ (рис. 1.5) [21, с. 29];

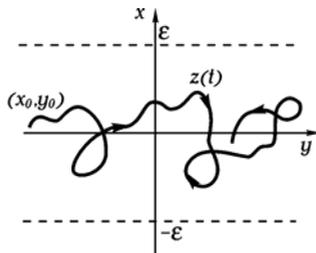


Рис. 1.5. Траектория, устойчивая по переменной x

- сохранять некоторые свойства (на языке математики «черты фазового портрета») при малых возмущениях закона движения;
- оставаться в ограниченной области фазового пространства, т.е. в пространстве значений переменных системы, – устойчивость по Ж. Лагранжу;
- сколь угодно поздно возвращаться как угодно близко к своему начальному положению, т.е. устойчивость по С. Пуассону.

Каждый из этих атрибутов отвечает конкретному типу исследуемой системы и характеру задачи, которая может быть поставлена в той или иной форме. Как видим, даже в сугубо математическом аспекте термин устойчивости имеет множество толкований, которые еще ждут своего осмысления и сферы приложения в экономических исследованиях производственных систем.

2. по характеру траектории (линии, кривой) движения системы. Динамическая картина движения системы привлекла внимание ученых–механиков Н.Г. Четаева, К.С. Колесникова и Д.Р. Меркина, кибернетиков У. Эшби и В.М. Глушкова, математиков Г.Н. Дубошина, Дж. Касти, А.Н. Тихонова, А.Б. Васильевой и А.Г. Свешникова, экономистов В. Леонтьева, К. Ланкастера, Л.И. Лопатникова, Б.Ю. Сербиновского и др. Наглядность и доступность для понимания подобной

иллюстрации устойчивости системы делают ее полезной для анализа экономической динамики.

3. по свойству системы восстанавливать прежнее или заданное (расчетное) состояние. Учитывая, что в устойчивом режиме влияние возмущений минимизируется и система становится «сама собой», способность ее к возобновлению необходимого состояния или движения подмечена Г. Паском, Дж. Форрестером, Р. Шенноном, В.Н. Афанасьевым, В.Б. Колмановским, В.Р. Носовым, П.А. Ватником, В.Д. Могилевским, А.В. Негушилом, В.И. Самарухой, Т.Г. Красновой, Ю.А. Пурденко, Д.С. Чернавским, Е.А. Захарчук. Повторяемость и возвращаемость состояний рассматривается признаком устойчивости и биологических систем, для чего сошлемся на точку зрения П.К. Анохина в отношении серии последовательных, ритмически повторяющихся явлений в природе.

4. по поведению системы около точки равновесия. Притяжение и стационарность состояния равновесия естественным образом сблизило его со свойством устойчивости системы, и потому сопротивление нарушению равновесного положения нередко интерпретируется как проявление устойчивости системы. С этих позиций объясняют сущность устойчивости Ж. Лагранж, Л.Д. Ландау, А.И. Ахиезер и Е.М. Лифшиц, К. Эрроу и Л. Гурвиц, Р. Беллман, Я.Б. Зельдович и И.М. Яглом, О. Ланге, В.Е. Ланкин и А.В. Татарова, Э.В. Минько и А.Э. Минько, Л.Л. Терехов.

5. по способности системы сохранять форму существования, свои свойства или характеристики. Подобный взгляд на устойчивость системы вписывается в общую концепцию поведения устойчивой системы, благодаря чему ей удается предотвратить изменение коренных атрибутов и перерождение или разрушение системы. Такое понимание устойчивости разделяют Н.В. Амбросов, Ю.П. Анискин и А.В. Быков, Н.П. Бусленко, А.А. Воронов, И.В. Прангишвили, Ю.М. Свиричев и А.И. Чухнов.

6. по свойству системы поддерживать свое поведение относительно введенного понятия окрестности. По сути дела, не сбиваться со своей траектории для системы равнозначно тому, что выше было названо свойством системы восстанавливать прежнее или заданное движение. Из настоящего толкования понятия устойчивости исходят М. Месарович и Я. Такахара.

7. по характеру реакции системы или преобразования входного сигнала в выходной. Эта функция реализуется следящими системами, которые выполняют воспроизведение на выходе с определенной точностью изменяющееся входное задающее воздействие. Ограниченность

изменения выходного сигнала системы служит признаком ее устойчивости у Г. Саймона, Е.А. Барбашина, А.А. Первозванского, Р. Дорфа и Р. Бишопа.

Подчеркнем еще раз условность предложенной классификации толкований термина устойчивости. Цель такого обобщения заключается лишь в том, чтобы полнее представить емкое содержание и проблематику исследования устойчивости систем. В этом контексте, думается, что ее сложная сущность не приемлет суждения о том, будто устойчивость есть тривиальное свойство постоянства параметров системы. Отсюда высказываемое Н. Мэнкью и Дж. Блэком мнение об устойчивости выглядит сильным упрощением его свойства, пригодным лишь для мимолетного впечатления о природе устойчивого поведения системы.

Теперь по поводу ограничений, накладываемых на возмущения. Уже Ж. Лагранж имел в виду, что кроме состояний абсолютной устойчивости и абсолютной неустойчивости могут иметь место и состояния условной и относительной устойчивости, при которых восстановление равновесия зависит от начального смещения системы. Поэтому нельзя не учитывать и возмущения, следствием действия которых система отклоняется от исходного состояния.

Но если не могут быть допустимыми любые возмущения, а лишь те из них, которые удовлетворяют предписанным требованиям, то в учении А.М. Ляпунова невозмущенное движение устойчиво лишь для возмущений, подчиненных определенным условиям. Чтобы придать математический смысл этому заключению, обратимся к толкованию устойчивости невозмущенного движения, принадлежащему А.М. Летову [144, с. 19], который считал, что невозмущенное движение называется устойчивым по отношению к величинам y_k , если при всяком заданном положительном числе ε , как бы мало оно ни было, найдется другое положительное число $\eta(\varepsilon)$, такое, что для всех возмущений y_{k0} , удовлетворяющих условиям:

$$|y_{k0}| \leq \eta(\varepsilon) \quad (k = 1, \dots, n),$$

возмущенное движение будет удовлетворять неравенствам:

$$|y_k(t)| < \varepsilon \quad (k = 1, \dots, n)$$

при любом $t > 0$.

Отмеченные условия приобретают решающее значение для теории устойчивости, и это понятно. Ведь при одних возмущениях устойчивость движения системы может быть сохранена, тогда как другие возмущения могут перевести систему в неустойчивый режим. Вот почему

Н.Г. Четаев акцентировал внимание на том, что задача об устойчивости при возмущающих силах бессмысленна, если они ничем не стеснены. Именно ему и предстояло выполнить первые исследования по устойчивости движения при ограниченных возмущающих силах: Н.Г. Четаев дал наиболее четкую постановку этой задачи и указал некоторые методы ее решения. Обзор проведенных А.М. Летовым работ показал, что существует широкий класс систем с постоянно действующими возмущениями, об устойчивости которых можно судить по устойчивости соответствующих систем ляпуновского типа.

В итоге можно констатировать, что задача обеспечения устойчивости систем неотъемлема от поиска класса допустимых возмущений, которые она может выдержать и не утратить при этом устойчивости своего состояния или движения. Фокусирование анализа на характере возмущений отвечает и духу классического учения, поскольку сущность понятия устойчивости по А.М. Ляпунову не столько в характере изменения величин отклонений возмущенного движения от невозмущенного, сколько в оценках численных величин возмущений при заданных оценках этих отклонений. В этом отношении Н.Г. Четаев предложил пример определения размера области допустимых возмущений, где устойчивость системы не нарушается. Тем самым получили развитие представления об устойчивости не только для малых возмущений, но и для случая, когда область возмущений большая или даже не ограничена. Уточним, что областью допустимых возмущений данной области G называется такая область E , для которой выполняется свойство: все траектории, выходящие из ее точек, не выходят за пределы области G .

Следует, однако, иметь в виду: с заданием области начальных условий для состояния равновесия часто не требуется, чтобы изменяющаяся система с течением времени возвращалась вновь в прежнее состояние («покинутую» точку равновесия). Для устойчивости достаточно лишь того, чтобы система оставалась в области допустимых отклонений. Дело в том, что в физических системах действуют регулярные и нерегулярные силы, которые вторгаются в поведение системы вблизи состояния равновесия. Влияние регулярных сил проявляется в «тяготении» системы к равновесию или отдалению от него. Но и с приближением системы к равновесному положению оно не может быть достигнуто в точности из-за действия нерегулярных сил флуктуационного характера, вынуждающих систему совершать малые движения вблизи состояния равновесия. В том случае, когда выдвигается требование обязательного возврата системы в исходную точку равновесия, говорят об ее асимптотической устойчивости.

С признанием важности решения задачи о величине области начальных условий (отклонений) уместно коснуться и вопроса об области допустимых отклонений и связанной с этим сходимости к невозмущенному движению системы. Ведь если область начальных условий будет весьма малой, то система может оставаться в рамках заданной области допустимых отклонений. В противном случае, когда область начальных условий выходит за некоторые пределы, ограниченной области допустимых отклонений может и не быть. При этом, если имеет место сходимость к невозмущенному движению, то она может протекать по А.М. Ляпунову или асимптотически.

Проведенные исследования показали, что сочетания области начальных условий (отклонений) и характера сходимости возмущенного движения к невозмущенному дают следующие виды устойчивости движения систем (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Виды устойчивости движений в зависимости от области начальных условий и характера сходимости возмущенного движения к невозмущенному

Область начальных условий (отклонений)	Характер сходимости возмущенного движения к невозмущенному	
	В обычном смысле (по А. М. Ляпунову)	Асимптотический
Малая	Устойчивость в малом (локальная устойчивость)	Асимптотическая устойчивость в малом
Большая (конечная)	Устойчивость в большом	Асимптотическая устойчивость в большом
Не ограничена	Устойчивость в целом	Асимптотическая устойчивость в целом (глобальная устойчивость)

В том случае, если устойчивость движения соблюдается для достаточно малых начальных отклонений, говорят об устойчивости по Ляпунову, локальной устойчивости или устойчивости «в малом». Кстати, А.А. Воронов обращает внимание на то, что устойчивость в малом вовсе не означает, что отклонения обязательно должны быть малыми. В этом случае имеют в виду только то, что в окрестности начала координат существует область притяжения траекторий в точке равновесия, но никаких указаний на размеры этой области нет, и потому устойчивость можно гарантировать лишь в достаточно малой окрестности начала координат. Добавим, что свойство локальной устойчивости может относиться и к траекториям, если оно выполняется только для тех из них, которые проходят в достаточной близости от равновесной траектории.

В развитие концепции А.М. Ляпунова об устойчивости «в малом» было введено понятие об устойчивости «в большом». Оно включает в

себе способность поддержания устойчивого движения и при сравнительно больших начальных отклонениях. Исследования обнаруживают, что система может быть устойчивой «в малом», но неустойчивой «в большом». Действительно, при незначительных отклонениях от положения равновесия она может сохранять устойчивость, приближаясь с течением времени к равновесному состоянию, тогда как при больших отклонениях от него, наоборот, может удаляться от состояния равновесия и терять устойчивость. И если при каких угодно возмущениях система не демонстрирует устойчивости движения, она является «неустойчивой в большом».

Между тем нельзя исключать и того, что система сохранит устойчивое движение при любых начальных отклонениях, т.е. область ее начальных условий не ограничена. Тогда есть основание считать такую систему не только устойчивой «в большом», но и устойчивой «в целом». Область притяжения в этом случае совпадает с пространством всех состояний системы.

Асимптотическая сходимость возмущенного движения также рассматривается сквозь призму устойчивости в малом, большом и целом. Поэтому, как и прежде, вид асимптотической устойчивости движения системы зависит от величины отклонения ее начальных условий. Заметим, что своеобразие приложений теории устойчивости к исследованию поведения экономических систем состоит в том, что проводится оно преимущественно в аспекте асимптотической устойчивости, при которой траектория движения системы не только ограничена допуском, но и устремляется к невозмущенной траектории.

Распространяя воззрения о ляпуновской устойчивости «в малом» на асимптотическую устойчивость, правомерно определить: если при достаточно малых отклонениях начальных условий обзриваемая траектория системы по прошествии времени сближается с невозмущенной, то такая траектория обладает свойством асимптотической устойчивости невозмущенного движения по А.М. Ляпунову или асимптотической устойчивости «в малом». Графически такое свойство движения системы поясняет рис. 1.6 [127, с. 94].

На рис. 1.6 показано, что любая траектория, которая в начальный момент времени мало отклоняется от невозмущенной траектории $x^0(t)$, т.е. находится в ее окрестности η , в последующем сливается с этой невозмущенной траекторией.

Продолжая аналогию с устойчивостью «в большом» (в смысле А.М. Ляпунова), асимптотическая устойчивость «в большом» имеет место в том случае, когда область отклонений начальных условий достаточно большая и конечная, а когда эта область не ограничена, перед

нами асимптотическая устойчивость «в целом». Последнюю также определяют тем свойством, что область притяжения системы совпадает со всем пространством ее состояний; или это свойство выполняется для любой траектории системы (их тех, что рассматриваются) и потому иногда называется глобальной устойчивостью.

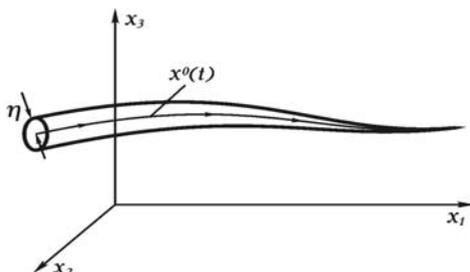


Рис. 1.6. Иллюстрация асимптотической устойчивости невозмущенного движения по А.М. Ляпунову

Глобальную устойчивость можно трактовать и с точки зрения испытываемых системой возмущений. Поскольку вызываемые ими отклонения в этом случае ничем не лимитируются, то и сами возмущения допускаются произвольными. Важно лишь, чтобы функции системы удовлетворяли заданному классу функций. По А.М. Летову такая устойчивость имеет место при неограниченных возмущениях и любой нелинейной характеристике регулирующего органа, определенной лишь с точностью до принадлежности к некоторому классу функций.

Кроме того, глобальную устойчивость относят к роду таких явлений, которые неизменно ритмически повторяются в природе, связаны с астрономическими закономерностями и тем самым дают повод для такого рода утверждения. Напомним, что П.К. Анохин обращал внимание на относительно устойчивые явления, существующие лишь в масштабе жизни организма. Здесь отличительным признаком абсолютной и относительной устойчивости является продолжительность оцениваемой серии развивающихся событий.

Проблема исследования устойчивости движения системы осложняется тем, что в отношении равновесия возможен любой случай: система может не иметь ни одного состояния равновесия, обладать лишь одним равновесным состоянием или множеством их. Более чем одно состояние равновесия характерно для нелинейных систем, обладающих непростым поведением.

В теории автоматического управления признают, что в общем случае задача вычисления всех равновесных состояний или проверки су-

существования хотя бы одной такой нетривиальна, и ее решение не имеет общих конструктивных приемов. Если равновесные состояния существуют, то численные методы позволяют с высокой точностью выявить одно или некоторые подобные состояния.

Для целей нашего исследования будем исходить из толкования понятия устойчивости движения, которое сложилось в естественных науках и отвечает воззрениям А.М. Ляпунова. В толковании автора по содержанию оно раскрывается следующим образом: если подчиненные наложенным условиям (вариациям) возмущения не вызывают с течением времени запредельных отклонений значений наблюдаемой функции, определяемое ею движение признается устойчивым. Поскольку об устойчивости можно судить по характеру траектории движения системы, то по форме понятие устойчивости выражает то свойство, что допустимые смещения начального положения траектории в последующем оставляют ее в заданных границах относительно невозмущенного движения. Так к категории устойчивых (точнее, асимптотически устойчивых в целом) будем относить изменение экономического показателя, для которого доказано, что независимо от его значения в начальный момент времени в любом случае оно асимптотически приближается к заданному значению показателя.

Поскольку классическое определение понятия устойчивости интерпретируется по отношению к равновесному состоянию системы и ее исследование подразумевает получение одного из двух ответов (система либо устойчива, либо неустойчива), обосновываются понятие устойчивости относительно поставленной цели и мера степени этой устойчивости. «Устойчивость относительно поставленной цели, – пишут А.М. Немчин и А.Н. Фурманков, – это внутренне присущее любой организации свойство, заключающееся в способности достигать поставленной цели при непредсказуемых воздействиях внешней среды» [185, с. 15]. В этом случае показателем устойчивости функционирования организации принимается вероятность достижения поставленной цели. Очевидно, введение в научный оборот новой категории требует скрупулезной аргументации и, если непрерывная шкала показателя устойчивости предпочтительнее бинарной (устойчива или неустойчива), то семантика этого понятия имеет сходство с содержанием категории управляемости системы – ее свойства обретать целевое состояние в течение заданного периода времени, которое оценивается вероятностью достижения задаваемых целей в различных ситуациях.

Завершая обсуждение свойства устойчивости систем, упомянем и о том, что разрабатывается теория возмущений, которая занимается методами приближенного решения задач для «возмущенных» траекторий,

близких к невозмущенным. Основной замысел этой теории состоит в том, что выбирается некоторая идеализированная система, имеющая точное описание, и содержащая один или несколько малых параметров. При этом с обнулением таких параметров получаемые уравнения дают возможность найти точное решение и действия аналитиков направляются на отыскание наилучшего приближения к решению для возмущенной траектории с той или иной точностью. Это обстоятельство облегчает поиск решения, но только на достаточно малых отрезках времени. В.И. Арнольд считает, что вопрос о том, в какой мере можно доверять полученным при этом результатам на большие интервалы времени или бесконечность, пока еще изучен недостаточно [18].

Доказаны и применяются на практике критерии устойчивости систем, которые позволяют определить, сохраняется ли свойство устойчивости тех или иных конкретных решений или движений систем. В частности, для линейных стационарных систем с постоянными коэффициентами необходимым и достаточным условием асимптотической устойчивости, с математической точки зрения, является отрицательность всех вещественных (действительных) корней характеристического уравнения. При этом асимптотическая устойчивость такого решения означает его асимптотическую устойчивость в целом (глобальную устойчивость).

Таковы в самых общих чертах фундаментальные представления об устойчивости движения, которые помогают понять ее природу и, благодаря этому, обогащают методологию анализа устойчивости систем в экономических исследованиях.

1.2. Взгляд на природу экономической устойчивости с естественно-научных позиций

Теоретико-системные воззрения об устойчивости логично распространить и на экономические процессы, обнаруживая в них закономерную динамику в возмущенной среде. Вслед за естественствованием экономика наследовала физическое представление о равновесии и положило его в основу поведения исследуемых ею систем. «Квазимеханистическая природа экономической системы стала особенно очевидной, когда экономисты–математики более 25 лет назад занялись интенсивным изучением ее динамических свойств», – отмечал в 1953 г. в своей лекции В. Леонтьев [142, с. 57]. Сменяя и сопровождая друг друга, классические и современные научные школы продвигались в познании сущности и свойств равновесия и устойчивости в экономических системах.

Отличительная черта равновесия системы – сбалансированность действующих на нее сил – находила толкование при взаимодействии спроса и предложения на различных рынках. «Даны два товара, и чтобы равновесие по ним (или твердая цена одного по отношению к другому) имело место на рынке, необходимо и достаточно, чтобы действительный спрос на каждый из них был равен действительному предложению. Если это равновесие отсутствует, – размышлял Л. Вальрас, – необходимо для достижения равновесия цен повышение цены на товар, спрос на который выше, чем предложение, и понижение цены на товар, предложение которого выше спроса» [27, с. 213]. Поскольку модель Л. Вальраса носила динамический характер, допускались отклонения от точки равновесия, однако, подобные смещения были довольно малы, чтобы начальные возмущения не изменили кардинально сложившуюся около равновесную картину. В ином случае экономическая система может утратить его или перейти в новое состояние равновесия.

Л. Вальрас показал, что обретаемое равновесие является стабильным, причем пользуется для этого аналогией с механической системой: «За пределами точки равновесия: с одной стороны, предложение товара выше спроса, что должно привести к снижению цен, то есть к возвращению в точку равновесия; ...с другой стороны, спрос на товар выше предложения, что должно вызвать повышение цен, т.е. вновь движение к точке равновесия. Можно с правом сравнить это равновесие с равновесием тела, точка крепления которого выше гравитационного центра на вертикальной линии таким образом, что этот центр гравитации, если он удален от вертикали, вернется к ней, благодаря одной лишь силе веса. Это стабильное равновесие» [27, с. 214].

Между тем, поскольку равновесное состояние в механике характеризуется статичностью, то экономическая система пребывает при этом в покое до тех пор, пока внешнее воздействие не нарушит его. В том случае, если к системе приложено множество сил, то их равнодействующая может быть равна нулю, в результате чего система находится в равновесии и может быть отлична от нуля, что уводит систему от равновесного состояния. На это обстоятельство ссылается Ж. Лагранж, упоминая о том, что принцип сложения сил был известен в той или иной мере Архимеду, Никомеду, П. Робервалю, Г. Галилею, Р. Декарту и другим ученым древности, не говоря уже о И. Ньютоне и П. Вариньоне.

При этом система может подвергаться влиянию сил, которые уравновешиваются и вследствие этого они не приводят систему в движение. «Можно сказать, что экономическое равновесие есть состояние, – определял В. Парето, – которое сохранялось бы на неопределенное

время, если бы не было изменений в условиях, в которых оно наблюдается» [27, с. 264]. Тем самым полагали, что равновесное состояние свойственно экономической системе в том случае, если на нее не оказывают влияния весьма ощутимые возмущения или их действия сбалансированы. Размышления о равновесии имели под собой самые общие представления и были еще далеки от идей учения А.М. Ляпунова. И, разумеется, в дальнейшем в повестку исследований были поставлены вопросы о существовании, единственности и устойчивости равновесия в экономике.

Действительно, вряд ли можно было ожидать, что пионерные исследования по экономическому равновесию восприняли математическое толкование устойчивости и столь же строго следовали ему в своих выводах. Лишь позднее пришло понимание условной устойчивости и ее достижения «в малом» и «в большом». В частности, уже в «Тектологии», рассуждая о структурной устойчивости, А.А. Богданов уточнял, что можно говорить всегда только относительно тех или иных воздействий, но не о воздействиях вообще. Увязка атрибута устойчивости системы с характером испытываемых ею возмущений составила предмет математического осмысления сущности экономического равновесия. Поэтому отточенная аргументация равновесия появилась на свет с формализованным анализом движущих сил, балансирование которых и придавало системе равновесное состояние.

Изначально Л. Вальрас предположил, что процесс «нащупывания» будет сходиться к равновесию даже при произвольном начальном наборе цен, т.е. этот процесс глобально устойчив. Об этом писал М. Интрилигатор, замечая, что такое предположение Л. Вальраса не является справедливым, если не сделать дополнительных оговорок. Например, в процессе «нащупывания» система может бесконечно колебаться около точки равновесия. Более глубокое изучение проблемы уточняет, что точка равновесия в линейном процессе «нащупывания» локально устойчива, если все продукты обладают свойством явной заменяемости, т.е. увеличение цены на любой продукт при неизменных остальных ценах приводит к увеличению избыточного спроса на любой другой продукт. «Глобальная устойчивость может быть обеспечена, если товары явно заменяемы или если функция избыточного спроса удовлетворяет слабой аксиоме выявленного предпочтения», – продолжает М. Интрилигатор [104, с. 274]. При этом, по мнению цитируемого автора, равновесие локально устойчиво, если оно в конечном счете достигается, начиная с некоторого набора цен, достаточно близкого к точке равновесия, и глобально устойчиво, если оно так или иначе достигается независимо от начальной точки. Кроме того, глобальная устойчи-

вость предполагает локальную (и единственное равновесие), тогда как обратное неверно, что соответствует и математической концепции устойчивости.

С разворачиванием исследований по равновесию экономико-математический арсенал пополнялся новыми инструментами анализа условий его достижения. Уже в 1981 г. В.Л. Макаров отмечал, что различных определений экономического равновесия накопилось достаточно много, но наиболее широко используемым и классическим из них стало равновесие в смысле Л. Вальраса – К. Эрроу – Ж. Дебре [150, с. 17, 20]. Хотя формализованную схему равновесия как баланса спроса и предложения выдвинул Л. Вальрас, он не поднимал вопроса о существовании состояния равновесия в экономике. В начале 50-х годов прошлого века будущие лауреаты Нобелевской премии за вклад в разработку теории общего равновесия К. Эрроу и Ж. Дебре, а также Л. Маккензи, Д. Гейл, Х. Никайдо, Г. Кун, Р. Дорфман, П. Самуэльсон и Р. Солоу, с помощью модельных конструкций обратились к проблематике существования равновесия в экономической системе.

В произведениях основоположников обретение хозяйственной системой равновесия не подвергалось сомнению, поскольку априори предполагалось, что спрос и предложение товара неизбежно сблизятся и найдут общую точку. Уже в трактате Ж.-Б. Сэя, проникнутого идеей о том, что предложение товаров само по себе рождает его спрос, заложена мысль об их сбалансировании: производитель после того, как продал свой товар, сам становится покупателем необходимых ему товаров и тем самым содействует тенденции нарастающего спроса. Говоря о рынке труда, Ж.-Б. Сэй не сомневался в том, что независимо от соотношения между спросом и предложением труда со временем они так или иначе приходят к равенству [260]. Гипотеза о свойстве саморегулирования рынка и соответствии совокупного спроса совокупному предложению была характерной для раннего периода зарождения экономической науки, а учение об этом стало предтечей более поздних подходов к исследованию рыночного равновесия.

Неудивительно, что механизм достижения равновесного положения выглядел весьма простым и сводился к конкуренции со стороны производителей (предложение превышает спрос) или покупателей (спрос превышает предложение) товаров. В результате влияния конкурентных сил произойдет подстройка стоимости товара, и к обоюдному согласию производителей (продавцов) и покупателей товар будет реализован. В частности, Дж. Милль рассуждал следующим образом: «Спрос и предложение, требуемое количество и предложенное количество обязательно уравниваются. Если в какой-то момент они не равны,

конкуренция уравнивает их, и делается это посредством регулирования стоимости» [166, с. 186].

Среди наших соотечественников также проводились исследования, в которых фигурировали соотношения спроса и предложения. Уже в 1915 году Е.Е. Слуцкий опубликовал в итальянском журнале статью, посвященную теории сбалансированного бюджета потребителя. Спустя почти полвека (в 1963 году), она впервые была представлена читателям на русском языке и поведала об изучении взаимозависимости спроса, цен и дохода потребителей. Один из родоначальников прагматологии, Е.Е. Слуцкий обратился к проблеме выбора наиболее предпочтительного набора потребительских благ и согласно подходу В. Парето принял положение о том, что отвечающий ему бюджет индивида обладает одинаковой или наивысшей величиной функции полезности среди всех близких к нему состояний. «Такое положение можно назвать состоянием равновесия, – писал Е.Е. Слуцкий. – Оно будет *устойчивым*, если всякое отступление от него стремится уменьшить полезность, и *неустойчивым* в противном случае» (выделено в тексте Е.Е. Слуцким) [243, с. 243]. При этом автор дал понять, что выяснение условий устойчивости – задача величайшей важности в теории индивидуальных бюджетов.

Вместе с тем объяснение действия механизма рыночного равновесия влиянием лишь сил конкуренции уже не могло удовлетворить аналитиков: необходимо было строгое доказательство процесса движения экономической системы к равновесному состоянию, поэтому были предприняты попытки математического обоснования такого процесса при определенных допущениях, вводимых в модели аналитиками. Известно, что А. Вальд изучал существование равновесия в модели Л. Вальраса и исходил из того, что производство носит статический характер, выпуск каждого продукта линейно зависит от затрат на его изготовление и при заданной структуре спроса в состоянии равновесия издержки каждого продукта должны равняться его цене. В итоге с построением системы гипотез обосновывалось существование единственного статического равновесия. Впоследствии теорема А. Вальда была доказана Г. Куном с помощью аппарата линейного программирования, и существование равновесия при фиксированном наборе цен вытекало как следствие применения теоремы двойственности.

К. Эрроу и Ж. Дебре [344], с одной стороны, и Л. Маккензи, с другой стороны, разработали модели конкурентной экономики и показали, что в них существует равновесие. Сравнение и анализ этих моделей позволили в дальнейшем Ж. Дебре [350] несколько модифицировать их и построить модель, которая синтезирует положительные качества

обеих моделей. Модель К. Эрроу – Л. Гурвица имитировала поиск равновесного состояния тем, что участники обмена с помощью аукциониста итерационно сходились к точке равновесия, а модель К. Эрроу – Ж. Дебре на основе определенных правил (производители максимизируют свой доход при заданных ценах, а потребители максимизируют полезность при выполнении бюджетного ограничения) описывала процесс нахождения конкурентного равновесия. В подобной оптимизационной постановке с введением ряда математических предпосылок относительно функций (полезности) и множеств (потребительских благ и трудовых затрат, технологически допустимых векторов затрат–выпуска) доказывается существование равновесия для условий совершенной конкуренции. Сам процесс регулирования рынка проводится с помощью механизма цен и распределения доходов.

Со временем вальрасовское равновесие трансформировалось в динамическое равновесие в модели Дж. фон Неймана, в которой понятие равновесия включало в себя баланс спроса и предложения, а также согласование интересов участников обмена. В этой модели вводились матрицы выпуска и затрат и допускалось, что продукт является результатом производственного процесса, но и он протекает с использованием некоторого продукта системы. Вектор интенсивностей описывает в модели функционирование производственной системы в период времени, а цены на продукты относятся к разным моментам времени и образуют траекторию. Ожидая, что увеличение потребляемых в производстве товаров приводит к пропорциональному росту объема выпуска, Дж. фон Нейман показывает: цены можно выбрать так, чтобы подобное расширение модели при некотором темпе можно интерпретировать как вид динамического экономического равновесия. Благодаря своим свойствам, такая модель является более общей, чем модель В. Леонтьева, которая становится частным случаем модели Дж. фон Неймана.

В понимании атрибута равновесия здесь знаменательно то, что, наряду со статической картиной покоя, которая часто ассоциировалась с равновесием, получало распространение ее толкование траекторией движения определенного типа. В такой интерпретации равновесие по Дж. фон Нейману представляет собой состояние сбалансированного роста, в котором цены и норма процента с течением времени остаются постоянными, а интенсивности производственных процессов возрастают или уменьшаются в геометрической прогрессии с одним и тем же знаменателем для всех процессов. И хотя равновесие по-прежнему характеризовало состояние динамической системы, последовательность подобных состояний формировало равновесную траекторию и потому выражало качественную черту процесса движения в целом.

Предпринятые в моделировании усилия были направлены, в частности, на дальнейшее обобщение полученных ранее результатов и формализацию новых аспектов экономики, что придавало моделям еще больше универсализма и полноты. В порядке примера приведем модель общего равновесия, построенную В.Л. Макаровым, которая не содержит разделения участников экономической системы на потребителей и производителей. Вместе с тем она позволяет учитывать социальные факторы (традиции, моду, зависть и т.д.) и охватывает как частные случаи модели Л. Вальраса и К. Эрроу – Ж. Дебре.

Схематический анализ экономических величин в теории общего равновесия, вообще говоря, не находил тех или иных преград для обретения равновесного состояния. Когда такие величины становились известными, появлялась возможность получить недостающие элементы искомого равновесия рынка. «Обнаруживается одно из свойств равновесия, – писал Л. Столерю, – которое состоит в том, что такое состояние всегда существует, т.е. в экономике нет каких-либо форм структурной несовместимости, препятствующих реализации различных процессов выравнивания» [258, с. 215–216]. Однако вопрос о реализации равновесного состояния не исчерпывался констатацией его осуществимости и оставался открытым для аналитической аргументации.

В ходе исследований ученые приходили к выводу о том, что динамические модели анализа устойчивости равновесия могут приводить к различным условиям устойчивости. Подход Л. Вальраса опирается на понятия избыточного спроса и избыточного предложения, и процесс «нащупывания» равновесной цены, при достижении которой избыток спроса или предложения становится равным нулю. Подход А. Маршалла акцентирует внимание на разности цен спроса и предложения, при совпадении которых прекращается процесс подстройки объема предложения. Модель Л. Вальраса лучше отражает процесс приближения к равновесию в коротком периоде времени, модель А. Маршалла – в длительном.

Подчеркнем, что авторские концепции построения модели воплощались в содержании вводимых предположений и ограничений, которые создавали те или иные условия для движения к равновесию. Поэтому и само равновесие несло на себе отпечаток математических конструкций и носило специфически модельный характер¹. Так возникала необходимость не только в формализованном, но и в вербальном объяснении равновесного положения системы.

¹ Будет уместным сослаться на категоричное мнение М. Алле (1990 г.) о том, что в течение почти сорока пяти лет «экономическая литература» часто развивалась в совершенно ошибочном направлении, создавая искусственные и полностью оторванные от реальности математические модели, в том числе и экономические теории общего равновесия [343].

Даже в рамках одной модели с изменением допущений вопрос о достижении равновесия и устойчивости мог быть решен по-разному, вследствие чего правомерно стали полагать, что эти понятия должны быть определены в каждом конкретном случае. Равновесие и устойчивость системы уже не могли рассматриваться сами по себе без сопровождения указаний модельных особенностей. «Хотя, конечно, всегда можно сформулировать какие угодно определения устойчивости, невозможно *вывести* их без неявного введения некоторых динамических соображений относительно поведения системы *вне* стационарного равновесия, – считает П. Самуэльсон. – Для каждой предложенной динамической системы подразумеваются также и различные условия устойчивости» (выделено в тексте П. Самуэльсоном) [233, с. 21]. Добавим к этому замечания К. Ланкастера о том, что математическая модель может иметь несколько различных критериев устойчивости, которые зависят от содержательного смысла модели, и Р. Аллена о том, что рыночное равновесие может считаться устойчивым при одних динамических условиях и неустойчивым при других [6; 138].

Однако, несмотря на углубленную проработку темы существования равновесия в теоретическом аспекте, обретение его в процессе реальной деятельности вызывало обоснованные сомнения, и причиной тому по меньшей мере являются три главные проблемы:

во-первых, для суждения о равновесии необходимо знать функции кривых спроса и предложения, а их определение на практике довольно затруднительно. И поскольку уверенности в их объективности нет, то и фиксация равновесного состояния имеет налет загадочности для аналитика. Здесь мы встречаемся с проблемой наблюдаемости систем и измеримости экономических показателей их поведения;

во-вторых, даже если согласиться с возможностью достижения равновесия в принципе, влияние на систему нерегулярных сил, о которых шла речь выше, «раскачивает» ее и постоянно смещает состояние системы относительно положения равновесия. Иными словами, имеет место отклонение системы от равновесного состояния из-за действия различного рода возмущений, что и вынуждает говорить об устойчивом и неустойчивом равновесии системы. Создаваемый конкуренцией порядок, по мнению Ф. Хайека, экономисты обычно называют равновесием, которое никогда реально не существует, хотя и допускает достаточно высокую степень приближения к нему. В качестве иллюстрации приведем пример системы, у которой достигаемое положение равновесия устойчиво «в малом», но в действительности такая система оказывается практически неустойчивой [127, с. 120] (рис. 1.7).

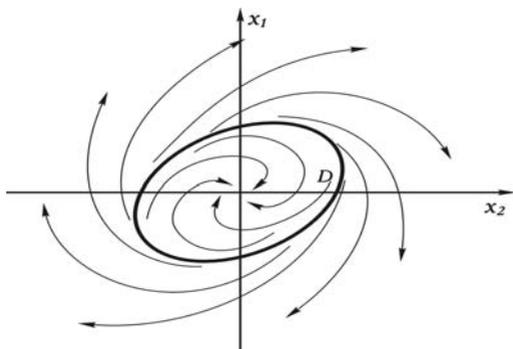


Рис. 1.7. Практически неустойчивая система с положением равновесия, устойчивым «в малом»

и, в-третьих, обретение равновесия предприятия в экономике совершенной конкуренции весьма непросто, поскольку опирается на экзогенно задаваемые цены, которые не учитывают индивидуальные особенности производителей. Тем самым считается, что цены на потребляемые предприятием ресурсы заведомо являются для них приемлемыми, а технологические ограничения предприятий не препятствуют выбору выгодного объема выпуска продукции. К тому же реагирование предприятий на конъюнктуру цен по предположению должно быть гибким и быстрым, представляя собой большую натяжку: маневрирование ресурсами (производственными мощностями, оборотными средствами и др.) имеет свои пределы как по времени, так и по номенклатуре и объему выпуска продукции.

Подобное упрощение модели равновесия позволяет говорить о том, что микроэкономическая наука скорее направлена то, чтобы объяснить механизм цен и распределения ресурсов, но не предложить теорию управления предприятиями. И правда, если модели не обосновывают выбор управленческих решений, тогда в чем ценность предлагаемых ими теоретических схем? Они раскрывают сущность равновесия и передают смысл концепции равновесного состояния производственных систем.

Наряду с этим, нельзя забывать и о том, что сложившаяся макроэкономическая среда может блокировать движение системы к равновесию, и тогда она будет пребывать в неравновесном положении независимо от влияния возмущений¹. Но если доказано, что у конкретной

¹ По-видимому, здесь можно провести аналогию с живыми системами. Ведь они «непрерывно сами создают условия нарушенного равновесия, связывая в нераздельном единстве внесение или углубление нарушений равновесия с окружающим миром и борьбу за их минимизацию», о чем упоминал Н.А. Бернштейн [33, с. 287].

системы существует множество равновесных состояний, то среди них должны быть и устойчивые, и неустойчивые. «Экономика совсем не обязательно достигает состояния равновесия, – размышлял В. Леонтьев. – Такого состояния может не быть вовсе или их может быть несколько, но в последнем случае обязательно должны быть состояния как устойчивого, так и неустойчивого равновесия» [142, с. 179]. В продолжение отметим, что, согласно теореме «разделения» П. Самуэльсона, уточняется порядок следования этих состояний: точки устойчивого равновесия (на небольшом промежутке) отделены друг от друга точками неустойчивого равновесия, и наоборот.

Логика исследований привела к анализу взаимосвязи равновесного и оптимального состояний экономической системы. Децентрализованное принятие решений производителями и потребителями в совершенно конкурентной экономике примечательно тем, что по достижении равновесия участники обмена добиваются своих целей. Благодаря проведенным математическим изысканиям, К. Эрроу и Ж. Дебре обосновали экстремальный характер предложенной модели и вывод об оптимальности экономического равновесия¹, опираясь на свойство оптимальности по В. Парето как совокупности неулучшаемых решений.

В экономике такая идеальная ситуация привлекала тем, что служила эталоном отношений всех взаимодействующих участников обмена ресурсами, когда каждый из них имел максимально возможную реализацию своих устремлений. Она отвечала преследуемым ими целям и потому останавливала их поиск более выгодных решений, которые принимались с учетом выбора остальных участников. «В широком смысле общественная система находится в равновесии, – определял Ж. Дебре, – если при заданных внешних условиях ни один из ее участников не заинтересован в изменении своих действий. При этом в понятие внешних условий для каждого участника включаются действия всех других участников» [83, с. 157]. Речь может идти, например, об оптимальном распределении наличного запаса товаров среди потребителей: каждый из них при таком распределении получает наибольшее удовлетворение, выражаемое показателем функции полезности. Какое-либо перераспределение товаров с улучшением положения одного из потребителей лишь ухудшает положение хотя бы одного другого потребителя.

Приведенная трактовка равновесного состояния системы, в котором налицо согласование интересов и возможностей участников эко-

¹ В частности, в опубликованной в 1954 г. статье Ж. Дебре доказал, что при выполнении ряда условий состояние равновесия является Парето-оптимальным, и наоборот, Парето-оптимальное состояние – равновесным [349].

номического взаимодействия, и отличалась сбалансированностью всех процессов, завоевала признание и до настоящего времени не утратила своей ценности. Равновесность состояния может быть представлена следующей ситуацией, которая почерпнута из книги Л.В. Канторовича и А.Б. Горстко: «Состояние равновесия в экономике – это такое положение, когда ни одно предприятие не может добиться большей прибыли при сложившихся ценах и ни один потребитель не может приобрести больше без дополнительных затрат» [106, с. 141]. Подобное состояние демонстрирует достигнутый компромисс и увязывание действий сторон.

Проблема существования и оптимальности равновесных состояний систем органично смыкается с задачей выяснения единственности равновесия. Ведь возможность обретения системой сбалансированного положения отнюдь не означает, что она не может обладать двумя и более подобными состояниями. Аналитики обращали внимание на то, что, в зависимости от условий деятельности экономической системы, она может иметь множество состояний равновесия. Исследования с очевидностью показывали: даже равновесие в общей модели Л. Вальраса возможно не при всех действиях участников экономической системы. Оно достигается лишь при некоторых предположениях, но вместе с тем может существовать и несколько равновесных состояний.

Уже в первых модельных конструкциях поиска равновесия аналитики столкнулись с тем фактом, что его нахождение не могло быть свободным от исходных условий, заложенных в схему конкретной задачи. По утверждению Л. Клейна, оптимальное по В. Парето равновесное решение не является единственно возможным. Ведь «каждому варианту распределения богатства или первоначальной собственности среди членов общества соответствует свой оптимум, и рыночная система не отвечает на вопрос о том, как следует выбирать этот вариант; в общем, оптимальность решения зависит от выбора параметров имущественного распределения» [37, с. 29–30].

С признанием того обстоятельства, что может быть более, чем одно, состояние равновесия, возникал вопрос о том, ограничено ли каким-либо пределом их множество у системы? В 1970 году в статье Ж. Дебре было строго доказано, что в «типичной ситуации» существует лишь конечное число равновесий. Проблема единственности равновесия осложняется тем обстоятельством, что появляется возможность парадоксальных реакций экономической системы на внешние воздействия. Тем самым, по мысли В.М. Полтеровича, это свидетельствует о не вполне понимаемых еще условиях, которым подчинено поведение реальной экономической системы. Примечательно, что

множественность равновесных состояний системы, как правило, не совместима с глобальной устойчивостью [206, с. 493–494, 496].

В развиваемой ныне синергетической экономике предметом исследования служат ситуации с множеством состояний равновесий, которыми обладают нелинейные динамические системы. В них вблизи критических точек наблюдается неординарное поведение, когда малые сдвиги в значениях переменных провоцируют резкие изменения в траектории движения системы. В таких точках бифуркации конкретное направление траектории зависит от действия слабых (иногда к тому же случайных) возмущений, и эволюция системы становится трудно предсказуемой, о чем пойдет речь ниже (§ 2.3).

Особое значение в анализе равновесия экономических систем имело обоснование условий устойчивости равновесия. В рамках естественно-научных представлений (§ 1.1) устойчивость равновесия системы означает ее способность находиться вблизи равновесного состояния при влиянии возмущающих сил: если при достаточно малых воздействиях скорость отклонения и само отклонение от равновесия будут сколь угодно малыми, оно и будет устойчивым.

По сути дела, поиск и аргументация устойчивых состояний равновесия служило продолжением анализа существования положения равновесия системы, поскольку при отсутствии их вряд ли был смысл заниматься изучением свойства устойчивости. Именно сомнения в способности экономической системы достигать равновесия, ввиду действия помех, и питали пессимизм в отношении устойчивости этого состояния, в то время как обретение ею равновесия предполагало выяснение предпосылок его сохранения и потери в возмущенной среде.

С давних пор динамический подход к исследованию поведения экономической системы считал истиной то, что в действительности она не пребывает в состоянии равновесия и отклоняется от него в какую-либо сторону. Раскрывая особенности мануфактурного производства, еще К. Маркс был уверен в том, что «прихотливая игра случая и произвола определяет собой распределение товаропроизводителей и средств их производства между различными отраслями общественного труда», однако, при этом «различные сферы производства постоянно стремятся к равновесию», причем «эта постоянная тенденция различных сфер производства к равновесию является лишь реакцией против постоянного нарушения этого равновесия» [157, с. 368].

Из приведенной цитаты К. Маркса видно, что для экономической системы не характерно стабильное положение равновесия: налицо лишь «тяготение» системы к этому состоянию. У Я. Корнаи мы встречаем, что реальные экономические системы отклоняются от состояния

равновесия по Л. Вальрасу, причем не только по моментальным колебаниям, но и за продолжительный период [123].

Пожалуй, в вопросе о динамическом равновесии системы аналитики единодушны, предоставляя возможность читателям судить о широком спектре причин нарушения равновесных состояний экономических систем. Среди них, прежде всего, называют непостоянство приложенных к системе сил, вследствие чего их равнодействующая не оставляет систему в покое. Размышляя по этому поводу, А.А. Богданов писал о том, что подвижное равновесие всегда только приблизительное, т.к. не может быть полного и безусловного равенства противоположных изменений [36, с. 198–199].

Смещение равновесия вызывают разного рода возмущения, влияющие на поведение системы. По П. Самуэльсону, «в реальной жизни положения равновесия всегда нарушаются. Как только в результате экономии достигается новое равновесие, возникает новая помеха, опять нарушающая его» [232, с. 111]. Подобные отклонения от равновесия составляют типичную черту современной экономики со свойственными ей скоростными сдвигами в конкурентном окружении предприятий и трудно определяемыми факторами воздействия, среди которых инновации¹ в технике, технологии, коммуникациях и др. Интенсификация возмущающих сил создает «вихревые потоки» перемен, уводящих траекторию движения предприятий от равновесного режима и увлекающих ее в пространство будущих бифуркаций.

Согласно теории экономической динамики Й. Шумпетера, «в рамках строго закономерной и статистически выявляемой смены система вначале удаляется от равновесия, а затем опять стремится к равновесию, правда, уже другому, в полном соответствии с тем, как того требует теория укоренения новых комбинаций (подъем) и приспособления экономического организма к изменившейся по этой причине ситуации (депрессия)» [327, с. 50]. В его понимании развитие выражает себя в изменении траектории, по которой осуществляется кругооборот, и смещении положения равновесия, в отличие от процесса движения в направлении состояния равновесия. Современная трактовка развития предприятия исходит из необходимости инновационной модернизации его деятельности, что и

¹ Автор разделяет мнение аналитиков, которые придерживаются трактовки инноваций как процесса «целенаправленного исследования, разработки, внедрения и использования экономическими субъектами продукции, технологий, управленческих подходов, обладающих новизной и потенциальной полезностью для социально-экономических объектов управления в целях получения максимума эффекта» (В.В. Мильник [175, с. 27].)

обеспечивает предприятию адаптацию к внутренним и внешним изменениям, означая обеспечение его устойчивости.

Вообще говоря, изучением устойчивости равновесия стали заниматься еще в тот исторический период, когда формировалась концепция экономического оптимума. Обоснование тезиса об эффективности равновесного состояния подразумевает и поиск ответа на вопрос о том, может ли такое состояние сохраняться достаточно долго. По этому поводу известно суждение В. Парето: стабильное равновесие означает немедленное восстановление его при незначительном нарушении. В содержательном аспекте такое заключение не вызывает нареканий, поскольку в духе толкования А.М. Ляпунова оговаривает незначительные отклонения состояния системы и требует последующего возвращения к нему. При этом, однако, вряд ли оправдано ожидать мгновенного достижения равновесного положения, поскольку скорость движения к нему может варьироваться в широких пределах.

В учении Н.Д. Кондратьева равновесные состояния системы могут быть устойчивыми, неустойчивыми и безразличными. При этом устойчивое равновесие экономической системы понимается в «механическом» смысле, т.е. нарушенное пертурбирующей силой устойчивое равновесие не только восстанавливается, но и восстанавливается в прежнем виде, после прекращения действия этой силы. Как и в отношении состояния равновесия, желание системы отыскать устойчивое равновесие необходимо рассматривать лишь в качестве закономерности, но не свершившейся реальности. Устойчивым является не равновесие рынка, а лишь тенденция его поиска, если оно нарушено. Отсюда видим лишь стремление экономической системы к равновесному положению, но не обязательно его осуществление.

Приведем высказывание по поводу равновесия и Ф. Найта: «Это состояние следует рассматривать только как теоретический результат, вытекающий из определенной тенденции, которая под воздействием других тенденций может претерпевать сколь угодно сильные изменения или вообще смениться на противоположную» [177, с. 152]. Тем самым в конкретной ситуации равновесие отнюдь не представляет собой заранее прогнозируемый итог, поскольку такое предвидение осложняется действием многообразных, в том числе и непредсказуемых факторов.

Генератор мощных и спорадических возмущений – НТР, благодаря которой происходит насыщение рынка наукоемкой продукцией и интеллектуализация технической базы отраслей промышленности. Наряду с этим, воздействие НТР сказывается и на конкурентных позициях предприятий, их способности принять вызов производителей высо-

котехнологичной продукции, что вынуждает их рисковать и заниматься венчурным бизнесом. В результате траектория движения предприятий утрачивает монотонность и приобретает размашистый характер с заметными отклонениями от равновесного поведения. «Под влиянием научно-технического прогресса, повышения эффективности производственных ресурсов рыночная экономика превращается в динамически неустойчивую, в которой равновесие выступает лишь как момент, короткая фаза в воспроизводственном процессе, проявляющаяся в виде кризиса, – насильственного (стихийного) достижения пропорциональности» [80, с. 417]. С этим трудно не согласиться. НТР не только сопровождалась переворотами в технологии производства, но и время от времени сильно «будоражила» процесс деятельности предприятий, подвергая их то искушению ринуться в слабо освоенную продуктовую нишу рынка, то опасности остаться среди аутсайдеров конкурентной борьбы. В том и другом сценарии движение предприятия становилось неравномерным с достаточной крутизной и амплитудой.

Несмотря на это, внимание аналитиков сосредоточивалось на механизме поддержания равновесного состояния экономической системы, благодаря которому и сохранялась его устойчивость. Аналогия с равновесием физической системы позволила выдвинуть гипотезу о том, что и экономика обладает имманентным свойством склонности к некоторому стационарному состоянию. Универсальность такого поведения объектов убеждала классиков экономической науки в необходимости принятия принципа устойчивого равновесия и в хозяйственных системах.

Акцентируя внимание на взаимосвязи экономических процессов (рынков готовых товаров, факторов производства, взаимных услуг и промежуточных продуктов), Дж. Хикс отмечал недостаточность схемы частичного равновесия для объяснения феномена устойчивого равновесия и конструирует схему общего равновесия на динамических основаниях. В ходе анализа равновесного состояния он делал вывод о том, что для стабильности состояния равновесия необходимо, чтобы при малейшем отклонении системы от этого состояния начинали действовать силы, стремящиеся восстановить равновесие, причем условием стабильности равновесия он видел возрастание избыточного спроса при падении цены.

Вместе с тем проблема состоит в том, что существование равновесия и даже приближение системы к нему еще не гарантируют того, что система в действительности обретет его. Даже в самом благоприятном случае, когда система неуклонно продвигается к состоянию равновесия с довольно малой скоростью, достижение равновесия может считаться предположением.

В литературе нередко высказываются соображения относительно предпосылок, указывающих на равновесную ориентацию экономической системы. Так, обсуждая концепцию равновесия Я. Тинбергена, Г. Гейер приводит его слова о том, что «равновесный процесс считался тем более устойчивым, чем более демпфированы колебания около этого равновесного процесса», а в идеальном случае «экономика после внешнего возмущения очень быстро возвращалась бы снова приблизительно в равновесное состояние» [61, с. 80–81].

В изучении механизма закономерного движения системы к равновесию было обращено внимание на подобное свойство в естествознании. Предложенный в общем виде французским химиком А. Ле Шателье и обоснованный немецким физиком К. Брауном, принцип позволял определить направление смещения равновесия без выяснения условий его обеспечения: если внешнее воздействие на систему выводит ее из положения равновесия, то в ней возникают процессы, которые будут ослаблять влияние этого воздействия. Заимствованный из термодинамики, принцип А. Ле Шателье – К. Брауна был востребован для объяснения природы устойчивого равновесия экономических систем¹. Упоминание о нем мы находим в «Тектологии» А.А. Богданова и в книге М. Моришими «Равновесие, устойчивость, рост (Многоотраслевой анализ)» под названием принципа Ле Шателье – Самуэльсона.

Однако и с введением этого принципа у аналитиков не ушло ощущение незавершенности изучения механизма обретения равновесного состояния. Перенос термодинамических представлений в экономическую сферу методологически полезен, но не проливает свет на то, какие силы и как продвигают систему к положению равновесия. Наряду с этим, не удовлетворял и модельный аппарат исследования устойчивости, далекий от воспроизведения даже первых схем рынка.

В.М. Полтерович утверждает, что, несмотря на исследования Л. Вальраса, П. Самуэльсона, К. Эрроу, Л. Гурвица и других аналитиков, принципиально вопрос о том, как происходит процесс нахождения равновесия в экономической системе, до сих пор не решен. В этой связи К. Эрроу убежден, что опирающаяся на концепцию Л. Вальраса теория устойчивости «энергично развивается теоретически, хотя и не получила достаточного эмпирического применения. Она содержит механизм обратной связи, который корректирует ошибки, возникающие при установлении цен, посредством неравновесий, которые они вызы-

¹ Уже А. Маршалл писал о том, что при нарушении устойчивого равновесия спроса и предложения немедленно начинают действовать силы, возвращающие объем производства в прежнее положение [158, с. 29].

вают. Такой подход специфицирует и объясняет функционирование рынка. Но, с одной стороны, модели устойчивости далеко не адекватно представляют даже динамику неоклассических моделей, и, возможно, именно поэтому результаты этих моделей отнюдь не обязательно совместимы с устойчивостью процесса корректировки, а, с другой стороны, неясны стимулы, запускающие механизм обратной связи в них» [340, с. 15].

Проникновение идей теории устойчивости в экономические исследования привело к тому, что понятия локальной и глобальной устойчивости овладели аналитиками и нашли приложения в изучении равновесных состояний. В соответствии с учением А.М. Ляпунова локально устойчивым признавали равновесие в том случае, если цены стремятся к равновесным при условии, что начальные значения цен достаточно близки к равновесным. Если сходимостью цен выполняется при любых их начальных значениях при бесконечном возрастании параметра времени, равновесие полагали глобально устойчивым или просто устойчивым. Вместе с тем характер проводимых исследований позволил М. Моришиму заявить в 1964 г., что в теории устойчивости остается нерешенным такой важный вопрос, как глобальная устойчивость экономического равновесия, который изучен еще не полностью, поскольку большинство исследований касаются только локальной устойчивости [174, с. 40].

Обсуждая свойство устойчивого равновесия, заметим, что подчас авторы без достаточных доводов полагают устойчивость систем абсолютной, т.е. сохраняемой при любых возмущениях. Так и сегодня можно встретить точку зрения, что микроэкономическое равновесие всегда устойчиво, в то время как макроэкономическое может быть как устойчивым, так и неустойчивым. В микроэкономике «равновесие отличается устойчивостью, так как предполагается, что ни одна из сторон на рынке не будет пытаться продавать или покупать по какой-либо иной, отличной от равновесной, цене», – утверждает в англо-русском толковом словаре по экономике [35, с. 242]. Но макроэкономические равновесия, читаем там же, могут быть устойчивыми или неустойчивыми. И устойчивым считается равновесие, при котором неудачи в реализации планов побуждают так изменить их, что экономика в целом станет приближаться к равновесию. Такой подход отказывает микроэкономическим системам в неравновесном поведении, с чем трудно согласиться не только по теоретическим соображениям, но и практическому опыту деятельности отечественных промышленных предприятий в переходной экономике. Снижение платежеспособности и деградация предприятий – самые убедительные свидетельства их

уязвимости и зависимости от макроэкономических условий работы, способных пошатнуть равновесный режим предприятий и довести их до банкротства.

В настоящее время вопросы существования и устойчивости равновесных состояний системы оказались в поле зрения теории бифуркаций, особенно в связи с ускорением изменений в экономических системах и их инновационным развитием. Поскольку бифуркация представляет собой ветвление некоторого процесса при изменении определенных параметров, т.е. качественную перестройку поведения системы, такую метаморфозу часто называют катастрофой, а изучающую их математическую дисциплину – теорией катастроф.

С появлением такого изящного инструментария анализа хозяйственных ситуаций, как теория игр, исследование устойчивости экономических систем стало располагать добротным математическим арсеналом, благодаря которому оно обогатилось новыми конструктивными поисками и выводами. В предисловии к русскому переводу монографии «Теория игр и экономическое поведение» в 1967–1968 гг. О. Моргенштерн не преминул заметить, что «одним из возможных подходов к проблеме решений является выделение из всех множеств, описывающих исход игры, некоторых особых множеств, которые могут считаться в каком-то смысле «устойчивыми» [180, с. 19]. Там же он пишет о том, что идея ситуации равновесия в бескоалиционных играх n лиц впервые была введена Дж. Нэшем, который показал, что любая конечная игра n лиц имеет ситуацию равновесия в смешанных стратегиях, и были найдены ее математические доказательства, которые привели к эффективным схемам вычисления ситуаций равновесия.

Дж. Нэш не только ввел понятие точки равновесия, но и пришел к выводу о том, что в игре двух лиц с нулевой суммой она соответствует максимумной точке. Образующая в результате рациональных действий игроков, она обладает «зоной притяжения», поскольку отвечает ожиданиям игроков и потому побуждает стремиться к ней. Свойства такой седловой точки хорошо вписываются в распространенные представления о предпочтительности равновесного положения системы и сразу привлекают внимание экономистов. Между тем, как оказалось, теория Дж. Нэша корректна лишь для тех игр, в которых не допускается сотрудничество игроков, так называемых «некооперативных» игр.

Для ситуаций антагонистического конфликта (интересы игроков прямо противоположны) в теории игр рассматриваются точки равновесия, которые являются устойчивыми на том основании, что отступление от них какого-либо игрока невыгодно, поскольку грозит ему потенциальным проигрышем. В таком равновесном состоянии баланси-

руются интересы игроков, даже несмотря на то, что выигрыш какого-либо игрока может оказаться ниже максимального. Ведь желание получить больший выигрыш, чем в точке равновесия, может обернуться для игрока худшим исходом: поддавшись соблазну, он может получить еще меньше, чем в равновесном состоянии.

На этом положении базируется принцип устойчивости Дж. Нэша, утверждающий, что выбор рациональной стратегии должен производиться среди множества точек равновесия. Р. Зелтен и Дж. Харшаньи, удостоенные, как и Дж. Нэш, Нобелевской премии по экономике за приоритетный вклад в анализ некооперативных игр, добились результатов в решении проблем достижения равновесия, когда конкурируют несколько продавцов (олигополия) и сталкиваются с необходимостью выбора решений в условиях неполной информации.

В простой модели олигопольного рынка – дуополии – при производстве двумя фирмами однородного товара каждая из них принимает решение о выпуске товара, считая, что конкурент будет изготавливать некоторое ожидаемое количество того же товара. В такой модели прибегают к кривым реагирования, состоящим из точек максимальной прибыли при конкретной величине объема выпуска другой фирмы, и устойчивость равновесия сохраняется, если положение кривой реагирования первой фирмы круче, чем наклон кривой реагирования второй фирмы. Достигаемое в этом случае равновесие О. Курно и есть некооперативное равновесие в дуополии: каждая фирма принимает решения, которые дают ей наибольшие прибыли при данных действиях своих конкурентов. Подразумевается, что фирмы выбирают объем выпуска продукции в предположении, что выбор конкурента сделан и определен заранее как постоянная величина, причем поведение конкурента является независимым от действий других фирм.

Наряду с равновесиями по В. Парето и Дж. Нэшу, в экономической теории рассматривается также равновесие по Г. фон Stackельбергу (или Г. фон Штакельбергу). В этом сценарии игроки могут выбирать различный стиль поведения, т.е. быть лидером или последователем. В такой ситуации последователь придерживается максимизирующего поведения как в дуополии О. Курно исходя из того, что выпуск продукции конкурента фиксирован. В отличие от последователя, лидер может предвидеть реакции других игроков и, выбирая стратегию, учитывает такое поведение последователя. В результате лидер действует в стиле монополиста, тогда как остальные игроки вынуждены смириться с ролью приспособляющихся субъектов рынка. Очевидно, в ситуации, когда оба дуополиста ведут себя как последователи, модель О. Курно становится частным случаем модели Г. фон Stackельберга.

В рамках проведенного обсуждения атрибута устойчивого равновесия, считает автор, представляется спорной точка зрения о том, что понятия равновесия и устойчивости допускают смысловое отождествление. Ведь устойчивость может быть присуща и равновесному, и неравновесному состоянию системы, также как и прогрессивной и регрессивной (нежелательной) тенденции ее поведения. Другими словами, устойчивым может оставаться не только рост промышленного производства, но и повышение уровня инфляции и безработицы, снижение выпуска продукции и платежеспособности потребителей и т.д.

На этом основании само по себе свойство устойчивости вряд ли можно однозначно отнести к положительным, а неустойчивости – к отрицательным и в экономическом отношении ущербным. Ведь и устойчивость, и неустойчивость могут квалифицироваться как позитивная и как негативная черта процесса, в зависимости от его содержания. В этой связи процитируем точку зрения В. Леонтьева: «Поскольку понятие устойчивости ассоциируется с чем-то хорошим, а понятие неустойчивости с чем-то плохим, большинство создателей экономических моделей отдают...определенное предпочтение устойчивым системам и отвергают неустойчивые. Я, напротив, полагаю, что в каждом случае «стратегия» исследования должна быть приспособлена к свойствам динамических систем, наилучшим образом удовлетворяющих тому конкретному процессу развития, который необходимо объяснить» [142, с. 38–39].

В дальнейшем изложении различие свойств равновесия и устойчивости системы будет становиться более очевидным и отражать качественно иные процессы, наблюдаемые в эволюции системы. Вот почему автор разделяет мнение аналитиков, полагающих, что при несомненной семантической близости понятий равновесия и устойчивости между ними все же пролегает определенная грань. Поэтому дискуссионным представляется утверждение о том, что равновесие есть «устойчивость энергетического состояния» [238, с. 151]) или применяется как синоним устойчивости [331, с. 431]. Скорее здесь можно было бы говорить о вырожденном случае устойчивости, когда система поддерживает свое поведение при исчезающем (в пределе до нуля) влиянии возмущений. Но в том-то и дело, что понятие устойчивости характеризует поведение системы при действии возмущающих факторов, а не при их отсутствии. Что же касается влияния «нулевых» возмущений на деятельность системы, то правильнее рассматривать такую ситуацию равновесной при ясном понимании того, какие «разнонаправленные силы» должны быть сбалансированы между собой и какие свойства системы являются при этом инвариантными.

Закономерный интерес представляет проблема связи равновесия, устойчивости и оптимальности состояния экономической системы. Уже по содержанию понятия равновесия можно предположить, что оно воплощает в себе идеал отношений взаимодействующих субъектов и отличается максимально возможной эффективностью. Мысль об этом уже пронизывала рассуждения о склонности экономической системы к его достижению, несмотря на возникающие помехи. В экономической теории превалирует мнение о том, что состояние, отличное от равновесного, не соответствует экономически выгодному положению его. Примером могут служить исследования Дж. Хикса, опубликованные им в классическом произведении «Стоимость и капитал». Подводя черту под теоретическим анализом последствий нарушения равновесия, он резюмирует: «Таким образом, неравновесие свидетельствует о расточительности и о несовершенной эффективности производства» [285, с. 240]. Да и в более поздних исследованиях авторы видели непосредственную связь между равновесием, устойчивостью и оптимальностью состояния системы.

Между тем нельзя не сказать и о том, что подобная констатация не всегда принимается безоговорочно. Уже А. Маршалл полагал ошибочной доктрину максимального удовлетворения, когда ее рассматривают универсальной, ссылаясь на случай с многократным состоянием устойчивого равновесия. Ведь если экономическая система обладает множеством состояний устойчивого равновесия, возможно ли, что всем им присуща предельно высокая эффективность?

Ответ на этот вопрос дает Дж. Стиглер. Он утверждает, что лишь одно из нескольких состояний устойчивого равновесия может быть максимумом, отмечая заслугу в решении этого вопроса А. Маршалла и его предшественников Л. Вальраса и Ф. Эджуорта [255].

Действительно, уже со времен Л. Вальраса тезис о максимальной эффективности равновесного положения был закреплен в концептуальных разработках, но довольно оригинальная аргументация его была предложена в середине прошлого века экономистом-математиком М. Алле. В книге «В поисках экономической дисциплины» он дал доказательство двух фундаментальных положений: всякая равновесная ситуация рыночной экономики отличается максимальной эффективностью, и, наоборот, всякая ситуация максимальной эффективности является равновесной (теоремы эквивалентности). В его концепции общее экономическое равновесие и максимальная эффективность достигаются лишь тогда, когда уже исчезает какой-либо реализуемый излишек.

С учетом анализа реального поведения экономических субъектов М. Алле формулирует шесть общих принципов поведения (предпочте-

ния, технической эффективности, излишка, распределения, рынка и участия). Удовлетворяющая этим принципам точка в пространстве индексов непрерывно приближается к множеству состояний максимальной эффективности, и, как только точка оказывается на поверхности максимальных возможностей или близкой к ней, обмена завершаются и наступает состояние стабильного равновесия. В том случае, если принципы М. Алле действуют постоянно, экономика развивается в направлении равновесного состояния и это состояние будет устойчивым [4; 5]. На основании теоремы динамической эволюции развитие экономики рынков ведет к стабильному равновесию, и любому состоянию максимальной эффективности экономики в целом отвечает бесконечное число способов экономического развития. В результате предельная эффективность экономического равновесия достижима, но конкретную траекторию движения системы к нему заранее предвидеть весьма затруднительно¹.

Поскольку по давней парадигме равновесие системы воспринимается как наилучшее ее состояние, то оптимум функционирования экономической системы рассматривается проявлением равновесных свойств исследуемых процессов. Пример: разрешающие множители в методе линейной оптимизации Л.В. Канторовича, несмотря на динамичность, все же сохраняют в некоторой мере стабильность при изменении условий решения задачи.

Устойчивость и оптимум системы неразрывно рассматривались в прикладном аспекте при планировании работы производственных систем. В разработанном Р.Л. Сатановским подходе оптимальная устойчивость системы характеризуется изготовлением продукции с минимумом годовых приведенных затрат. При этом он выделяет три типовых состояния структурно-устойчивых систем:

- плано-неустойчивое, при котором затраты на выпуск продукции превышают плановые;
- плано-устойчивое, когда эти затраты совпадают с плановыми;
- оптимально-устойчивое, отличающееся минимумом годовых приведенных затрат.

Если приведенные затраты равны плановым, то производственная система квалифицируется как плано-устойчивая, а если приведенные

¹ Г. Саймон писал об отсутствии уверенности в том, что экономическая система в какой-то момент времени находится вблизи точки локального или глобального равновесия, причем без конкретизации задачи нет оснований полагать, что достигнутые положения равновесия будут соответствовать глобальным, а не локальным относительным максимумам или минимумам функции [352].

затраты равны минимальным, то производственная система квалифицируется как оптимально-устойчивая. Для поддержания устойчивости производственной системы требуется уменьшение вариации параметров, которые оказывают на нее влияние, что обеспечивается концентрацией продукции с высокой степенью конструктивно-технологического сходства и профилизацией элементов производства [234]. Выход за пределы области устойчивости влечет за собой утрачивание стабильности поведения системы и вызывает рост потерь.

Напомним, что оптимум присущ состоянию равновесия и в игровых ситуациях с противоположными интересами участников, когда их стратегии становятся сбалансированными, с точки зрения получаемых выигрышей. В игре с седловой точкой отклонение от этого состояния одного из участников при умелом поведении другого участника может обойтись первому участнику ухудшением исхода игры. Поэтому выбор иной стратегии заведомо ставит участника в менее выгодную позицию, и потому сама логика игры «навязывает» ему выбор равновесного состояния. По Дж. Нэшу, ситуация равновесия для игрока «максимизирует выигрыш этого игрока, если стратегии остальных игроков остаются неизменными. Тем самым в такой ситуации стратегия каждого из игроков оказывается оптимальной против стратегий остальных игроков» [192, с. 207]. При этом и другие игроки предпочитают придерживаться своих рациональных стратегий (называемых минимаксными), что и определяет оптимальность равновесного состояния.

Но проведенные позже исследования привели к необходимости переосмысления этого канона экономической науки. Дело в том, что принадлежность к множеству оптимальных по В. Парето решений не означает, что все участники или подсистемы экономической системы полностью реализовали свои намерения и принимают такое решение: оно может иметь разную выгоду для них. Ведь подобные решения не обладают свойством предельной эффективности для всех без исключения подсистем или участников. «Полученное состояние (траекторию) равновесия не следует трактовать как абсолютно наилучшее решение проблемы согласования интересов всех подсистем», – пишет А.Г. Гранберг, уточняя, что равновесие достигается в рамках установленных принципов экономических отношений, а с изменением этих принципов могут иметь место и иные состояния (траектории) равновесия [75, с. 447–448]. В стремлении получить максимальное удовлетворение своих потребностей некоторые из них могут предпринять блокирование Парето-оптимальных решений.

Кроме того, теория игр предусматривает, что участники игры могут образовывать коалиции, которых объединяют стратегии или инте-

рес. Ими могут стать как группы хозяйствующих субъектов, так и отдельные самостоятельные экономические системы. Поэтому Парето-оптимальные решения теряют свою привлекательность, поскольку не учитывают возможности участников и коалиций влиять на выбор совместных планов подсистем.

Очевидно, ограниченность применения принципа В. Парето проистекает от того, что допускает ситуацию с односторонним преимуществом каких-либо участников. В реальной экономической жизни, по мнению Н.Я. Петракова, область возможного использования критерия В. Парето чрезвычайно узка из-за «необходимости принятия решений, приносящих эффект одним и ущерб другим элементам системы» [200, с. 37]. В игровой ситуации равновесие может оказаться невыгодным, поскольку в этом случае не достигается максимума суммарного выигрыша всех игроков.

Каверзность вызывает то обстоятельство, что равновесное состояние может быть вне множества точек В. Парето. Несмотря на то, что К. Эрроу и Ж. Дебре доказали, что состояние равновесия эффективно в соответствующей экономике потребителей и производителей, в «более общей» рыночной экономике оно неэффективно [150]. Равновесное состояние может не принадлежать границе Парето для достаточно большой совокупности организационных структур экономики.

С точки зрения В.М. Полтеровича, неэффективность равновесия возникает и вследствие бесконечного планового горизонта. Настоящая проблема имеет две стороны: одна из них связана с необходимостью располагать информацией отдаленного будущего, а другая – с явлением неустойчивости эффективных траекторий. Второе имеет место из-за неточности расчетов, приводящей к построению неэффективной равновесной траектории, поскольку на основе локальной информации нельзя обнаружить, по эффективной или неэффективной траектории происходит движение. Решение проблемы В.М. Полтерович видит в разработке долгосрочной политики цен и систематической корректировке их в процессе скользящего планирования. В рамках предлагаемой концепции смешанного механизма распределения ресурсов он развивает подход, демонстрирующий принципиальную возможность достижения Парето-оптимальных состояний, вопреки неравновесности розничных цен.

В этом контексте уточняют, что понятие эффективности, строго говоря, является более широким, чем понятие оптимальности по В. Парето, которое составляет лишь частный случай первого понятия. Ведь не любое эффективное решение может отвечать намерениям всего общества. Не исключены «диктаторские» правила достижения наилуч-

шего результата, в связи с чем для отсеечения таких решений из теории игр было заимствовано понятие ядра – подмножества эффективных «демократических» решений, которые не встречают никакого противодействия (не блокируются никакими коалициями). Чем больше множество допустимых коалиций, тем уже ядро. В определении В.М. Полтеровича «состояние экономики принадлежит ядру, если никакая коалиция экономических агентов, действуя в пределах своих возможностей, не может его улучшить для некоторых своих членов, не ухудшив положения некоторых других участников коалиции» [206, с. 493].

Близкие по характеру суждения высказываются и в отношении устойчивости системы. Исследования показывают: свойства эффективности и устойчивости не связаны однозначной зависимостью в том смысле, что эффективные решения всегда являются устойчивыми. Напротив, наблюдения свидетельствуют об обратном. Устойчивый выбор, как оказалось, может не принадлежать множеству В. Парето. Если решение принимают независимо все партнеры (субъекты), то нельзя надеяться на то, что все они сделают устойчивый выбор. «Таким образом, – делает вывод Н.Н. Моисеев, – принцип устойчивости (принцип Нэша) вряд ли может считаться принципом выбора альтернативы. Иное дело, если речь идет о коллективном решении, когда оно принимается по договоренности всеми субъектами одновременно» [169, с. 54]. Этот принцип оправдывает себя лишь тогда, когда устойчивые точки являются одновременно точками множества В. Парето. Но такие системы встречаются весьма редко, и гораздо чаще распространены ситуации, в которых эффективные альтернативы являются неустойчивыми, а устойчивые – неэффективными.

Новизну этой проблеме придает и процесс самоорганизации экономической системы, в которой происходит перестроение внутренних связей и образование новых структур. Непознанный еще до конца, такой механизм развития системы порождает немало вопросов, и, в частности, о сочетании в ней свойств эффективности и устойчивости. Поэтому рассматривая трансформацию экономической системы и смену в ней одних форм другими, вряд ли возможно уйти от оценок этих параметров. С позиций необходимости оптимального сочетания организации и самоорганизации в экономике, по мнению Н.В. Амбросова, «на самом деле имеют в виду оптимальное сочетание экономической эффективности и устойчивости как экономической системы, так и ее элементов. Это означает сохранение или даже приращение эффективности при различных нестабильностях, развивающихся во внешней среде» [10, с. 16–17]. Разработка этого аспекта преобразований в системе, по-видимому, еще ожидает усилий специалистов по экономике, синергетике, математике и

других областей науки. Тем более, что опыт развитых стран показывает: крупные корпорации способны обеспечить рациональное сочетание эффективного развития и устойчивости, на это обращают внимание В.И. Самаруха, Т.Г. Краснова и Ю.А. Пурденко [231].

Достижение равновесия и его устойчивость зависит от степени информированности участников экономической системы. Своей постановкой задача информационного обеспечения хозяйственных процессов обязана действию факторов неопределенности на поиск решений, в силу чего размывается картина равновесного состояния и движения к нему системы. С другой стороны, аналитики остаются в неведении и относительно того, насколько устойчив протекающий в экономической системе процесс к вмешательству возмущений. В классической экономике этим обстоятельством обычно пренебрегали или не приписывали ему принципиального значения, полагая, что все участники системы обладают необходимой информацией для выбора того или иного варианта сделок.

Наряду с этим, проблема осложняется еще и тем, что цены на группы товаров взаимозависимы и с их изменением приходит в движение вся связанная с ними ценовая конъюнктура. Поэтому отслеживать, пересчитывать и принимать во внимание при сделках все «плывущие» цены более, чем проблематично. Об этом аргументированно писал В.В. Новожилов: «Рассчитать цены всех товаров как цены равновесия спроса и предложения невозможно. Это невозможно не только потому, что неизвестны функции спроса (допустим, что они известны!), а также потому, что такой расчет приходилось бы повторять при каждом изменении отношения между спросом и предложением не только данного товара, но и всех сходных по назначению товаров. Ведь спрос на каждый товар зависит не только от его цены, но также от цен других товаров» [190, с. 123].

Признание роли информации как одного из влиятельных факторов ситуации на рынке приводит к выводу о «необходимости серьезного пересмотра теории общего конкурентного равновесия, созданной в прошлом веке и впоследствии получившей развитие в трудах Дж. Хикса, П. Самуэльсона, Ж. Дебре и других современных ученых», – говорил посвятивший свою нобелевскую лекцию проблеме общего экономического равновесия К. Эрроу, отмечая влияние неопределенности на экономическое поведение и учет лишь одного определяющего фактора – цены [338, с. 99].

В самом деле, уже в модели К. Эрроу – Ж. Дебре информационная прозрачность поведения экономической системы выступала в качестве предпосылки обретения ею состояния равновесия. Не располагая такой

информацией, участники системы (фирмы и потребители) были бы лишены возможности измерять величины своих доходов и функции полезности, считая цены известными и заданными. Ввиду этого ценность модели состоит не только в аналитическом конструировании схемы конкурентного равновесия, но и в подчеркивании важности информационного фактора в равновесной ориентации системы. Модель К. Эрроу – Ж. Дебре отражает такой существенный аспект рыночной экономики как информацию, передаваемую посредством ценовых сигналов, и их роль в координации производства, обращает внимание Дж. Стиглиц. Однако информационные проблемы, которые решает экономика, намного сложнее, поскольку цены несут не всю полезную информацию. Кроме того, что они ограничены информационной емкостью и чувствительны к побочным социальным явлениям (заведомой лжи, слухам и т.п.), цены могут способствовать и распространению дезинформации. Подтверждение этого вывода легко найти в сильно «зашумленной» экономической ситуации, когда ценовые сигналы искажаются высокой инфляцией и не отражают реального соотношения спроса и предложения.

Но есть и другая глубокая проблема – асимметрия информации¹. Причина ее состоит в том, что участники рыночных сделок обладают различной степенью информированности, в результате чего они оказываются в неодинаковом положении. Пользуясь этим, более информированные участники извлекают для себя дополнительную выгоду, оставляя других участников в менее эффективном состоянии. Ясно, что нарушение информационной симметрии среди участников рынка препятствует его движению к эффективному равновесию. Основной вывод о том, что при несовершенной информации или неполной системе рынков конкурентное равновесие (в смысле ограниченного оптимума Парето) неэффективно, принадлежит Б. Гринвульду и Дж. Стиглицу, о чем упоминает в своей книге Дж. Стиглиц [257, с. 292]. Отказ в равном доступе участников рынка к информации объясняет и помогает понять многие современные процессы: тенденции к монополизму, рецессию, депрессию и др. Информационная экономика на наших глазах наращивает методологический инструментарий и становится перспективной ветвью экономической науки.

¹ Как полагает Д. Норт, в силу цены и асимметрии распределения информации и возникают транзакционные издержки, и «результатом любых действий игроков по формированию институтов с целью структурирования взаимоотношений будет увеличение степени несовершенства рынков» [191, с. 14].

Свидетельство значимости информационного фактора для поведения сторон дает и теория игр. Исследования Дж. Нэша по теории бескоалиционных игр примечательны тем, что показывают весомость фактора информированности сторон–участников игры. Если их много и каждый из них преследует свои цели, не обмениваясь информацией и не заключая союзов (коалиций), то «можно действительно ожидать улучшения результатов, однако, эти результаты, как правило, неустойчивы и не могут быть отнесены к категории гарантированных», – пишет Ю.Б. Гермейер [64, с. 75]. Поэтому отсутствие информационного взаимодействия между сторонами способствует повышению эффективности стратегий сторон в ущерб их устойчивости, тогда как налаживание информированности друг друга (соглашение сторон) повышению устойчивости результатов сторон. Такое заключение вполне понятно, если принять во внимание, что ситуация равновесия не приносит максимума общего выигрыша и потому не исключает попытки какой-либо стороны увеличить собственный выигрыш за счет другой стороны. Впрочем, как показал Р. Ауман (Нобелевский лауреат по экономике 2005 г.), задачу не решает даже полное знание, поскольку и в этом случае в тени остаются некоторые аспекты игры [347].

Обсуждаемые вопросы затрагивают проблематику изучения неравновесных состояний экономической системы. Отклонение ее от равновесия и устойчивость такого смещения побуждало описывать и анализировать процессы, для которых неравновесие являлось не эксклюзивным или малозначимым в последовательности состояний системы, а типичным и превалирующим режимом функционирования. Теория и практика хозяйствования накопили достаточно много доводов и наблюдений неравновесного поведения экономических систем.

Подготовленная результатами исследований Дж. Хикса, Дж. Кейнса, Дж. Робинсон, Й. Шумпетера и их коллег, концепция неравновесия нашла отклик у тех специалистов, которые занимались неклассическими задачами математической экономики, и она «проросла» в модельных разработках. К тому времени преобладание монополистических структур, несовершенство рыночной конкуренции, ускорение технического прогресса приводило к воспроизведению неравновесных процессов, что стимулировало изыскивать методы их изучения, описания и балансирования. В частности, в 1972 г. Э.М. Браверман обратился к задаче анализа экономической модели производства при неравновесных ценах, которая вызвала большой интерес со стороны как отечественных, так и зарубежных специалистов. Известно, что поведение элементов экономических систем может быть далеким от равновесного состояния, из-за чего в такой ситуации возникает избыток одних про-

дуктов и дефицит других. Для устранения этого перекоса предлагается вводить квоты, которые выполняют роль инструмента согласования состояний элементов. Квоты стали средствами борьбы с материальными дисбалансами как результатом неравновесности товарных цен.

Отметим и разработанный В.М. Полтеровичем подход к согласованию решений: он применил для этого схемы рационирования дефицитов и избыточных благ. Правила рационирования включают функции ограничений сверху на объем закупки и максимального объема продаж товара. Такой подход назван автором жесткой схемой, поскольку она не учитывает заявки участников и предусматривает включение в задачи подсистем бюджетных неравенств в фиксированных ценах и физических ограничений с учетом выравнивания совокупного спроса и предложения.

Далее продолжим рассмотрение последствий информационных ограничений и неравновесия для деятельности предприятий, но уже в связи с практикой их хозяйствования в транзитивной российской экономике и инновационной среде. Пока же проведем обзор моделей исследования устойчивости экономических систем, чтобы сомкнуть теоретический и экспериментальный аспекты аналитической работы.

1.3. Обзор модельных исследований устойчивости экономических процессов

Экономико-математическая литература содержит обширные результаты классических и современных исследований по равновесию и устойчивости в области хозяйственной деятельности. Обсуждая проблематику устойчивости производственных систем, есть смысл хотя бы тезисно обрисовать сферу формализованных приложений ряда подходов к анализу экономических процессов, чтобы составить представление о достигнутых итогах. При этом автор оставил попытку охватить все многообразие проведенных исследований по этой тематике и ограничился лишь наиболее оригинальными из них, отдавая предпочтение анализу устойчивости состояний (в том числе и равновесных) экономических систем (модельные исследования с указанием исходных параметров, математического аппарата и полученных результатов охарактеризованы в [319]).

Увидевшая свет в 1937 году, статья Дж. Хикса была посвящена анализу макроэкономической концепции Дж. Кейнса, в которой был представлен синтез рынков благ, денег и капитала (модель $IS-LM$). Эти исследования позволили сформулировать вывод о том, что существует

только одно сочетание значений величины национального дохода и ставки процента, обеспечивающее одновременное равновесие на всех трех рынках. И, поскольку отклонение от положения равновесия влечет за собой обратный процесс его восстановления, модель *IS-LM* обладает свойством устойчивого равновесия (по [261]).

«Основания экономического анализа» П. Самуэльсона предлагают читателю углубленное изучение условий устойчивости классических подходов, выдвинутых в работах Л. Вальраса, А. Маршалла, Дж. Хикса и Дж. Кейнса, преимущественно в аспекте устойчивости первого рода. В этом случае при любых начальных условиях все переменные принимают свои равновесные значения в пределе, когда время стремится к бесконечности [233]. Определяя в более точной форме условия устойчивости в модели Л. Вальраса, П. Самуэльсон приходит к заключению о том, что найденные условия (положительный наклон кривой предложения или отрицательный наклон кривой предложения, но менее крутой по отношению к оси цен, чем у кривой спроса) не обязательно являются единственными, и при постулировании других динамических моделей выводятся другие условия. В доказательство этого он рассматривает маршаллианскую теорию нормальной цены и показывает, что для устойчивого равновесия требуется, чтобы наклон кривой спроса по отношению к оси количества алгебраически был меньше, чем наклон кривой предложения. Вместе с тем маршаллианские условия устойчивости выполняются, если объем товара всегда увеличивается при увеличении спроса, тогда как изменение цены товара всегда неопределенно и зависит от алгебраического знака наклона кривой предложения.

Обращаясь к идее Дж. Хикса обобщить условие устойчивости одного рынка для любого количества рынков, П. Самуэльсон обсуждает его точку зрения, согласно которой для одного рынка равновесие является устойчивым, если увеличение спроса приводит к росту цены. Для проверки необходимости и достаточности критериев Дж. Хикса П. Самуэльсон исходит из естественного обобщения Л. Вальраса: цена любого товара должна снижаться, если его предложение превышает спрос, и эти спрос и предложение рассматриваются как функции всех остальных цен. В ходе этого анализа он акцентирует внимание на том, что равновесие должно быть устойчивым лишь при произвольных начальных условиях, их отклонениях и преобразованиях переменных, но не обязательно эта устойчивость сохраняется при произвольных модификациях динамических уравнений, подобных тем, которые применил Дж. Хикс. П. Самуэльсон считает, что процедура Дж. Хикса явно ошибочна, хотя может быть полезной при разборе гипотезы об устойчивости равновесия.

Кейнсианская модель равновесия дает возможность определить поведение неизвестных величин, вследствие изменения заданных параметров. Отправляясь от фундаментальных соотношений Дж. Кейнса, П. Самуэльсон выстраивает более общую динамическую систему и находит ответ на вопрос о том, к чему приводит увеличение предельной эффективности капитала, склонности к потреблению, количества денег. По результатам анализа он обосновывает математические условия устойчивости равновесия кейнсианской модели, не обходя вниманием и возникающие парадоксы, при которых эта устойчивость не нарушается.

Развивая теорию линейного и нелинейного программирования, К. Эрроу, Л. Гурвиц и Х. Удзава решают задачу оптимального распределения ресурсов и исследуют градиентный метод, полагая его моделью механизма цен в конкурентной экономике [337]. При этом в ходе выкладок авторы обосновывают условия сходимости градиентного метода как локального, так и глобального характера.

Так К. Эрроу и Л. Гурвиц в строгом математическом стиле провели поиск сходящегося процесса в упомянутой модели для приближенного определения положения равновесия (седловой точки) при определенных ограничениях на функцию платы. Используя для этого игровое представление ситуации и градиентный метод (наискорейшего спуска), авторы в рамках рассматриваемых ограничений приходят к заключению о гарантированной локальной устойчивости описываемого процесса. Продолжая этот анализ, Х. Удзава дает формулировку и доказательство основной теоремы градиентного поиска применительно к модели, предложенной К. Эрроу и Л. Гурвицем, и как показывает, устойчивость этого процесса достигается не только по отношению к малой окрестности равновесной точки, но и за ее пределами, т.е. приобретает глобальный характер.

В стремлении усилить предыдущий результат К. Эрроу и Л. Гурвиц, в свою очередь, находят новое достаточное условие сходимости градиентного поиска, иллюстрируя его в задаче оптимального распределения ресурсов. При этом конечный спрос и цены на товары определяются только для тех из них, для которых конечный спрос положительный, а уровни производства могут колебаться без ограничений, но оставаться такими, чтобы сделать возможным удовлетворение конечного спроса. Используя специфические свойства этой модели и формализуя ее в терминах нелинейного (вогнутого) программирования, удается продемонстрировать сходящийся процесс без ограничений.

С ослаблением ряда допущений К. Эрроу и Р. Солоу моделируют механизм формирования цен в конкурентной экономике и модифици-

руют градиентный поиск так, чтобы один игрок реагировал на рыночную ситуацию мгновенно, и тем самым с помощью цен постоянно регулируется баланс спроса и предложения товаров. Интерпретируя свои математические выводы, авторы видят движение не только вектора текущих цен, связанного с превышением спроса, но и вектора ожидаемых цен, влияющих на максимизируемый вектор. Оказывается, рыночная цена изменяется не в соответствии с мгновенным превышением спроса, а в связи с ожидаемыми превышениями спроса, вычисленными по текущим скоростям изменения уровня производства. В главе формулируется теорема, утверждающая сходимость процесса и достижение локальной и глобальной устойчивости.

Г. Гейер предпринял попытку воссоздать агрегированную модель Д. Риккардо, согласно которой прибыль в народном хозяйстве страны за какой-либо период определяется конечным продуктом народного хозяйства за вычетом суммы заработной платы, необходимой для поддержания жизнедеятельности рабочих, изготовивших этот продукт [61]. В соответствии с риккардианским законом производства конечный продукт зависит исключительно от производительности имеющихся ресурсов, причем дополнительные затраты труда и капитала приводят к постоянно уменьшающемуся приросту дохода. Результат исследования подтвердил, что получаемое равновесие характеризуется тем, что конечный продукт равен минимально необходимой сумме заработной платы, т.е. в состоянии равновесия исчезают прибыли, а с ними и дальнейшее накопление. Конечный же продукт народного хозяйства будет оставаться постоянным при неизменной технике производства, а с развитием последней система придет в новое состояние равновесия.

С учетом времени запаздывания реакции предпринимательской деятельности область устойчивости в классической модели по-прежнему охватывает сравнительно большие значения величин. Между тем с применением аппарата дифференциальных (смешанных разностно-дифференциальных) уравнений Г. Гейеру удалось показать, что при увеличении времени запаздывания неустойчивость системы возрастает. Таким образом, в модели Д. Риккардо налицо тенденция к стационарному равновесному изменению, но, учитывая реальность кризисных процессов в экономике, эти модели не принимали во внимание возможность внутренних колебаний, возникающих в системе.

Экономическая динамика, рассматриваемая в рамках теории эффективного спроса Дж. Кейнса, ввиду существования в ней двойной положительной обратной связи между национальным доходом, потреблением и капиталовложениями, приводит к выводу о том, что цепь регулирования в ней часто может становиться неустойчивой.

Примечательно исследование Г. Тишнера модели денежного обращения, заимствованной из работы К. Феля, в которой величина выпуска продукции регулируется прибылью предприятия, а предприниматель дает указания в бюро найма в виде предложений по изменению численности рабочей силы. В ходе анализа было выявлено, что при наличии функции, характеризующей действия руководителя, можно получить оценку устойчивости предприятия, а именно: чем быстрее предприниматель принимает решения, тем стабильнее работает предприятие [267].

Г. Саймон предложил исследование простейшей системы по регулированию запасов, в которой решения о выпуске продукции основываются только на информации о запасах и не учитывается информация о заказах, причем запаздывание выпуска продукции отсутствует. В описываемой следящей системе вводится уравнение, задающее правило принятия решения, которое определяет объем планируемого выпуска продукции в единицу времени как функцию избытка или недостатка запасов [228]. При этом автор аргументирует свойства, которым должно обладать правило принятия решения с целью обеспечения в устойчивом состоянии малого или исчезающего избытка (дефицита) запасов при различных нагрузках.

Макродинамическая система, изложенная в докладе М. Калецкого на собрании эконометрического общества в 1933 г. в г. Лейдене, содержит в себе постулат о том, что поставки капитальных благ запаздывают по отношению к инвестиционным заказам на фиксированное время, необходимое для производства соответствующих товаров [246]. Кроме того, другой постулат состоит в том, что потребление равно сумме некоторого минимального потребления и составляющей, которая пропорциональна национальному доходу, равносильного образованию в экономике положительной обратной связи. Инвестор, максимизируя свою прибыль, будет увеличивать вложения пропорционально росту национального дохода, но при большой наличности основного капитала уменьшаются стимулы для производства нового промышленного оборудования.

О. Смит и Х. Эрдли создали электронную модель – аналог, реализующую эти зависимости между параметрами, и обнаружили два фактора, способствующие неустойчивости системы: потерю информации из-за фиксированного запаздывания, вызванного отсутствием знания о том, что предпринимают другие инвесторы, и цепь положительной связи по потреблению, стимулирующей его (а не сбережение) пропорционально национальному доходу. Авторы провели анализ границ устойчивости системы и пришли к выводу: если увеличивается скорость ин-

вестиционных заказов при единичном приращении скорости производства, сильно сокращается запас устойчивости системы, и при увеличении фиксированного запаздывания система утрачивает запас устойчивости.

В другой своей работе О. Смит демонстрирует конструктивность применения электронных моделей, построенных с помощью усилителей (емкостей, индуктивностей, интеграторов и дифференциаторов), для изучения колебаний запасов товаров [245]. По аналогии с используемыми в теории следящих систем вычислительными устройствами непрерывного действия моделируются колебания уровня запасов товаров, для чего расхождение между желаемым и фактическим уровнями запасов служит сигналом для органов планирования производства и заказа сырья, необходимого для изготовления дополнительных товаров и пополнения ими запасов. Автор обращает внимание на необходимость учета запаздывания, имея в виду желательность предсказания будущих тенденций и опережающих решений, но предостерегает от неправильного применения их, что может усилить случайные колебания запасов.

Моделируя макродинамические характеристики экономики страны, О. Смит опирался на описание процесса, предложенного М. Калецким и развитого в 1935 г. Дж. Кейнсом. При рассмотрении завода, выпускающего все капитальные блага, автор принимает во внимание скорость капиталовложений (входной сигнал), поставки товаров с запаздыванием (выходной сигнал) и часть национального дохода (конечный продукт), обусловленного закупкой сырья и выдачей заработной платы в течение периода производства. И, поскольку общий национальный доход влияет на темп роста потребления, существует цепь «небольшой» положительной обратной связи. В то же время инвестор стремится максимизировать прибыль, увеличивая скорость капиталовложений с наращиванием национального дохода, но уменьшая скорость вложений при увеличении созданного основного капитала.

Имитируя эти взаимосвязи на моделирующем устройстве (на базе аттенуаторов, усилителей, интеграторов и сумматоров), О. Смит доказывает, что система является неустойчивой для всех параметрах народного хозяйства, введенных на основании сведений о среднем фиксированном времени производственного запаздывания, постоянном времени потребления и постоянном времени износа. Было показано, что при этих параметрах в замкнутой системе возникают регулярные колебания с периодом 10 лет и любая попытка стабилизировать эту систему введением регулирующих средств почти наверняка обречена на неудачу. Причиной тому является изменение политики инвестора по

максимизации извлекаемой прибыли при регулирующих нововведениях (манипуляции с налоговой шкалой, капиталовложениями, субсидиями, заказами и др.).

Прибегая к анализу системы дифференциальных уравнений, С. Карлин на основе закона Л. Вальраса доказывает лемму о том, что процесс регулирования цен глобально устойчив [109]. При этом он опирается на метод введения некоторой подходящей меры расстояния (нормы) между решением уравнения и неподвижной точкой. Принимается следующее условие: если выясняется, что значение этой нормы строго уменьшается во времени (расстояние предполагается отличным от нулевого), то из этого вытекает вывод об устойчивости в целом. Наряду с этим, автор формулирует теорему о том, что функция избыточного спроса, удовлетворяющая слабой аксиоме выявленного предпочтения, описывает процесс, который также является глобально устойчивым.

В учебнике по линейному программированию и теории матричных игр Д. Гейл в элементарной модели производства с целью максимизации дохода при данных ресурсах раскрывает вводимые ограничения на доход как условия устойчивости. Удовлетворение этим ограничениям означает, что отсутствует побудительный мотив для изменения интенсивностей процессов, поскольку не существует способа увеличения дохода [63]. Иное ограничение (на запас товаров) также символизирует условие устойчивости, наложенное на цены: если имеется избыточное количество товаров, то их цена должна равняться нулю.

Предпосылки достижения глобальной устойчивости процесса формирования цен длительного равновесия в динамической модели В. Леонтьева находим в монографии М. Моришима [174]. Как утверждает автор, в отрасли, располагающей конечным числом дискретных технологических процессов, множество цен длительного равновесия не всегда устойчиво, т.е. порождаемая траектория цен не сходится к равновесной при том условии, что понижение или повышение стоимости потока капитальных благ оказывает сильное влияние на определение цен. И лишь тогда, когда норма процента на капитал все время постоянна, а потери или приобретение капитала, благодаря изменениям цен, всегда пренебрежимо малы, множество цен длительного равновесия глобально устойчиво, поскольку произвольные цены в конце концов достигают равновесных.

Применение принципов теории автоматического регулирования О. Ланге демонстрирует на примере динамической модели формирования национального дохода, предложенной Дж. Кейнсом [135]. Выстраивая систему рекуррентных уравнений, определяющих размер национального дохода как общей суммы выплат за отдельные периоды,

автор получает разностное уравнение, в котором проявляет себя динамический мультипликатор Дж. Кейнса. Предполагая, что может возникнуть помеха достижению национальным доходом точки равновесия, О. Ланге весьма простым способом формулирует условие устойчивости и неустойчивости этой модели.

В том же ключе О. Ланге проводит анализ динамической модели процесса воспроизводства в экономике по К. Марксу. На основе уравнения схемы воспроизводства автор образует систему уравнений, выражающих стоимость продукции по годам, исходя из пропорциональности затрат средств производства в данном году продукции предшествующего года. В предположении, что существует такое значение стоимости продукции, которое соответствует состоянию равновесия системы, О. Ланге констатирует устойчивость Марковского процесса воспроизводства. Динамическая модель процесса формирования рыночной цены обсуждается при допущении, что объем предложения в данном периоде есть функция цены на продукт в предшествующем периоде. В этой модели возможен случай, когда амплитуда колебаний вокруг равновесной цены затухает и процесс является устойчивым, но возможен и такой вариант, когда эта амплитуда возрастает и процесс становится неустойчивым.

В качестве иллюстрации свойства устойчивости К. Ланкастер приводит пример динамической системы, поведение которой характеризуется траекторией – скалярной функцией [138]. Интерпретируя ее как модель роста (мультипликатора–акселератора), он находит условия, при которых равновесный темп роста устойчив. Вместе с тем автор замечает, что поведение системы можно оценивать и как неустойчивое, поскольку с течением времени отклонение от равновесной траектории роста может возрастать. Однако при вводимом условии это отклонение сходится к нулю на бесконечном отрезке времени.

Э. Маленво дает доказательство локальной и глобальной устойчивости процесса «нашупывания» Л. Вальраса при выполнении гипотез относительно функций коллективного спроса, исходя из формализации пропорциональной зависимости темпа пересмотра цен от превышения спроса над предложением благ [155]. При этом предполагается, что спрос определяется объявляемыми ценами в каждый момент, но не учитывает сам процесс изменения этих цен или, другими словами, ни один обмен не осуществляется до обретения равновесных цен. Понятно, что в реальности процесс проходит иначе, поскольку сделки могут иметь место по всем объявляемым ценам.

Обращаясь к классической модели процесса «нашупывания» равновесия конкурентного рынка, М. Интрилигатор на основе анализа

траекторий цен товаров и функции избыточного спроса доказывает, что локальная устойчивость присуща точке равновесия, если все товары явно заменяемы. С другой стороны, достигается и глобальная устойчивость при условиях явной заменяемости товаров или удовлетворении функции избыточного спроса слабой аксиоме выявленного предпочтения [104].

В.М. Полтерович знакомит с теоремой (публикация о ней выполнена совместно с В.А. Спиваком), которая вводит условие коалиционной устойчивости равновесия в модели чистого обмена ресурсов. Суть этой модели заключается в описании ситуации, когда начальные запасы ресурсов перераспределяются между участниками коалиции. Возникает вопрос: может ли последующее перераспределение ресурсов улучшить состояние всех участников коалиции, допуская при этом корректировку старой цены ресурса? Ответ на этот вопрос и дает теорема, причем во внимание принимается и возникающий бюджетный парадокс, связанный с тем, что один из участников способен увеличить свое благосостояние за счет уничтожения части своих начальных запасов, с избытком компенсируемый повышением цен [205].

При оперировании вальрасовской («паутинообразной») моделью формирования цен С.А. Ашманов исходит из предложенной П. Самуэльсоном системы дифференциальных уравнений и аргументирует, что при выполнении ряда предположений (относительно цен, функции избыточного спроса, соблюдения закона Вальраса в узкой форме и существования равновесного вектора цен) и ограниченности функции избыточного спроса, процесс формирования равновесных цен глобально устойчив [22]. Тем самым доказывается сходимости процесса «нащупывания» к единственному состоянию равновесия на рынке товара, когда спрос и предложение по нему сбалансированы.

Динамическая однопродуктовая модель В. Леонтьева связывает валовой выпуск и конечное потребление продукции посредством коэффициентов прямых (производственных) затрат и приростной фондоемкости [129]. С заданием потребления в виде функции времени и начального состояния системы (валового выпуска) можно исследовать получаемую траекторию экономического роста на устойчивость. Математические выкладки свидетельствуют о том, что, как бы ни была мала величина отклонения в начальных условиях, смещение траектории с течением времени будет неограниченно возрастать, т.е. любое частное решение дифференциального уравнения оказывается неустойчивым.

В продолжение этого в леонтьевской модели для двух отраслей подразумевается, что в одной из них выпускаются средства производства, а в другой – предметы потребления, и между ними осуществляет-

ся межотраслевой обмен продукцией. Выполненный С.М. Лобановым анализ подводит к выводу о том, что и в этом случае траектории модели являются неустойчивыми.

Модифицированный вариант модели В. Леонтьева, учитывающий запаздывание капиталовложений и выбытие основных фондов, принимает во внимание лаг вложений в основные фонды, который имеет экспоненциальное распределение. Последнее описывает тот факт, что доля вводимых инвестиций со временем будет уменьшаться. Ожидая, что потребление в данной модели задается как определенная часть конечного продукта, можно вывести условие устойчивости решения модели. В содержательном отношении устойчивость будет сохраняться, если доля потребления не будет слишком большой и основные фонды не останутся без инвестиций.

Однопродуктовая модель развития народного хозяйства может быть сведена к макроэкономической модели Р. Солоу, в которой существует траектория сбалансированного роста. Располагая производственной функцией и задавая экзогенно модели трудовые ресурсы и определяя доли потребления и накопления, получаем модель управляемой системы. Для каждой фиксированной нормы накопления есть своя единственная траектория экономического роста, к которой приближаются траектории модели при достаточно больших значениях времени независимо от начальных величин показателей. Тем самым доказывается асимптотическая устойчивость сбалансированного роста, достигаемая при любом значении фондовооруженности труда в начальный момент времени. С.М. Лобанов уточняет, что для утверждения об асимптотической устойчивости траектории достаточно уже того, чтобы начальное значение фондовооруженности было близко к сбалансированному.

В отличие от предыдущей, в модели с запаздыванием правомерно допускается, что ввод в действие основных производственных фондов осуществляется не одновременно с капитальными вложениями в них, а лишь спустя некоторое время, когда инвестиции будут освоены. Подобное запаздывание, как показывают выкладки, не влияет на вывод об асимптотической устойчивости сбалансированного роста. Как и в модели Р. Солоу без запаздывания, наличие лага капитальных вложений не нарушает свойства устойчивости траекторий модели.

В рамках приложения синергетики к экономическим исследованиям В.-Б. Занг рассматривает модель Дж. Тобина, учитывающую денежное обращение. Вводимые деньги в данном случае служат мерой, и спрос на них зависит от распределения доходов и благосостояния населения. При допущении, что денежный рынок всегда находится в рав-

новесии, выстраиваются функции реального благосостояния и реального располагаемого дохода, и формируется дифференциальное уравнение для количества денег в реальных ценах на душу населения [98]. В последующем автор задает с помощью функции динамику роста цен и приходит к уравнениям модели Дж. Тобина, для которой при соответствующих условиях анализ дает вывод о гарантированном существовании единственного (неустойчивого) равновесного состояния.

Обобщая модель Дж. Тобина, В.-Б. Занг пишет, что такая модель отличается от предыдущей по свойствам устойчивости. В обобщенной модели пренебрегается эффектом амортизации и предполагается, что изменения цен отражают как избыточный спрос или избыточное предложение, так и адаптивные ожидания. Следуя Л. Вальрасу, цены повышаются при избыточном спросе и снижаются при избыточном предложении. Необходимые и достаточные условия устойчивости равновесия соответствуют критерию Э. Рауса – А. Гурвица, и в зависимости от значений параметров равновесие в такой системе может быть как устойчивым, так и неустойчивым. Кроме того, доказано существование в ней бифуркаций, и модель может быть пригодна для описания монетарных циклов.

С позиций синергетической экономики В.-Б. Занг разрабатывает модель, которая описывает влияние интеллектуалов на экономический рост. Обращаясь к сектору производства, продукция которого может использоваться и для инвестиций в производстве, и для потребления населением, автор охватывает моделью три компонента: физический капитал, знания (человеческий капитал) и физический труд. С помощью бифуркационного анализа В.-Б. Занг выявляет наличие по крайней мере единственного равновесия, а затем выводит условия его устойчивости и неустойчивости. Комментируя полученные результаты, автор обоснованно считает, что неустойчивость системы вовсе не означает ее разрушения, поскольку может иметь место новое состояние равновесия, которое будет устойчивым или неустойчивым.

На примере отраслевых комплексов К.А. Багриновский рассматривает проблему достижения равновесия спроса и предложения и проводит анализ условий обеспечения устойчивости переходного процесса от плановой к рыночной экономике [24]. В конструируемую модель автор вводит коэффициенты, учитывающие влияние трендовых (плановых) и спросовых факторов, полагая, что первые играют определяющую роль в централизованной экономике, а вторые – в рыночной. В сериях имитационных расчетов моделировались переходные процессы при постоянной чувствительности предложения по цене и постепенном увеличении степени влияния рыночных факторов, а также

при одновременном уменьшении эластичности предложения по цене и усилении роли рыночных факторов. Вычисления подтвердили: если при переходе от планового управления к рыночной экономике чувствительность (эластичность) предложения по цене остается неизменной или почти постоянной на достаточно высоком уровне, то переходный процесс приводит к состоянию квазиравновесия и его устойчивость сохраняется. Если же эластичность предложения по цене снизится, нарушается плавное течение переходного процесса, а вместе с тем и его устойчивость.

Модель дуополии О. Курно описывает рыночную ситуацию, когда каждый дуополист полагает, что конкурент не станет изменять объем своего выпуска в ответ на его выбор. Поскольку дуополисты максимизируют свою прибыль, то с каждым шагом объемы их выпуска смещаются навстречу друг другу и, наконец, в итоге достигают общей точки, соответствующей положению равновесия [59]. В результате такого многошагового процесса рынок приходит к состоянию равновесия Дж. Нэша, для которого равновесие О. Курно становится лишь частным случаем. Условием такого равновесия является более крутой наклон кривой реагирования первого дуополиста по сравнению с аналогичной кривой второго дуополиста. Аналитическая версия этой модели может быть распространена на отрасль с любым количеством предприятий.

В модели неоклассического синтеза П. Самуэльсона функции потребления, сбережения и инвестиционного спроса отвечают кейнсианскому подходу. Вместе с тем на рынке труда равновесие имеет место при гибкой номинальной заработной плате при полной занятости, как того требуют классические воззрения. Размышляя над динамикой на рынках труда, благ и капитала, С.А. Курганский и А.В. Луссе констатируют устойчивое равновесие на всех трех рынках, поскольку нарушение равновесия на одном из них заставляет реагировать остальные рынки таким образом, чтобы вновь восстановить его [130].

С реконструированием классических представлений о функционировании рыночной экономики и обобщением их в виде модели становится возможным анализ совместного поведения рынков труда, капитала (ценных бумаг) и благ. В рамках такой неоклассической модели сбалансированное состояние обеспечивается гибкостью ставки номинальной заработной платы и ставки процента, благодаря чему тенденции на этих рынках ведут к состоянию общего экономического равновесия при полной занятости и оно будет устойчивым [261].

Аналогичное действие рыночного механизма в кейнсианской модели позволяет с помощью гибких цен на каждом рынке достигнуть общего экономического равновесия, правда, оно сопровождается

конъюнктурной безработицей. С инвестиционной ловушкой в экономике может появиться устойчивое состояние, при котором на рынке труда существует безработица, а на рынке благ – избыток, тогда как в условиях ликвидной ловушки при гибких ценах рынки благ и труда находятся в равновесии.

Представленный срез модельных исследований дает возможность свести их анализ к следующему резюме:

- динамизм анализируемых процессов подвержен влиянию множества факторов, которые определяют как устойчивость, так и неустойчивость поведения экономических систем в модельных условиях;
- в относительном большинстве представленных в обзоре подходов, где речь идет об устойчивости поведения систем, констатируется глобальная (реже локальная) устойчивость протекания динамических процессов;
- внимание аналитиков преимущественно сосредотачивается на макроэкономических процессах, тогда как уровень предприятий еще ожидает приложения математических инструментов для анализа устойчивости поведения производственных систем.

Основные выводы:

1. Фундаментальное понятие устойчивости равновесия и движения систем обладает богатым содержанием, многообразием смысловых оттенков и подходов к толкованию, что придает ее исследованию столь же «устойчивый» интерес и желание обрести аналитический инструмент для познания ее свойств.

2. В естественно-научной интерпретации устойчивость системы представляет собой относительную инвариантность наблюдаемых ее свойств при действии допустимых возмущений: способность траектории движения оставаться в определенных пределах, несмотря на вмешательство предусмотренных задач возмущений. При этом, в зависимости от области начальных отклонений траектории различают устойчивость «в малом», «в большом» и «в целом», а от характера сходимости возмущенного движения к невозмущенному – обычную (по А.М. Ляпунову) и асимптотическую устойчивость.

3. Широкое исследование природы экономической устойчивости отмечает не только стремление систем к равновесию, но и сложную борьбу регулярных и нерегулярных (флуктуаций) сил, ввиду чего достижение равновесия в реальной деятельности затруднительно. Вызванное влиянием возмущений, хаотическое движение системы может претерпевать перестройку, когда выбор траектории системы зависит от течения переходного процесса в моменты бифуркаций.

4. Круг разрабатываемых вопросов охватывает изучение существования, единственности и оптимальности равновесия в экономике с учетом неполноты информации и хаотизации поведения систем, благодаря чему проводится переосмысление классических взглядов на атрибуты равновесия и устойчивости и приходит понимание эволюционных процессов в экономике. В настоящее время возрастает значение информационного фактора, связанного с неопределенностью динамической картины движения системы к равновесию, ее нарушения и восстановления.

5. Возмущения вносят помехи в поведение систем и потому их преследует потеря не только равновесия, но и устойчивости. Проблемы наблюдаемости и измеримости показателей экономических процессов наряду с большой совокупностью действующих возмущений ограничивают возможности устойчивого поведения производственных систем и дают повод для сомнений в его осуществлении в хозяйственной практике, особенно на фоне ускорения потока инноваций. Вместе с тем эволюция и условия сохранения равновесия и устойчивости систем более глубоко исследованы в макроэкономике, что побуждает провести изучение подобных свойств и у производственных систем.

2. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭВОЛЮЦИИ И УСТОЙЧИВОСТЬ ПОВЕДЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

2.1. Равновесие и устойчивость промышленных предприятий в период трансформации российской экономики

Современная деятельность отечественных предприятий дает в руки аналитиков ценный материал о динамике их функционирования и возвращает к необходимости углубления знаний о равновесии и устойчивости предприятий. Несмотря на то, что наука хранит плодотворные теоретические и прикладные исследования о них, вряд ли настоящий раздел экономики можно считать вполне сформировавшимся. Слишком много неизведанного еще таят в себе свойства производственных систем, да и накопленные знания до сих пор служат предметом анализа и оживленных дискуссий.

Весомое значение для обсуждения равновесия и устойчивости предприятий имеет и то обстоятельство, что сегодня эти атрибуты рассматриваются на фоне радикальных экономических перестроек и тем самым «подвергаются проверке» в предельно жестких хозяйственных условиях. Последние вызваны демонтажом структуры централизованной экономики и возмущениями трансформационного периода с характерными для него интенсивными переходными процессами. Вот почему можно, по-видимому, ожидать появления новых неординарных качеств производственных систем и развития представлений о природе и средствах поддержания их равновесия и устойчивости.

Во избежание неясности в толковании понятия производственной системы уточним ее определение. Под производственной системой подразумеваем предприятие или его подсистему, обладающую материально-техническим, трудовым, технологическим, организационным, информационным, временным и иным ресурсом для осуществления дискретных технологических операций по оказанию услуг или изготовлению изделий и их компонентов. В этом определении имеются три основные особенности:

- производственная система представляет собой предприятие или его структурное звено, среди которого для целей анализа или проектирования может быть выбрано, например, отдельное рабочее место, группа рабочих мест, участок, линия, цех, предприятие в целом;
- производственные системы заняты дискретными технологическими операциями – операциями, которые разделены во времени и имеют прерывный характер, т.е. фиксируется начало и конец выполнения. Этим они отличаются от непрерывных операций, которые проте-

кают безостановочно. Дискретные операции свойственны предприятиям машиностроения, легкой, пищевой промышленности и ряда других отраслей экономики, тогда как непрерывные операции в большей степени присущи нефтяной, химической, металлургической отраслям промышленности и аналогичным им;

- дискретные операции «вплетены» в технологический процесс изготовления продукции основной номенклатуры, т.е. продукции, которая соответствует профилю предприятия и предназначена для реализации. Словом, это те или иные предоставляемые рынку виды продукции (заготовки, детали, узлы, агрегаты, готовые изделия), а также услуги для продажи потребителям.

Подобный «ресурсный» взгляд на производственную систему сложился и стал общепризнанным в сфере организации производства, поскольку удачно отмечает системность и структурированность производственного процесса, а значит позволяет применять системные концепции и методы к изучению и обеспечению производственной деятельности в организационном и управленческом аспектах (см., например, А.П. Градов [73], В.А. Козловский, В.В. Кобзев, В.М. Макаров [119], В.А. Летенко и О.Г. Туровец [143], Э.В. Минько и А.Э. Минько [167], Н.А. Саломатин [229], Р.Л. Сатановский [234]).

Вообще говоря, первоначально производственные системы рассматривались преимущественно в плоскости материального производства и потому часто ассоциировались с выработкой тех или иных изделий. Еще 20 лет назад под производственными системами понимали «специфический класс систем, который объединяет системы, созданные и создаваемые человеком для осуществления материального производства. Примеры таких систем: рабочее место, производственный участок, цех, предприятие, производственные объединения, отрасль, народное хозяйство в целом» (Е.Г. Гинзбург [66, с. 3–4]).

С течением времени смысл термина «производственная система» наполнялся новым содержанием, и сегодня она трактуется как «система, которая добавляет стоимость, экономическую или иную, при превращении затрат в конечные продукты» [282, с. 38], причем к ним, наряду с традиционными, относят и системы преобразования неосязаемого конечного продукта из сферы услуг (консультирование, хирургия, рестораны, парикмахерские). Согласимся с тем, что деятельность ряда таких систем связана с совмещением осязаемого и неосязаемого предоставляемых продуктов, и потому системы становятся гибридными, например, рестораны. В дальнейшем будем исходить из расширительного толкования производственной системы, если специально не оговаривается профиль ее работы, как в случае с про-

мышленными предприятиями. Причем будем иметь в виду не только многогранный и комплексный характер функционирования производственной системы, интегрирующей в себе множество элементов и аспектов деятельности, но и ее следование нетривиальному поведению. В.Ф. Ершов пишет, что она является большой, сложной, кибернетической, смешанной, вероятностной, динамической системой, охватывающей процессы разработки, производства, обмена, потребления и распределения материальных благ [94].

Проведенный анализ позволил сформировать теоретический задел для исследования атрибутов равновесия и устойчивости производственных систем. Признано, что адаптация их к рыночному окружению становится залогом выживания предприятий и обеспечения их бесперебойного функционирования. Ведь внешняя среда задает стимулы и ограничения в поведении предприятий и определяет их перспективы достижения эквивалентного ресурсообмена с партнерами.

Правомерно поэтому акцентировать внимание на свойствах равновесия и устойчивости производственных систем не только с учетом их генезиса, но и специфики проявления в нынешней хозяйственной практике. Разумеется, попытка рассмотреть на страницах диссертации эти атрибуты сквозь призму даже доминирующих факторов институциональных преобразований российской экономики обречена на неудачу, ввиду чего автор предлагает лишь бросить беглый взгляд на равновесие и устойчивость промышленных предприятий, отмечая их подверженность воздействию ряда базисных макроэкономических условий [237; 300]. Оставляя по той же причине оценку степени их влияния на характер протекания переходных процессов, чему посвящены многочисленные публикации наших и зарубежных аналитиков, необходимо выделить среди них трансформационные факторы:

- высокую степень монополизма отечественных промышленных предприятий, что создает препятствия становлению конкурентной рыночной среды и эффективному ценообразованию;
- чрезмерную централизацию системы управления народным хозяйством в дореформенный период¹ с опорой на директивное руководство и вертикальные каналы передачи информации, пренебрежение которыми позже вылилось в расстройство сети ресурсопотоков между предприятиями и лишило их необходимых сведений о поставщиках, потребителях, конкурентах и др.;

¹В сверхцентрализованной экономике даже малые отклонения от равновесия со временем могут привести к взрывным ситуациям [153].

- недостаточную восприимчивость нашей промышленности к инновациям, в результате чего ее продукция составляла слабую конкуренцию¹ зарубежным аналогам (особенно по товарам широкого потребления) и проигрывала ей на отечественном рынке;
- шоковую либерализацию цен, вследствие чего возникли и укоренились долговременные и глубокие противоречия в денежном обращении, производстве и реализации продукции.

Логичным итогом действия этих и других решающих факторов стал запуск самоподдерживающего инфляционного механизма, «приводные ремни» которого еще сильнее «развели чаши» товарной и денежной масс, породили неопределенность в спросе и предложении и ускорили кризисные процессы в хозяйственном комплексе. С тенденцией свертывания производства продукции и деградации ресурсов предприятий эти факторы перечеркнули надежду на сбалансированный рост и приближение к состоянию общего экономического равновесия в обозримом будущем. Осмысливая опыт перехода стран к рыночной экономике, Л. Клейн констатирует, что «экономика редко приближается к состоянию статистического равновесия, а переходный процесс...сопряжен с повышенной склонностью к состоянию неравновесия» [114, с. 36].

Нет сомнений, что крен в товарно-денежном соотношении в сторону денежной массы, а после либерализации цен – товарной, сыграл парализующую роль в обеспечении предприятий индустрии сырьем, материалами, энергией и т.д. и привел к диспропорции в структуре их ресурсов, прежде всего финансовых. Произошел сброс объемов промышленной продукции и предложения товаров и как результат отрасль вступила в полосу депрессии и вялого оживления промышленного производства. О том, что и спустя 16 лет после шоковой терапии, наша индустрия по индексу промышленного производства находится лишь на уровне 82,0% от показателя 1990 г., свидетельствует рис. 2.1.

Индекс производства по видам экономической деятельности в основном повторяет ту же тенденцию: обрабатывающие производства в 2007 г. достигли уровня 81,8%, а в 2008 г. – 84,4% показателя 1991 г. [227, с. 204]. С хроническим падением физического объема изготавливаемой продукции сокращается величина извлекаемой прибыли, поскольку, с одной стороны, уменьшается масса произведенной и продаваемой продукции, а, с другой стороны, возрастают затраты на изго-

¹ Неспособность отечественных предприятий быстро адаптироваться к новым условиям хозяйствования привела к необходимости ввести в экономический лексикон понятие конкурентной устойчивости предприятия и разработать методiku определения ее уровня [222].

товление единицы продукции из-за относительного увеличения доли постоянных издержек в ее себестоимости.

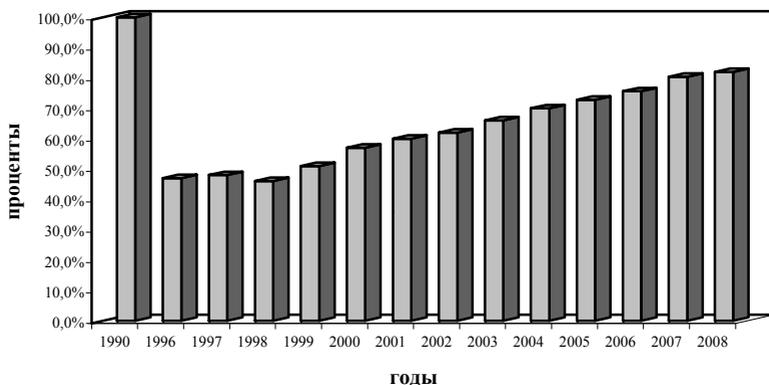


Рис. 2.1. Динамика индексов промышленного производства в России в 1996–2008 гг. (в % к 1990 г.) [196; 226, с. 787; 227, с. 35]

Одновременно с этим инфляционный маховик периодически «раскручивал» ценовой рост, что еще больше наращивало затраты, и при снижении платежеспособного спроса вывело немало предприятий в разряд неустойчивых по экономическим показателям. Поэтому предприятие с каждым циклом воспроизводства все хуже окупало потребленные ресурсы и наступало время, когда прибыль оборачивалась убытком и предприятие не только не возмещало понесенные затраты, но и расходовало «впустую» свои ресурсы.

Даже при приемлемой рентабельности собственных средств денежные поступления поглощались насущными издержками и не покрывали набегающую задолженность. Инфляция вынуждает предприятия пополнять оборотные средства за счет отложенных платежей друг другу и в бюджет и тем самым «сжимает» товарно-денежные потоки. Согласно официальной статистике [227, с. 214], рентабельность проданных товаров, продукции (работ, услуг) в обрабатывающих производствах в 2003–2008 гг. повысилась с 12,4% до 17,7%. При этом общая «динамическая картина» была весьма пестрой: в частности, в производстве машин и оборудования анализируемые показатели были в границах 5,8% – 8,8% и 1,5% – 6,5% соответственно, а в обработке древесины и производстве изделий из дерева эти показатели теряли монотонность и варьировали в диапазонах 4,2% – 5,6% и 0,6% – 2,7% соответственно, демонстрируя заметную неравномерность и низкую эффективность производственно-финансовой деятельности предприятий. Имея в этот период тенденцию к

сокращению, доля убыточных предприятий обрабатывающих производств оставалась к концу 2008 г. весомой (25,8%), а в ряде производств и того больше (например, в обработке древесины и производстве изделий из дерева – 47,4%) [227, с. 396–397].

Нарушение ритма производственной деятельности промышленных предприятий влечет за собой прерывание потоков финансовых средств и рост задолженности, ограничивая тем самым платежеспособный спрос со стороны потенциальных покупателей продукции. В последние годы ситуация стала несколько улучшаться, однако, не настолько, чтобы утратила свою остроту и вошла в нормальное русло. В 2003 – 2006 г. показатели платежеспособности и финансовой устойчивости – коэффициенты текущей ликвидности (от 117,4% до 150,2%) и обеспеченности собственными оборотными средствами (от – 4,8% до 1,3%) у предприятий обрабатывающих производств прирастали, но были далеки от своих нормативов (не менее 200,0% и 10,0% соответственно). В том же периоде коэффициент автономии предприятий имел относительно низкое стабильное значение (колебался в пределах от 44,1% до 46,4% при нормативе не менее 50,0%) [359].

Устойчивость промышленных предприятий подтачивается и деградацией основных фондов, которых при нехватке средств на их ремонт и обновление ожидает свертывание и утрата эксплуатационно-технических качеств. Ясно, что их исчерпание ведет к ухудшению конкурентоспособности выпускаемой продукции и ослаблению адаптационных возможностей предприятий, а то и выходу их из строя. По статистике износ основных фондов в отечественной промышленности в течение 1990–2005 гг. увеличился с 46,4% до 50,6%, в 2008 г. составил в обрабатывающих производствах 46,0%. В итоге средний возраст оборудования превысил 21 год [218, с. 124; 226, с. 391–392; 227, с. 212].

Морально и физически устаревшее оборудование сковывает маневр предприятий в выборе продуктовой политики, диверсификации и модернизации продукции, ввиду чего выпускаемые изделия по ряду потребительских параметров часто не выдерживают конкуренцию со стороны зарубежных производителей. В итоге пониженная деловая активность предприятий накладывается на незавидное их финансовое состояние, что еще сильнее угнетает производственную деятельность предприятий индустрии. По сведениям Центра экономической конъюнктуры при Правительстве РФ опрошенные базовые промышленные организации следующим образом распределили факторы, ограничивающие их деловую активность в 2002–2008 гг. [227, с. 211] (табл. 2.1).

Как видим из табл. 2.1, наиболее существенным сдерживающим фактором деловой активности организаций в 2000–2004 гг. был недос-

татов денежных средств, а с 2005 г. – недостаточный внутренний спрос. Аналогично фактор неопределенности экономической обстановки уступил в 2005 г. третье место фактору отсутствия надлежащего оборудования.

Таблица 2.1

Оценка факторов, ограничивающих деловую активность базовых промышленных организаций, в 2002–2008 гг.

(в процентах от общего числа базовых промышленных организаций)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Недостаток денежных средств	65	61	56	42	41	35	36
Недостаточный спрос на продукцию организации внутри страны	44	44	43	51	48	42	42
Неопределенность экономической обстановки	24	23	20	21	20	16	21
Отсутствие надлежащего оборудования	19	19	18	30	30	30	29
Высокая конкуренция со стороны зарубежных производителей	15	16	17	22	25	25	24
Недостаточный спрос на продукцию организации за рубежом	14	13	13	19	19	18	20

Вместе с тем в ближайшие годы Министерство экономического развития и торговли РФ предполагает понижение прироста объемов инвестиций в основной капитал вплоть до 10,5% (2009 г.) и 11,4% (2010 г.) [355]. Такая негативная картина создает впечатление о деиндустриализации хозяйственного комплекса и движении к инвестиционной структуре, благоприятной для развития лишь топливно-энергетической и сырьевой сфер экономики. И, к сожалению, до настоящего времени отсутствуют полноценные условия для повышения инвестиционной активности в реальном секторе экономики.

Наряду с этим в условиях крайнего дефицита денежных ресурсов российские предприятия несли бремя высоких банковских кредитов и неплатежей за поставленную продукцию, что оборачивалось чрезмерным накоплением заемных средств и ухудшением пропорций в структуре их пассивов и финансового положения. Разумеется, само по себе заимствование денежных средств еще не служит верным симптомом несостоятельности предприятия, если оно сопровождается регулируемым притоком прибыли от реализации продукции, и собственные средства предприятия прирастают с опережающей скоростью. Подобная динамика процесса пополнения финансовых ресурсов предприятия не создает угроз для его платежеспособности, поскольку увеличение

займов в пассивах предприятия компенсируется более высокой скоростью увеличения массы собственных средств, а с уменьшением доли заемных средств собственный капитал может иметь пониженную скорость роста.

Для анализа устойчивости динамической структуры пассивов предприятия введем показатели доли заемных средств в имуществе предприятия – коэффициент финансовой напряженности $Kз.с(t)$ и доли собственного капитала в том же имуществе – коэффициент автономии $Kс.с(t)$. Зависимость между коэффициентом $Kз.с(t)$ и скоростью изменения $Kс.с(t)$ формализуем с учетом положительного коэффициента γ , который влияет на скорость протекания процесса:

$$Kз.с(t) = \gamma \frac{dKс.с(t)}{dt}. \quad (2.1)$$

Решая это дифференциальное уравнение (вывод решения см. в прил. 1), находим выражение (П1.6) для искомого решения:

$$Kс.с(t) = 1 - Kз.с(0) \cdot e^{-\frac{1}{\gamma}t}. \quad (2.2)$$

Анализ равенства (2.2) с применением критерия устойчивости А.М. Ляпунова позволяет сформулировать следующие выводы:

- при осуществлении адаптивного управления, когда рост доли заемных средств в пассивах предприятия (значение $Kз.с(t)$ увеличивается) компенсируется повышением скорости наращивания собственных средств предприятия, а при сокращении доли заемных средств (значение $Kз.с(t)$ уменьшается) скорость наращивания собственных средств адекватно уменьшается, коэффициент автономии $Kс.с(t)$ стремится к своему максимуму, и этот процесс приближения имеет устойчивый характер (рис. 2.2);

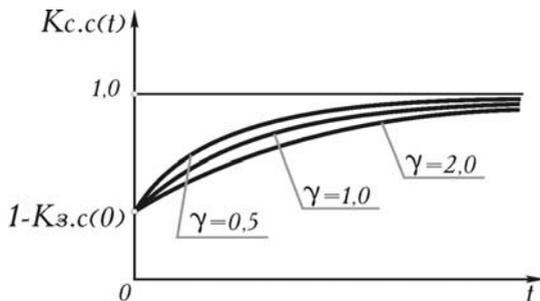


Рис. 2.2. Асимптотическая устойчивость в целом показателя $Kс.с(t)$

- устойчивость роста показателя $Kc.c(t)$ является асимптотической в целом (глобальной). Математически такое утверждение вытекает из того, что $\gamma > 0$ и корень p (Пл.4) характеристического уравнения имеет отрицательное вещественное значение. Впрочем, это и так понятно: при $t \rightarrow \infty$ согласно (2.2) величина $Kc.c(t) \rightarrow 1$, т.е. асимптотически направлена к единице. Такой характер устойчивости $Kc.c(t)$ обусловлен тем, что монотонное приближение его величины к 1 не зависит от положения точки $Kc.c(t) = 1 - Kз.c(0)$ в начальный момент времени при $t = 0$;

- в экономическом отношении такой вывод означает, что при адаптивном управлении деятельностью предприятия и соблюдении правила компенсации заемных средств собственными, выражаемого равенством (2.1), доля собственных средств в пассивах с течением времени неуклонно возрастает независимо от структуры пассивов предприятия в исходном положении;

- постоянная γ определяет ход наращивания коэффициента автономии $Kc.c(t)$ и тем самым задает скорость процесса схождения. Если $\gamma < 1$, то асимптотическое приближение $Kc.c(t) \rightarrow 1$ происходит быстрее, чем при значении $\gamma = 1$, и наоборот: при $\gamma > 1$ оно протекает сравнительно медленнее (рис. 2.2).

Повторим, что такой оптимистический сценарий улучшения структуры пассивов и финансового состояния предприятий можно ожидать, если они обладают требуемым для этого адаптационным потенциалом, который может быть задействован в случае непомерного нарастания доли заемных средств в пассивах предприятия.

Между тем исследования индустриального сектора экономики свидетельствуют о том, что интенсифицируемые факторами кризиса негативные закономерности в промышленности страны остаются слабо чувствительными к регулирующему влиянию монетарной политики и демонстрируют достаточную устойчивость деградационных тенденций особенно в 90-х годах прошлого века, когда трансформация хозяйственных условий была стремительной [313]. В обоснование этого утверждения сошлемся на такие доводы, как бессилие монетарных рычагов воздействия (эмиссии и величины денежной массы) на динамику промышленного производства и инфляцию, ресурсную взаимозависимость предприятий (по цепи потоковых процессов между ними), кооперативное поведение (компенсирование затрат партнеров посредством взаимного кредитования) и цикличность (чередование инфляции издержек и инфляции спроса). В результате предприятия глубже затягивались в кризисный круговорот, который расстраивал сеть ресурсобеспечения

и угрожал их устойчивости. Если дореформенный период функционирования нашей экономики характеризовался кризисом устойчивости, то нынешний ее этап – устойчивым кризисным развитием.

Целесообразно провести анализ устойчивости экономической динамики индустрии в переходный период. Сравним два варианта разрешения кризисной ситуации в российской промышленности: монетаристский и кейнсианский, для чего воспользуемся схемой макроэкономического моделирования [71]. Приведенные модели отличаются друг от друга содержанием обратной связи и структурно их можно проиллюстрировать тем, что в цепь обратной связи монетаристской модели включены предложение денег (масса денег M_2) и совокупный спрос (рис. 2.3), а в кейнсианский модели – спрос на деньги, спрос на инвестиции и совокупный спрос (рис. 2.4).

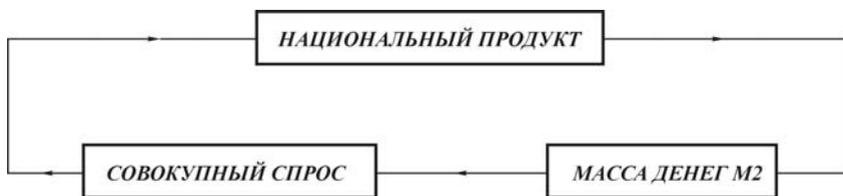


Рис. 2.3. Монетаристский вариант обратной связи национального продукта



Рис. 2.4. Кейнсианский вариант обратной связи национального продукта

Из этого сравнения видим, что в монетаристской модели отсутствует спрос на инвестиции, тогда как в более сложной кейнсианской модели он учитывается и воздействует на совокупный спрос, вследствие чего настройка второй модели более искусна, чем первой, и трудна для реализации в хозяйственной практике.

Исходной предпосылкой монетаристской модели является убежденность в ее устойчивости, обеспечиваемой регулированием денежной массы M_2 , которая, в свою очередь, через совокупный спрос ока-

зывает влияние на национальный продукт. Вот почему с наращиванием национального продукта увеличивается и спрос на денежную массу, а та влечет за собой рост совокупного спроса, что ведет к расширению масштабов производства национального продукта. И, наоборот, сокращение производства национального продукта требует меньшего количества денег, которые снижают совокупный спрос и вместе с ним предложение национального продукта. Подобным образом включенная в цепь обратной связи денежная масса создает условия для изменения национального продукта как в сторону увеличения, так и уменьшения.

Возникающие в экономике возмущения, связанные с изменением величины денежной массы, отзываются реакцией товаропроизводителей, которая зависит от их инфляционных ожиданий. Предчувствуя рост цен, производители закладывают будущие издержки в себестоимость продукции и тем вызывают инфляцию предложения, а вместе с ней и избыточный спрос на деньги. Во взаимообусловленности с этим цены повышаются и из-за инфляции спроса и сокращения (рецессии) объемов производства товаров, что еще больше разгоняет инфляцию. Заметим, что по мнению Н.Н. Моисеева, рыночный механизм снабжен обратной связью лишь по состоянию системы и поэтому способен откликаться только на ее моментальное положение, но не осуществляет саморегулирование системы на основе ее тенденциального развития. «Для устойчивости необходима еще по меньшей мере обратная связь по скорости и ускорению, т.е. учет тенденций, – убежден он. – Но этого рыночный механизм уже не может реализовать принципиально!» [171, с. 94–95].

В кейнсианской модели влияние на совокупный спрос опосредуется инвестициями и доходы от продажи национального продукта Y распадаются на потребление C и инвестиции I :

$$Y = C + I. \quad (2.3)$$

Полагая, что расходы на потребление представляют собой часть (c) полученных доходов, можно записать, что

$$C = cY,$$

и с подстановкой в равенство (2.3) получаем:

$$Y = C + I = cY + I.$$

После перегруппировки имеем:

$$Y(1 - c) = I$$

и находим зависимость величины дохода Y от инвестиций I и предельной склонности к потреблению c :

$$Y = \frac{I}{1-c}. \quad (2.4)$$

Полученный мультипликатор инвестиций наводит на очевидный вывод: доходы от продажи национального продукта пропорциональны инвестициям и увеличиваются, когда растет предельная склонность к потреблению.

В понимании Л. Столерю равновесие между сберегателями и инвесторами исключительно неустойчиво, поскольку инвестор принимает решения, в зависимости от будущей конъюнктуры, тогда как сберегатель – в зависимости от настоящего или прошлого дохода. Во время снижения инвестиционной активности, когда сбережения возрастают, а потребление падает, последнее особенно нежелательно, потому что в силу мультипликативного эффекта инвестиции еще больше уменьшаются. В такой ситуации правительство с помощью бюджетной политики может оказать регулирующее влияние на уменьшение разрыва между сбережениями и инвестициями, что позволит вывести экономику из воспроизводственного кризиса.

Обращаясь к системе регулирования и ее блочной схеме [135], видим, что мультипликатор обратной связи по своему выражению аналогичен мультипликатору инвестиций (2.4). Сравнивая их формулы, находим, что в кейнсианской модели предельная склонность к потреблению c для устойчивости модели должна удовлетворять неравенству: $0 < c < 1$.

Настоящее резюме имеет принципиальное значение для сохранения устойчивости отечественных промышленных предприятий: с нарастанием переходных процессов, типичных для трансформационной экономики, поддержание устойчивости предприятий связано с усилением управляющих сигналов, поскольку в противном случае распространение хаоса трудно удержать в пределах допустимого диапазона и тем обеспечить устойчивость работы предприятий. Такой довод справедлив и в отношении их производственных систем: устранение угроз деятельности предприятий предполагает их широкие возможности для удовлетворения рыночных потребностей, свертывания изготовления нерентабельных и освоения выпуска прибыльных видов продукции.

Как известно, экономическая наука традиционно связывает поведение предприятий с примечательными особенностями рыночного окружения (совершенной конкуренции, монополией и др.). Специфика среды накладывает отпечаток на работу предприятий, побуждая их стремиться к наиболее выгодному из доступных им состояний. Подобное состояние обычно принимают равновесным, отличающимся от

прочих состояний тем, что по его достижении предприятие не испытывает желания к изменению этого состояния, ввиду его предпочтительности перед другими возможными состояниями (§ 1.2).

Равновесная ориентация предприятия предопределяет траекторию его движения в процессе адаптации к динамичным факторам среды. С этих позиций представляют интерес исследования аналитиков по ценовому приспособлению предприятий к условиям равновесия и неравновесия. Поиск способа такой адаптации предпринял К. Эрроу, восполняя логический пробел в формулировках теории совершенной конкуренции. Обсуждая рациональное решение по поводу цен, в отличие от количества товара, он заключает, что «в любом состоянии неравновесия, т.е. в любой ситуации, когда предложение не равно спросу, ... экономика проявляет признаки монополии и монополии. Эти признаки тем явственнее, чем больше неравновесие» [339, с. 443]. Отклонение от состояния равновесия говорит об определенном типе организации экономической системы и характере ресурсообмена между предприятиями.

В этом отношении потребление ресурсов предприятиями в конкурентной экономике контрастирует с нерациональным использованием их монополистами в неравновесной среде. В ней распределение ресурсов не отвечает критерию эффективности, и монополист сталкивается с неопределенностью в отношении спроса на производимый им товар. В силу большой сложности анализ существования равновесия предприятия в неконкурентной среде остается и поныне трудноразрешимой задачей.

Характеризуя факторы трансформации отечественной экономики, следует еще раз заметить, что пустивший в ней корни монополизм предприятий подорвал возможность обретения общего равновесия. Резкое снижение спроса из-за уменьшения покупательской способности сопровождалось обвальным и затяжным падением производства и связанным с ним сокращением предложения так, что траектории спроса и предложения проходили вдали от равновесных. Кроме того, механизм инфляции циклически воспроизводил вновь и вновь товарно-денежную разбалансированность и ритмию ресурсных потоков между предприятиями.

Исследование свойств положения равновесия, его нарушения и восстановление в тех или иных условиях было предпринято основоположниками экономической теории и продолжается до сих пор. Предлагаемый подход к равновесию и устойчивости промышленных предприятий содержит в качестве отправной посылки необходимость их достаточного ресурсообеспечения, способного поддерживать равновесие и

устойчивость предприятий в динамичном окружении. Поэтому осуществляемое ими маневрирование в подвижной среде направлено на погашение возмущений в кругообороте и накоплении ресурсов, благодаря чему предприятиям удается противостоять рыночным колебаниям, способным пошатнуть их положение и довести до истощения ресурсов и банкротства.

В свою очередь, равновесие между предприятием и внешней средой подразумевает сохранение приемлемого уровня интенсивности обменных процессов между ними. Ощущая влияние среды и оказывая обратное воздействие на нее, предприятие связано со средой каналами входных и выходных потоков материально-технических, энергетических, трудовых, информационных, финансовых и других ресурсов. Их органическое дополнение друг друга и взаимозависимость в процессе деятельности предприятия проявляют себя изменением величины и структуры его ресурсного потенциала, диспропорции которого и порождают кризисные явления.

В рамках такого подхода автор исходит из того, что кризис предприятия есть не что иное, как возмущенное поведение его, выражаемое утративанием устойчивости целенаправленной деятельности предприятия, вследствие нарушения процесса воспроизводства его ресурсов¹ [307]. Тем самым по содержанию кризис предприятия есть разложение структуры и деградация его ресурсов, а по форме – ухудшение устойчивости предприятия вплоть до ее окончательной потери, что находит воплощение прежде всего в подрыве его ресурсообмена с внешней средой и платежеспособности. Причина тому – влияние внешних и внутренних возмущений на работу предприятия, в силу чего и поведение предприятия приобретает возмущенный характер.

Для поддержания сбалансированного взаимодействия с окружением и ресурсного потенциала предприятие приводит в действие свой гомеостатический механизм, координирующее влияние которого позволяет стабилизировать обменные процессы с внешней средой на допустимом уровне. Проводится регулирование входных и выходных потоков, нацеленного на предотвращение критического ослабления их эквивалентности, обеспечение воспроизводства ресурсов и нормализацию деятельности предприятия. Необходимым условием успеха адаптивного поведения предприятия становится информационная прозрачность его окружения и обладание требуемыми ресурсными резервами.

¹ Стремление производственной системы к устойчивому состоянию на некотором минимальном уровне обмена со средой (простого воспроизводства) В.Ф. Ершов связывает с первым законом сохранения производственной системы [94, с. 221].

2.2. Институциональные преобразования и информационный фактор поведения производственных систем

В концепции равновесия экономических систем на передний план выходит проблема информированности участников обмена ресурсов, о чем шел разговор выше в контексте наблюдаемости экономических процессов (§ 1.2). Действительно, уже в случае с монополией было видно, что неопределенность по поводу спроса на изготавливаемую продукцию сказывается на ее поведении. Неопределенность коренным образом меняет картину равновесия, вуалируя процесс движения ресурсов и оставляя его участников в неведении относительно свойственных им кривых спроса и предложения. Однако именно такая ситуация больше отвечает реальности, на что не раз указывали в своих публикациях классики экономики и их последователи.

Трансформационные сдвиги в российской экономике, имевшие своим итогом развал структуры централизованного управления и распыление восходящих и нисходящих потоков информации, разрядило информационное пространство вокруг предприятий и усилило неопределенность экономической среды¹. При слабой насыщенности горизонтального документооборота предприятия начинали испытывать дефицит не только информационных, но и материально-технических, энергетических, финансовых и других ресурсов. И это понятно: информационный обмен с директивными органами (Госпланом, Госснабом, министерствами и др.) и между собой позволял предприятиям намечать и осуществлять перемещение ресурсов, увязывая производство товаров и потребности народного хозяйства в них. Напомним, что по сведениям Центра экономической конъюнктуры при Правительстве РФ среди факторов, ограничивающих деловую активность базовых промышленных организаций, неопределенность экономической обстановки в течение 1997–2006 гг. оставалась значимым фактором (см. табл. 2.1), правда, за этот период его значение (в процентах от общего числа базовых промышленных организаций) снизилось с 41% (1997 г.) до 21% (2008 г.) [227, с. 205].

¹ Н.В. Амбросов обращает внимание на то, что централизованная система даже при недостаточном и не очень качественном информационном обеспечении может демонстрировать завидную устойчивость в экстремальных условиях: «большой объем некачественной информации, поступающей из различных источников, сам по себе гасит несущественные отклонения, обычно и содержащие искажение ситуации» [12, с. 146].

В сценарии шоковой терапии освобождению цен от централизованного регламентирования принадлежало краеугольное значение, что соответствовало монетарной ортодоксии, по определению не совместимой с директивным ценовым регулированием. В достаточно монополизированной российской экономике ситуация отягощалась галопирующей инфляцией, отчего неопределенность спросовых показателей на выпускаемую продукцию и вредное влияние помех на процесс обмена ресурсами становились еще больше. В такой обстановке производители и потребители имели весьма смутные представления о конъюнктуре нараждающегося рынка и, по сути дела, работали «вслепую». Ведь в теории монетаризма монополии не препятствуют передаче информации в форме ценовых сигналов, но своими действиями искажают ее. Ценовая динамика в пореформенный период в нашей стране отличалась крайней неравномерностью, о чем можно судить по диаграмме индексов цен на рис. 2.5.

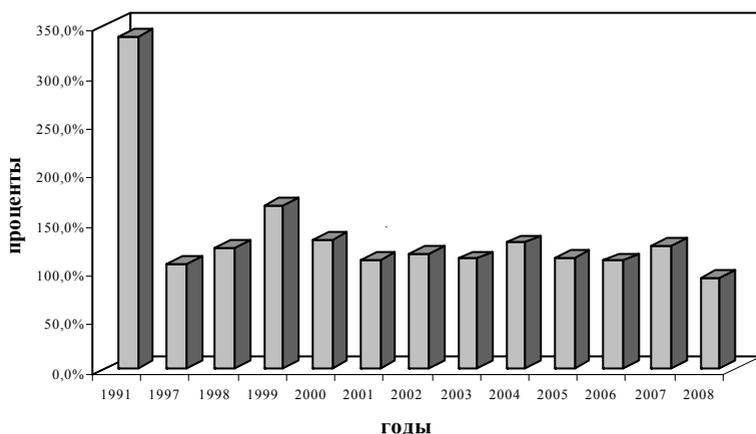


Рис. 2.5. Динамика индексов цен производителей по промышленности в 1991 г. и 1997–2008 гг. (декабрь к декабрю предыдущего года) [218, с. 413; 226, с. 689; 356; 357; 358; 227, с. 33]

В своих проектировках на 2008–2010 гг. Министерство экономического развития и торговли РФ прогнозировало, что инфляция будет постепенно снижаться, но ее колебания останутся в пределах от 5,5 до 7,0% (в процентах к предыдущему году): 5,5–6,5% (2009 г.) и 5,0–6,0% (2010 г.) [355].

Исследования К. Эрроу подтверждают, что неопределенность – ключевое соображение в теории ценового приспособления в моно-

полистической экономике. Для условий равновесия знание системы цен вполне достаточно для выбора экономического поведения, но монополисту необходимо знать всю его кривую спроса, а не только одну цену.

Обескураживающий рост цен в нашей стране не только ухудшал прозрачность экономического взаимодействия субъектов хозяйствования, но и разрушал сложившуюся между ними сеть ресурсных потоков. Перебои с поставками сырья, материалов, комплектующих, энергии, финансов и других ресурсов приобретали хронический характер и вносили разлад в ход производственной деятельности предприятий. В такой высоко возмущенной среде гомеостатический механизм предприятий утрачивал способность саморегулирования обменных процессов с внешней средой: входные и выходные потоки ресурсов сильно поределли и их импульсивность сбивала ритм производства и пополнения расходуемых ресурсов.

Пагубное последствие инфляции испытало как ресурсообеспечение предприятий, так и информационное пространство экономики. Цены переставали отражать затраты на производство товаров и соотношение их спроса и предложения, и тем самым ценовые сигналы несли об этом изрядно «подпорченную» информацию и запутывали товаропроизводителей. «Высокая инфляция и в особенности сильно варьирующая инфляция приводит к тому, что помехи полностью забивают полезный сигнал, и важная информация превращается в бессмысленный шум», – признавал М. Фридман [278, с. 39].

Поскольку цены уже не обладали информационной ценностью и теряли свою ориентирующую роль в обеспечении сделок, то при возрастании неопределенности поведения предприятий исчезает и предпосылка достижения общего экономического равновесия. Так при обсуждении транзакционных издержек и ценового механизма распределения ресурсов Р. Коуз полагал, что вопрос неопределенности часто считают очень важным для изучения равновесия фирмы. Размышляя о статическом и подвижном равновесии, он возлагает задачу сохранения равновесия на предпринимателя, управленческая деятельность которого нацелена на регулирование «объема контроля» в фирме. В теории транзакционных издержек находит объяснение тот факт, что интегрирующая сила в лице предпринимателя замещает интегрирующую силу механизма цен [126].

Но подобное регулирование поведения предприятия лишено объективной почвы, если не располагать релевантной информацией относительно предполагаемого положения равновесия. В противном случае уходит сама возможность использования на практике теории общего

равновесия. Ведь ценовой механизм не срабатывает так, как ему надлежало функционировать в рамках классических представлений. В. Леонтьев приходил к выводу о том, что для вытесняющей статическую динамической теории общего равновесия препятствием становится не столько сложность аналитического аппарата, сколько отсутствие детальной фактической информации, необходимой для практического применения методов этой теории [142].

Такая ситуация, связанная с отклонением от равновесного состояния и необходимостью обретения его вновь, окружена, как и прежде, неопределенностью и информационными ограничениями. В условиях переменчивой рыночной среды они служат причиной расхождения существующего и равновесного состояния и сводят на нет возможность его констатации, не говоря уже о сложности поддержания равновесия. Кстати, по П. Самуэльсону неопределенность положения во всех случаях приводит к постоянному нарушению всякого равновесия. Дефицит информации «погружает» аналитиков в неизвестность относительно действительного положения кривых спроса и предложения и их балансирования.

Между тем, реально ли оценить меру отклонения состояния экономической системы от равновесного? Можно ли решить для этого информационную проблему? Современные аналитики склоняются к выводу о том, что неопределенность скрыта в существе самого явления равновесия и потому отсутствие информации свойственно ему по природе. Получается, что поиск исчерпывающей информации нелогичен и бесперспективно пытаться ее найти и оценивать. Вследствие этого динамика спроса и предложения не допускает непосредственного наблюдения и проверки выдвигаемых гипотез по поводу достижения равновесия экономической системы. «В самом деле, все эти кривые совокупного спроса и предложения, которыми мы так любим оперировать, нельзя считать реальными, объективно данными фактами, поскольку они представляют собой результат непрерывно идущего процесса конкуренции, – считает Ф. Хайек. – Мы не можем также надеяться выяснить на основании статистической информации, какую корректировку цен и доходов следует предпринять, чтобы приспособиться к неминуемым изменениям» [279, с. 12].

Очевидно, каноны теории общего равновесия теряют свою конструктивность, поскольку обретение равновесия в экономике становится сомнительным. Несмотря на то, что равновесное состояние сохраняет свою притягательность и объясняет характер поведения экономической системы, на практике подобное состояние во многом идеализировано и искусственно, о чем уже шел разговор раньше.

Нынешние показатели продуктивности отечественной индустрии (неспешный рост индекса промышленного производства в пределах от 104,4 до 107,0% в 2001–2007 гг.) дают повод для осторожного оптимизма, но недостаточны для утверждения о переломе тенденции кризисного развития индустрии и необратимости наступающего подъема. Сложившееся неравновесие в нашей экономике будет продолжаться и дальше, пока спрос и предложение остаются на крайне малом уровне. Тем самым траекторию движения отечественной индустрии в последние годы нельзя признать как вполне устойчивую, но нет веских причин считать ее и неустойчивой со свойственной ей резкой амплитудой показателей. Такую своеобразную ситуацию в экономике не обошел вниманием Дж. Кейнс: «В частности, примечательное свойство экономической системы, в которой мы живем, состоит как раз в том, что, хотя она и подвержена серьезным колебаниям производства и занятости, она не является крайне неустойчивой. В действительности она может пребывать в состоянии хронически пониженной активности в течение длительного времени, не проявляя заметных тенденций ни в сторону оздоровления, ни в сторону окончательного краха» [112, с. 330].

В подобной обстановке удовлетворение спроса на товар может создать иллюзию достижения равновесия¹ на рынке, поскольку формально предложение его соответствует спросу, а стабильность этого положения и вовсе воспринимается как обретение желаемой устойчивости. О том, что это не так, говорит хотя бы тот факт, что производственная мощность предприятий используется слабо (в качестве примера приведем уровень ее использования в 2006 г. в производстве электромашин крупных – 45%, кузнечно-прессовых машин – 39%, металлорежущих станков – 13% [227, с. 203]) и затраты на изготовление промышленной продукции непомерно высоки. Поэтому эффективность такого равновесия мизерна и не оправдывает благостных ожиданий создателей нынешней экономической политики.

Современному положению российской экономики свойствен медленный рост показателей индустрии, и тем оно отличается от периода депрессии прошлых лет. Однако прогрессивная динамика по своим темпам явно отстает от необходимых, если иметь в виду глубину «провала» в сфере промышленности и потерь материально-технических, трудовых, финансовых и иных ресурсов предприятий отрасли. Для преодоления урона шоковой либерализации и торможения инерционных процессов деградации производственного потенциала пред-

¹ Заметим, что в данном случае речь идет о равновесии по Л. Вальрасу, т.е. о «хорошем» равновесии, хотя в действительности оно не обязательно может быть таковым.

приятый требуется ускоренное наращивание утраченных ими ресурсов. Последовательность и темпы российских реформ привели к тому, что существовала вероятность оказаться в «западне» равновесия на низком уровне, о чем предупреждал Дж. Стиглиц, и с этим нельзя не согласиться. К тому же и исследования по синергетике показывают, что в широком диапазоне параметров базовая модель общества, включающая рыночный механизм ценообразования при производстве и потреблении одного продукта, имеет два устойчивых состояния. Одно из них характеризуется высоким, тогда как другое низким уровнем производства и потребления [131].

Вместе с тем проведенные институциональные преобразования в нашей экономике породили особенный стиль работы предприятий, для которых невыгодные в общепринятом смысле традиции стали нормой поведения. Несмотря на то, что результаты такого образа действий весьма скромны, они не вызывают желания сменить навязанный им «порочный» стиль и следовать правилам цивилизованной экономики. «При неустойчивой институциональной структуре и удаленных от равновесия начальных условиях макроэкономическая политика, стандартная для развитых экономик, может способствовать формированию неэффективных устойчивых форм поведения – институциональных ловушек», – полагает В.М. Полтерович [207, с. 21]. При этом под институциональными ловушками (бартер, неплатежи и т.п.) он понимает неэффективную, но устойчивую норму поведения, попав в которую система предпочитает неэффективный вариант развития, причем вывод ее на эффективную траекторию может быть сопряжен со значительными затратами.

По прошествии времени становится очевидным, что выбранный реформаторами способ перехода к новой экономике имел мало шансов на успех. Известные теоретические схемы классических школ не обращались к «переходным экономикам» и потому не могли служить «руководством к действию». Как признавал Дж. Стиглиц, традиционная экономическая теория еще меньше способна объяснить динамику перехода, чем состояние равновесия, но именно динамика преобразований становилась «яблоком раздора» в спорах относительно темпов реформ и их последовательности. Не скрывает разочарования и В.Л. Макаров: «К сожалению, приходится констатировать, что мировая экономическая наука не уделяла достаточного внимания переходным периодам. Нет и соответствующей теории или теорий, хотя исторический опыт уже накоплен вполне достаточный... Современный мир – это мир экономических реформ. Но вот теорий переходного периода пока не видно» [151, с. 39].

Практика внедрения рецептов монетаристской школы лишь подтвердила опасения, связанные с неадекватностью применявшихся правительством мер российской экономической действительности¹. Была опровергнута концепция, согласно которой экономике имманентно присуще свойство саморегулирования, и потому роль государственных институтов сводится лишь к контролю за денежной массой и обеспечению социального стандарта жизненного уровня населения. Саморегулирование, по-видимому, начинает отказывать в период быстрых и сильных переходных процессов, когда система находится под угрозой потери устойчивости².

Теория устойчивости, как отмечалось выше, рассматривает устойчивое движение системы лишь при допустимых возмущающих воздействиях, поскольку в противном случае ее устойчивость может быть подорвана. Поэтому и постулаты экономических теорий сохраняют свою конструктивность при определенных условиях и имеют границы применимости, что вполне закономерно для модельных отображений общественных перестроек. По образному выражению Л. Клейна, классическая гипотеза исходит из того, что рынок работает как «автоматический (аналоговый) компьютер», который эффективно действует как «невидимая рука», в то время как центральные планирующие органы управляют его аппаратной частью [37].

С той поры, когда был продекларирован принцип «laissez faire», экономические системы в течение многих лет претерпевали коренные изменения и, следуя логике развития научных парадигм, ранние концепции впоследствии становились обычно частным случаем более общей теории, подобно тому, например, как ньютоновская механика позднее была обобщена физикой А. Эйнштейна. Не умаляя законы И. Ньютона, эйнштейновская теория сохраняет их в своей концепции на случай малых скоростей тел (значительно меньших скорости света). Неуклонное возрастание объема знаний развивает предшествующие модели и отводит им место одного из возможных вариантов более универсальной теории.

¹ «Не спорим, монетаристские меры необходимы и важны для регулирования эффективности в сложившейся рыночной экономике в области цен, зарплаты и торгового оборота. – писал Н.П. Федоренко. – Однако нигде в мире и никогда в истории они не использовались для создания экономически гармоничной рыночной системы» [274, с. 254].

² Нам памятно, что сторонники проведения в экономике «хирургической операции» и перехода к свободному рынку политикой «одного удара» рекомендовали разрешить свободную игру цен, считая, что при этом будет достигнуто равновесие (см., например, Я. Корнай [124, с. 72]).

Вряд ли можно оспаривать и то обстоятельство, что разнообразие состояний хозяйственного комплекса XXI века с разветвленной инфраструктурой намного превосходит подобный показатель в прошлом, когда системы пребывали в более стационарной среде, чем ныне. А значит, согласно кибернетическому закону необходимого и достаточного разнообразия состояний системы управление таким комплексом сегодня гораздо сложнее по структуре и функциям. Промедление с принятием выверенных решений в быстро меняющейся и рисковомой среде может обернуться потерей устойчивости системы и возникновением в ней необратимых процессов утраты управляемости.

В этой связи акцентируем внимание на том, что проблематика равновесия и устойчивости экономических систем привлекала наших ученых еще до наступления рыночных преобразований (см., например, [22; 41; 150; 205]). Закономерное движение к равновесному состоянию и централизованной экономики подводило к мысли о необходимости анализа динамической картины перестроек в ней и устойчивости обретаемого равновесия. Рассматривая эту задачу под углом зрения моделирования взаимодействия подсистем народного хозяйства, А.Г. Гранберг констатировал (1978 г.): «Для планирования народного хозяйства важно, чтобы модель экономического взаимодействия позволяла изучать не только отдельные состояния равновесия, но и сам процесс функционирования экономической системы, основной тенденцией которого должно быть стремление к достижению устойчивой траектории равновесия. Поэтому общая модель экономического взаимодействия подсистем народного хозяйства должна быть динамической и включать описание механизмов перехода от неравновесных состояний к равновесным и выхода из равновесных состояний при структурных перестройках народного хозяйства» [74, с. 148–149]. Для таких моделей доказывается существование траекторий равновесия и устанавливаются соотношения между равновесными и оптимальными траекториями.

Небезынтересно и то, что еще в начале 80-х годов прошлого века в полемике с оппонентами концепции экономического равновесия В.А. Волконский не соглашался с их доводом: отклонившись от состояния равновесия, вызванного одним возмущением, экономическая система не успевает вернуться в него из-за вмешательства другого возмущения [57]. Ведь скорость возвращения экономической системы оказывается соизмеримой с частотой возникающих возмущений, ввиду чего система оказывается постоянно отклоненной от положения равновесия. Как считал В.А. Волконский, такая постановка вопроса обуславливает необходимость прогнозирования и планирования не только объемных показателей, но и цен. Даже в эффективном рыночном хо-

зайстве осуществляется одновременное использование рыночных механизмов и директивного управления с использованием планирования, резюмирует по итогам исследований пропорций и эффективности развитых экономик Н.В. Амбросов. Этим достигается «повышение устойчивости функционирования экономики и сохранение способности избирательного удовлетворения спроса и выбора направлений наиболее эффективного развития» [12, с. 55]. И совмещение директивного управления и рыночной координации обеспечивает рациональные пропорции эффективности, адаптивности и устойчивости.

Вот почему, принимая во внимание специфику деятельности промышленности, не приходится удивляться тому, что современные экономические концепции сужают поле действия рыночного автоматизма и признают оправданным участие государства в отладке хозяйственного механизма¹. Обращаясь к идеологии свободного рынка и невидимой руки А. Смита, Дж. Стиглиц критикует последователей Вашингтонского консенсуса. По его мнению, новейшие достижения экономической теории «показали, что, как только имеет место несовершенство информации и неполнота рынков, что и бывает всегда в реальности и *особенно в развивающихся странах*, невидимая рука функционирует крайне неудовлетворительно» (выделено в тексте Дж. Стиглицем) [257, с. 98].

Скептически относится к рекомендациям составителей Вашингтонского консенсуса и В.М. Полтерович. В развиваемой им концепции стратегий институциональных преобразований шоковый характер реформ, когда происходит почти мгновенная замена одних правил поведения другими, нередко сопровождается длительным переходным периодом. И если параметры системы далеки от равновесных, то сходимость к равновесию не гарантирована. Даже в том случае, когда такая сходимость соблюдается, в условиях множественности равновесий траектория движения системы может оказаться неэффективной. Кроме того, при быстрых и комплексных изменениях экономические агенты не располагают достаточными возможностями для адаптации, а сами реформаторы – для коррекции ошибочных действий. В сильно неравновесной среде переходный процесс стимулирует перераспределительную активность, что приводит к значительным издержкам и вызывает массовое недовольство.

¹ В своей нобелевской лекции К. Эрроу заметил, что в экономике США и Европы в послевоенный период относительный баланс спроса и предложения был достигнут благодаря политике правительств, а не вследствие автоматической тенденции рынка к балансу [346, с. 253].

Отечественные ученые, за редким исключением, видели в стремлении реформаторов «одним махом» разрубить узел накопившихся проблем опасность направить течение кризисных процессов в русло затяжной и глубокой деградации российской индустрии. Вопрос о темпах и роли государства в преобразовании экономических отношений стоял в центре жарких дискуссий, и, как мы знаем, на практике имел своим исходом «прыжок в рынок». Подобное забегание ценовой либерализации по сравнению с необходимыми для этого условиями породило устойчивые формы спадовой динамики промышленного производства, которые и ныне сковывают движение нашей индустрии из институциональных ловушек. Ведь западный рынок стал результатом естественно-исторического развития общества; он «выращивал» свои институты на протяжении веков, ввиду чего их имплантация («оживление») в нашу экономику в короткие сроки не могла не дать отрицательных последствий. Их смягчение и регулирование переходных процессов должно было стать заботой государственных органов власти и управления прежде всего в начальной стадии рыночных преобразований. «Ведь рынок, – пишет Ф.И. Шамхалов, – сам по себе не способен создать и поддерживать сколько-нибудь устойчивую инфраструктуру экономической системы» [321, с. 12].

Описанный пессимистический прогноз нашел подтверждение в российской действительности пореформенных лет. Наши ведущие ученые (Л.И. Абалкин [1], А.Г. Аганбегян [2], Д.С. Львов [147] и др.) обеспокоены тем, что крутизна падения ряда экономических индикаторов не имеет аналогов в новейшей истории, а продолжительность кризиса и масштабы потерь от «шоковой терапии» беспрецедентны для мирного времени, причем вызванные ими разрушительные тенденции могут стать необратимыми. Зарубежные экономисты с мировым именем, лауреаты Нобелевской премии: Л. Клейн, В. Леонтьев, Д. Норт, Дж. Тобин, К. Эрроу, а также Дж. Гэлбрейт и их российские коллеги Л.И. Абалкин, О.Т. Богомолов, С.Ю. Глазьев, В.В. Ивантер, Д.С. Львов, В.Л. Макаров, А.Д. Некипелов, Н.Я. Петраков, С.А. Ситарян, С.С. Шаталин, Н.П. Шмелев, Ю.В. Яременко и другие – провозгласили себя приверженцами умеренного подхода к экономическим реформам, полагая, что шоковая терапия доказала свою неэффективность как с экономической, так и политической стороны [37]. При этом они признают необходимость разработки конструктивной государственной программы преобразований и отрицают возможность того, что одни лишь свободные рынки обеспечат перераспределение ресурсов колоссальных масштабов.

В упомянутых дискуссиях конца 80-х годов было немало предположений и относительно направления грядущей хозяйственной поли-

тики. Сбылись предсказания тех специалистов, которые рассматривали стремительный «уход» государства из сферы экономики рискованным и ущербным для противоречивого процесса ее перевода на рыночные отношения. В период институциональных преобразований, обильно насыщенных перестроечными возмущениями, упование на самоорганизацию и стихийное регулирование хозяйственной деятельности не имело убедительных оснований. «В отличие от проправительственных экономистов, – уточняет А.Д. Некипелов, – Отделение экономики РАН всегда выступало за активное регулирование государством рыночной трансформации экономики, сосредоточение в его распоряжении значительных финансовых ресурсов для проведения продуманной промышленной и социальной политики» [183, с. 13]. С течением времени уверенность в необходимости усиления государственного влияния на институциональные преобразования не только не ослабла, но, наоборот, лишь окрепла и все явственнее пронизывает полемические замечания экономистов на страницах печати. С тревогой они пишут о нарастающей тенденции деградации ресурсов, что в отсутствие достаточных инвестиционных вложений лишь усугубляет нынешнее и будущее положение российских предприятий, не говоря уже о перспективах модернизации производства и инновационного прорыва. «Нигде в мире – ни в развитых капиталистических, ни в постсоциалистических странах – без целенаправленной и систематической государственной поддержки диверсификация общественного производства не происходит, – подчеркивает Р.С. Гринберг. – По меньшей мере самообман думать, что модернизация экономики наступит сама по себе, без активной государственной инвестиционной политики, даже если в стране удастся сформировать цивилизованную институционально-правовую среду, благоприятствующую конкуренции» [78, с. 4].

Молниеносная смена системы управления народным хозяйством без сопровождения ее компенсирующими со стороны государства действенными мерами макроэкономической стабилизации оставляла предприятиям мало возможностей для эффективной адаптации к нарождающемуся рынку. Свидетельством тому является красноречивая негативная динамика в производстве промышленной продукции, низкий уровень ее конкурентоспособности и продолжение старения имущественного комплекса предприятий. Тем самым последствия шоковой терапии дают о себе знать и по сей день, оказывая сдерживающее влияние на ресурсную маневренность промышленных предприятий, их инновационно-инвестиционную деятельность и сохранение устойчивости в турбулентной среде транзитивной экономики.

2.3. Синергетическая интерпретация эволюции производственных систем: от неустойчивого равновесия к устойчивому неравновесию

Раскрывая закономерности трансформации равновесных и устойчивых состояний промышленных предприятий, нельзя обойти вниманием новаторский вклад в познание этих преобразующих процессов Н.Д. Кондратьева. Его фундаментальные исследования за давностью лет не только не утратили своей теоретической ценности, но, напротив, до сих пор сохраняют удивительную способность завоевывать новых поборников его экономических идей. В нашу эпоху быстрых перемен и научных революций труды русского ученого не перестают быть щедрым источником, из которого современники черпают оригинальные суждения для построения своих концепций. Но, обладая возрастающей притягательностью, воззрения Н.Д. Кондратьева вместе с тем проходят проверку временем с позиций достижений науки и практики и, в частности, исследований по экономической динамике [303; 316].

Общеизвестно: изыскания Н.Д. Кондратьева в этой области опираются на базисные понятия равновесия и устойчивости экономических систем. Предлагая интерпретацию понятия экономического равновесия хозяйства, он склонялся к тому, что оно «есть какое-то *предельное* состояние его, которое возможно лишь при *определенных условиях* и которое выражается в каких-то *определенных* соотношениях элементов народного хозяйства. Всюду, где дано равновесие, дано это предельное состояние хозяйства, даны те условия, при которых равновесие только и мыслимо, даны и те соотношения элементов народного хозяйства, которые свойственны состоянию равновесия» (выделено в тексте Н.Д. Кондратьевым) [121, с. 298]. Тем самым обретение системой состояния равновесия находится в зависимости от ряда обстоятельств, которые способствуют ему. Каковы же они?

В экономической теории чаще акцентируют внимание на содержании балансирующих друг друга процессов или их параметров, чем углубляются в природу самого феномена равновесия, его предпосылок и механизма движения к нему. Априори обычно полагают, что равновесие предпочтительнее других состояний системы, с точки зрения критерия полезности, поэтому в концепции Н.Д. Кондратьева она не обнаруживает внутренних тенденций к изменению своих элементов и их соотношений.

Не сомневаясь в правомерности этого утверждения в принципе, осмелюсь предположить, что прогрессивная роль состояния равновесия для экономических систем является не такой однозначной, как

преимущественно трактуется в литературе. Движение системы к равновесию имеет под собой естественно-научные основания, но отнюдь не всегда сопровождается накоплением в ней позитивных качеств. С признанием того, что равновесие системы обладает «зоной притяжения» и выгоднее по сравнению с другими ее состояниями, резонно ожидать и стремление системы занять положение наиболее устойчивого равновесия. Однако не любая траектория движения системы с течением времени приближается к равновесному состоянию, и к тому же условия устойчивости всего множества возможных траекторий некоторого пространства оставались математически неопределенными, судя по всему, до того времени, пока не были опубликованы работы Е.А. Барбашина и Н.Н. Красовского по устойчивости движения «в целом». Кроме того, свойства устойчивости для каждого конкретного случая начальных условий системы требуют задания области допустимых возмущений, в пределах которых система сохраняет устойчивость своих параметров (§ 1.1).

Напомним, что абсолютно устойчивые состояния равновесия не «очаровывают» аналитиков, поскольку, образно говоря, «консервируют» систему и лишают ее возможности совершать переход в другие устойчивые состояния. К тому же в термодинамике абсолютная устойчивость системы реализуется только при максимальной энтропии в ней, что может угрожать функционированию такой системы. По этому поводу Н. Винер заметил, что в явлениях жизни и поведении нас интересуют относительно устойчивые состояния, поскольку абсолютно устойчивые состояния достижимы лишь при очень больших значениях энтропии, что подобно «тепловой смерти» [52, с. 312]. Значит, не равновесные, а квазиравновесные состояния связаны с жизнью, мышлением и другими органическими процессами.

Хаос (или беспорядок, шум) вводит в процесс функционирования системы «игру случая» и отклоняет реальное поведение системы от предполагаемого режима. Влияние хаоса может оказаться настолько мощным, что движение системы и вовсе станет непредсказуемым, и тогда она окажется охваченной вихрем перемен. Хаотические процессы в середине прошлого века стали предметом пристального разбора со стороны физиков–химиков и математиков и, благодаря их исследованиям, взгляд на хаос подвергся коренному пересмотру. В научный обиход вошло понятие «хаотическая система», специфической чертой которой является то, что ее описание не может быть проведено в терминах отдельных траекторий системы и выполнимо только для их пучка (ансамбля). Вызвано это тем, что нельзя заранее предвидеть, по какой конкретной траектории будет протекать развитие системы, если

она достаточно чувствительна к начальным условиям, и потому возврат такой системы в исходное состояние уже исключен, поскольку здесь властвует свойство необратимости («стрела времени»). И. Пригожин и И. Стенгерс аргументируют, что оперирование ансамблем траекторий выгодно в двух отношениях: во-первых, он позволяет удобно рассчитать средние значения, и, во-вторых, понятие ансамбля необходимо для описания системы, достигшей термодинамического равновесия, т.е. такого состояния, в которое самопроизвольно приходит система в условиях изоляции от своего окружения.

Понятие энтропии как меры необратимого рассеяния энергии находит вместе с тем широкое применение и в качестве показателя упорядоченности системы: снижение энтропии означает уменьшение разнообразия состояний системы и повышение ее упорядоченности и, наоборот, повышение энтропии есть не что иное, как рост числа различных состояний и уменьшение упорядоченности системы. Тем самым энтропия отождествляется с хаосом системы и характеризует его в количественном отношении.

С позиций термодинамики низкая энтропия присуща неустойчивому состоянию закрытой системы, которое с течением времени эволюционирует к равновесному положению с высоким энтропийным уровнем. Обретаемое такой системой состояние становится устойчивым, что дает основание утверждать об окончании полета «стрелы времени»: она словно достигает цели и теряет свою направленность (хотя, разумеется, само время на этом не останавливается и продолжает свое течение). И, поскольку произвести попятное движение подобной системы и вернуть ее вновь в исходное состояние уже невозможно, такому процессу несвойственна обратимость.

В информационном аспекте увеличение энтропии в экономической системе равносильно утрачиванию порядка в ней и усилению негативных тенденций, для предотвращения которых требуется наполнять ее информацией из внешней среды. Тогда поступающая информация нейтрализует или ослабляет энтропийный процесс, и система выводится из-под влияния деградации. В результате хаос в системе снижается и нарастающий в ней порядок уменьшает ее энтропию.

Наблюдения показывают, что предрасположенность к устойчивому равновесию проявляют системы различной структуры. Не требующая доказательств, эта тенденция свидетельствует об универсальности и говорит о ее фундаментальном характере. Упомянем лишь о двух впечатляющих открытиях в мире природы. Описываемой закономерности подчиняется, например, биогенное движение атомов на земле. В.И. Вернадский указывал, что между биосферой и живым существом

«идет непрерывный материальный и энергетический обмен, материально выражающийся в движении атомов, вызванном живым веществом. Этот обмен в ходе времени выражается закономерно меняющимся, непрерывно стремящимся к устойчивости равновесием. Оно проникает всю биосферу, и этот биогенный ток атомов в значительной степени ее создает» [48, с. 15]. В этом движении ученый-энциклопедист видел космическое значение живого вещества, причем космические процессы поддерживают динамическое равновесие и организованность: биосфера ↔ живое вещество.

Любопытно, что последовательность устойчивых и неустойчивых состояний равновесия заложена и в химических соединениях. Размышляя о структуре веществ, Д.И. Менделеев коснулся вопроса об их прочности: «Представляя вещество сложным из атомов, составляющих системы или частицы, естествоиспытатели должны ожидать случаи различной степени устойчивости этих систем, т.е. более или менее нестойких равновесий, способных, при известной степени нарушения системы или ее потрясения, переходить в более стойкие равновесия» [160, с. 501]. При этом только от одного прикосновения к некоторому телу, находящемуся в равновесии, могут происходить глубокие химические изменения с появлением более прочного вещества.

Благодаря открытиям, аналогично упомянутым выше, исследователи предоставляют для теории устойчивости результаты своих изысканий по физике, кибернетике, экономике, экологии и другим научным дисциплинам. В этом отношении естественно-научные и экономические школы осуществляют перекрестный обмен знаниями и развивают учение о равновесии и устойчивости систем.

Механизм и условия перехода системы в равновесные состояния оказались в центре исследований, ввиду зарождения нелинейной динамики и становления синергетики. Именно к ним были обращены взоры аналитиков, когда была раскрыта картина неустойчивого равновесия в природных системах, причем эффекты нелинейных процессов выходят за рамки обычной системологии и дают толчок переосмыслению традиционных взглядов на экономическую эволюцию.

Состояния неустойчивого равновесия пронизательно подметил еще А. Пуанкаре. В работе «Наука и метод» (1908 г.) он следующим образом описывал нелинейную картину этого явления: «Если бы мы знали точно законы природы и состояние Вселенной в начальный момент, то мы могли бы точно предсказать состояние Вселенной в любой последующий момент...Мы говорим, что явление было предвидено, что оно управляется законами. Но дело не всегда обстоит так; иногда небольшая разница в первоначальном состоянии вызывает большое

различие в окончательном явлении. Небольшая погрешность в первом вызвала бы огромную ошибку в последнем. Предсказание становится невозможным, мы имеем перед собой явление случайное» [220, с. 417]. И далее приводит пример из метеорологии: большие пертурбации бывают обычно в тех местах, где атмосфера находится в состоянии неустойчивого равновесия. Он заостряет внимание на несоответствии между «мельчайшей» причиной и «значительным эффектом, вызывающим иногда страшные последствия». Ныне концепция Пуанкаре – Андропова¹ потери устойчивости состояний равновесия переживает период активного поиска сфер приложения и в свою орбиту захватывает уже общественные науки.

Между тем, с точки зрения нелинейной динамики, поведение эволюционирующих систем может характеризоваться устойчивым неравновесием. Другими словами, состояния такой системы постоянно смещаются вдаль от равновесных, что является результатом действия в ней энергетических процессов. Вновь сошлемся на то обстоятельство, что живые системы находятся во внешней среде в состоянии, отличном от равновесного. Возвращаясь к этому постулату, можно сказать, что для биосистем организма на уровне вещества и энергии существует принцип устойчивого неравновесия: «все и только живые системы никогда не бывают в равновесии и выполняют за счет своей свободной энергии постоянную работу против равновесия, требуемого законами физики и химии при соответствующих внешних условиях» [242, с. 562].

Настоящий подход вполне уместен и при анализе поведения экономических систем, и потому образ предприятия как неравновесной системы находит отклик и у российских экономистов. Так А.И. Добрынин и С.А. Дятлов под равновесием понимают «не само статичное равновесное состояние, зафиксированное в данный момент времени на данной траектории в данной точке общего равновесия, а постоянную динамичную устремленность к равновесию (к достижению равновесия), постоянное преодоление складывающихся диспропорций, корректировку возникающих отклонений в направлении стратегической цели развития» [86, с. 32]. По мнению А.Н. Петрова, «в общем случае предприятие представляет собой неравновесную социально-экономическую систему, которая стремится функционировать в состоянии динамического равновесия (устойчивого неравновесия), т.е. в состоянии устойчивого роста» [81, с. 129]. При этом развитие предприятия в ры-

¹ Подход А.А. Андропова и его научной школы к изучению нелинейных колебаний изложен в монографии [13].

ночной экономике имеет циклический характер и адекватную циклам смену фаз. Автор уточняет, что, в зависимости от совокупности внешних и внутренних факторов, ими могут быть стадии роста, нестабильности и выживания. Об относительности состояния равновесия производственной системы на возмущенном фоне пишет и Б.Ю. Сербиновский: в стремлении выжить и адаптироваться она «вынуждена непрерывно покидать состояния равновесия, реагируя на те возмущения, которые происходят во внутренней и внешней среде предприятия» [236, с. 46]. Да и в рамках эволюционной экономики обосновывается утверждение о том, что неравновесные процессы и состояния статического равновесия протекают одновременно, и если первые связаны с парой «потребности – возможности», то вторые с парой «платежеспособный спрос – предложение». Ведя об этом речь, В.И. Маевский придерживается точки зрения, что они не отрицают, а дополняют друг друга, и потому не могут существовать порознь [146, с. 314].

По теории И. Пригожина в неравновесной системе из хаоса образуется порядок. В ходе этого процесса энергия системы рассеивается и в ней спонтанно возникает так называемая диссипативная структура. Сама по себе диссипация означает убывание энергии в системе и возрастание ее энтропии, но в неравновесных условиях потери энергии компенсируются ее притоком извне, благодаря чему происходит самоорганизация системы. Для этого необходимо удерживать систему от состояния равновесия, что реализуемо лишь тогда, когда она обменивается со своим окружением вещественно-энергетическими или информационными потоками и чувствительна к внешним возмущениям. Ввиду нелинейности протекающих процессов малые внешние возмущения могут усиливаться и породить масштабные изменения в системе.

Поучительное уточнение концепции о неравновесных системах находим, в частности, в биологии, занятой изучением эволюционных и генетических процессов живых организмов. В контексте исследования их сочетания Р. Том изучал структурную устойчивость биологических видов и полагает, что у каждой функциональной активности существуют пороги (максимумы и минимумы), выход за пределы которых влечет за собой необратимые катастрофы в поведении регуляторных механизмов. Допуская совместимость локальных изменений и физиологической устойчивости, он констатирует: многообразие живых организмов благоприятно для приспособления их к некоторым видам агрессии, а значит, и общей устойчивости организмов.

Очевидно, что типичные примеры такой динамики поведения у систем различной природы дают повод для умозаключений о массовости и универсальности быстрых и резких изменений, по сравнению с

которыми постепенные и плавные движения систем достаточно редки. Н.Н. Моисеев высказал гипотезу: а, может быть, неустойчивость, хаос, неупорядоченность – это «естественное состояние материи, ее движения, на фоне которого время от времени возникают как исключительные явления более или менее устойчивые образования?» [172, с. 25]. Такое предположение о развитии систем было подхвачено учеными не только естественно-научных, но и других отраслей знания.

Синергетические представления о порядке и хаосе уже овладели экономистами и интерпретируются, в частности, в плоскости поведения финансовых рынков. Для Дж. Сороса квазиравновесные и неравновесные состояния распространены на этих рынках, ввиду чего он проводит размежевание состояний около равновесия и состояний, удаленных от равновесия. Настоящие циклы смены подъема и спада деловой активности проникают в область, далекую от равновесного состояния, что и придает им историческую значимость [254].

Теперь уже, наряду с равновесными и устойчивыми процессами, в поле зрения аналитиков оказывались явления нелинейности, неустойчивости, бифуркации и хаоса. При этом принципиально иными раскрываются их сущность и роль: они рассматривались уже не как случайные, досадные и мало значимые черты «неправильного» поведения, а, наоборот, неотъемлемые атрибуты нелинейных экономических систем. В рамках синергетики именно они и превалируют в поведении системы, тогда как равновесие и устойчивость – эпизодические положения в калейдоскопе состояний экономической системы. В отличие от традиционной, синергетическая экономика видит в нелинейности и неустойчивости источник многообразия и сложности экономической динамики, а не шумов и случайных возмущений. «Вырастающая» на этой почве ветвь экономической науки дает логические начала для понимания эволюции систем, когда из порядка возникает хаос, в котором зарождается новый порядок, пронизывая протекающие в системе процессы уже отмеченной «стрелой времени» и обуславливая их необратимость.

Заметную роль начинают играть не регулярные, а малые и случайные воздействия, роковым образом «ломающие» прежнюю траекторию движения системы. Внезапные и скачкообразные переходы в поведении системы наблюдаются при достижении ею точек бифуркации, в которых под влиянием малых сдвигов параметров происходит выбор из ансамбля возможных одной траектории, непредсказуемой заранее и кардинально меняющей картину поведения системы. Поэтому бифуркация представляет собой качественно новое поведение системы при малом изменении ее параметров, примером которой может служить эволюция системы с развилкой траектории ее движения.

В свете теории развития мы видим причудливое, на первый взгляд, сочетание различных стадий процесса движения системы, в котором смыкаются медленные и быстрые, плавные и резкие фазы. Подтверждается мысль В.И. Ленина о том, что концепция развития (эволюции) как единства противоположностей «дает ключ к «скачкам», к «перерыву постепенности», к «превращению в противоположность», к уничтожению старого и возникновению нового» [141, с. 276]. Диалектическое толкование характера эволюции экономических систем, с одной стороны, обеспечивает аналитическое исследование движения систем методологической поддержкой, а с другой, и сама философия научного поиска наполняется полезным фактологическим материалом.

Такие нетривиальные явления все больше занимают внимание ученых, поскольку сочетание в хозяйственном процессе вялых и стремительных фаз весьма распространено и нуждается в объяснении ([98; 99; 133; 230 и др.]). И при изучении экономических систем, и при анализе их математических моделей понятным становится желание раскрыть сущность нелинейных процессов и найти пороговые значения параметров, при которых в системе «разыгрываются» сценарии необратимого изменения траектории ее движения.

Для иллюстрации явления бифуркации можно предложить вариант изменения некоторого параметра (λ), которое влечет за собой резкую и коренную перестройку состояний системы: изменение числа и устойчивости стационарных состояний. Как видно из бифуркационной диаграммы на рис. 2.6, в точках бифуркации $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ система оказывается на перекрестке различных направлений движения, и выбор каждого из них зависит от воздействий на систему в момент «раздвоения» [55, с. 36]. Особенно важно то, что в процессе взрывного поведения системы невозможно предсказать конкретный ход ее дальнейшего развития, причем подобное неведение движения системы отнюдь не связано с отсутствием релевантной информации, а в природе самого бифуркационного явления.

«В точках бифуркации, т.е. в критических пороговых точках, поведение системы становится неустойчивым и может эволюционировать к нескольким альтернативам, соответствующим различным устойчивым модам. В этом случае мы можем иметь дело только с вероятностями, и никакое «приращение знания» не позволит детерминистически предсказать, какую именно моду изберет система. Простейшая точка бифуркации соответствует ситуации, когда некогда устойчивое состояние становится неустойчивым, и симметрично возникают два других возможных устойчивых состояния» (И. Пригожин и И. Стенгерс [214, с. 70]). На этот феномен обращает внимание и

Г. Шустер: во многих экономических моделях можно обнаружить хаос, и потому на достаточно больших временах их поведение становится непредсказуемым [329].

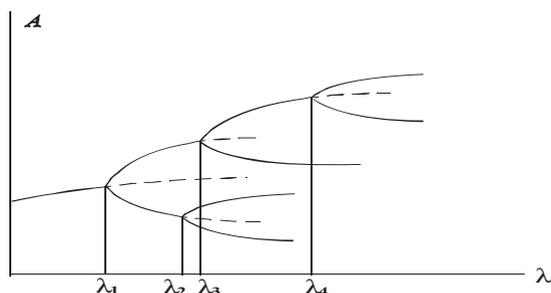


Рис. 2.6. Пример бифуркационной диаграммы

Следует добавить, что параметр времени наиболее ощутимо начинает сказываться в нелинейных преобразованиях систем и не только из-за динамического характера протекающих в них процессов. Еще раньше, в пору становления системного подхода, в нашей философской литературе подчеркивали конструктивизм понятия собственного времени системы, в отличие от обычного исторического времени, поскольку последнее абстрагируется от скорости эволюционных процессов в системе, так сказать, «разномасштабности времени» (И.В. Блауберг [34, с. 140]). Время предстает не как независимая переменная, а как внутренний фактор жизни систем, определяющий направление самой этой жизни. Было установлено, что продолжительность периода изучения системы влияет на выбор ее экзогенных и эндогенных параметров в динамической системе. Парадоксально, но в синергетике то, что неверно в малых масштабах времени, может оказаться верным в больших, и наоборот. Соотношение между дальним и ближним горизонтом подобно тому, как и соотношение между совокупными и локальными переменными, целым и его частями.

Существенно и то, что располагаемое время составляет резерв адаптации системы, поскольку, в зависимости от продолжительности приспособления, можно достичь и различных уровней адаптивности системы. Уже У. Эшби писал о том, что степень адаптации организма к среде и его сложность ограничиваются только размером всей динамической системы и временем, которое у нее имеется для достижения равновесия [342]. «Время – уникальный ресурс. Его нельзя одолжить, взять напрокат, купить или получить каким-либо иным способом... Тем не менее большинство людей воспринимают этот уникальный, незаме-

нимый, невозможный и абсолютно необходимый ресурс как должное, как нечто само собой разумеющееся», – недоумевал П. Друкер, отмечая чрезвычайную дефицитность ресурса времени [88, с. 274]. Как редкий ресурс системы, время квалифицируется Г. Беккером [28], его относит к особым ресурсам Б.А. Райзберг [223] и это, несомненно, так. Вот почему предметом исследования синергетики служат значения параметров системы, при которых наступает ее бифуркация и самоорганизация новой более сложной структуры. В этом смысле бифуркационные явления рассматриваются и теорией катастроф, изучающей радикальные перестройки системы в процессе медленных, гладких и малых изменений ее параметров.

В монографии В.-Б. Занга можно найти обзор результатов приложения концепции бифуркаций к моделированию региональной динамики, сопровождаемой нарушением непрерывности и циклом быстрых и медленных переменных, деловым циклом в модели Н. Калдора, модели розничной торговли Вильсона и предложенной им модели экономического роста [98]. В приведенных примерах иллюстрируется, как незначительные изменения внешних параметров вблизи критических точек влекут за собой бифуркации и разительно меняют эволюцию нелинейной динамической системы.

В такой системе различают два вида неустойчивости: динамическую и статическую. Динамическая неустойчивость (эффект «галоппирования») ведет к хаосу и полному разрушению системы, для предотвращения которого проводят структурные изменения в ней. При статической неустойчивости происходит скачкообразный переход от одного равновесного состояния системы к другому (статическая бифуркация). Статическая неустойчивость наблюдается в экономике при значительном и продолжительном отклонении двух и более переменных от оптимальных соотношений.

В теории катастроф потеря устойчивости состояния равновесия из-за изменения параметра системы вызывается как бифуркацией состояния равновесия, так и самопроизвольным процессом. С приближением параметра к бифуркационному значению система утрачивает состояние равновесия, переходя в другое равновесное положение, или возникает пара состояний равновесия. При этом из двух исчезающих или порождаемых состояний равновесия одно является устойчивым, другое неустойчивым.

По мнению автора, подобный сценарий характерен для начального этапа кризиса предприятий [309]. На этой стадии его система стремится сохранить прежнюю устойчивость сбалансированного обмена ресурсами со своим окружением, но под влиянием возмущений равно-

весное состояние предприятия «подтачивается» и его устойчивость ослабляется. С нарастанием кризиса происходит «выталкивание» предприятия из положения квазиравновесия и его система вынуждена «нащупывать» новое состояние, близкое к равновесному. Но оно будет иметь под собой подорванную ресурсную базу предприятия (изношенные основные и истощаемые оборотные фонды, напряженную кадровую ситуацию и т.п.) и потому становится неустойчивым.

Далее. «Если устойчивое положение равновесия описывает установившийся режим в какой-либо реальной системе (скажем, экономической, экологической или химической), – поясняет В.И. Арнольд, – то при его слиянии с неустойчивым положением равновесия система должна совершить скачок, перескочив на совершенно другой режим: при изменении параметра равновесное состояние в рассматриваемой окрестности исчезает. Скачки этого рода и привели к термину «теория катастроф» [19, с. 21]. Согласимся, последующее развитие событий на предприятии может протекать довольно стремительно, и разрешение кризиса будет иметь оптимистический (восстановление ресурсного потенциала, а с ним и квазиравновесия) либо более вероятный пессимистический (деградация ресурсов и банкротство) исход.

Другой сценарий потери устойчивого состояния равновесия предполагает два возможных варианта, различающихся фазовым портретом (пространством состояний) системы. Первый из них представляет собой перерождение положения равновесия в предельный цикл, т.е. переход состояния равновесия от устойчивого к неустойчивому (рис. 2.7, верхний ряд). Второй вариант состоит в отмирании в положении равновесия неустойчивого предельного цикла, в ходе которого исчезает цикл, и вслед за ним равновесие приобретает неустойчивый характер (рис. 2.7, нижний ряд).

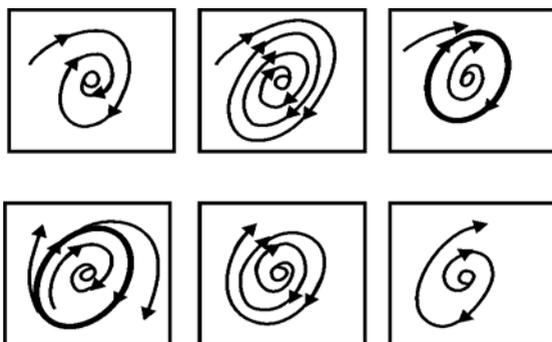


Рис. 2.7. Фазовые портреты системы при потере устойчивости равновесных режимов [19]

Первый вариант свойственен скорее всего вялотекущему кризису предприятия: нарушение воспроизводства его ресурсов и квазиравновесия проходит исподволь, медленно, но с каждым разом усиливается и энергичнее «раскачивает» систему, пока ее квазиравновесное состояние не перейдет от устойчивого к неустойчивому. Такая плавная потеря устойчивости равновесия именуется мягкой, что видно из характера смены равновесного положения колебательным периодическим процессом (левый фрагмент рис. 2.8).

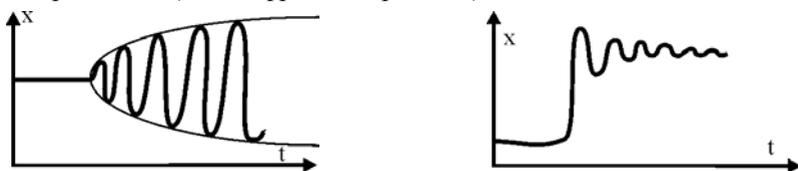


Рис. 2.8. Мягкая (слева) и жесткая (справа) потеря устойчивости равновесного состояния системы [19]

Весьма возможно, что такая динамическая картина может не встревожить аналитиков, по-прежнему уверенных в устойчивом поведении предприятия. И лишь по прошествии времени будет очевидным утрачивание устойчивости его деятельности.

Второй вариант по сравнению с первым присущ более нестабильной работе предприятия в зоне повышенного риска. Вначале его кризисная деятельность еще сохраняет относительно равновесный режим, но с течением времени ее цикличность прерывается из-за ухудшения кругооборота ресурсов предприятия с внешней средой. Охваченная разрушительной динамикой система быстро деформируется, ее квазиравновесие лишается свойства притягательности и становится неустойчивым. Резкая потеря устойчивости равновесия получила название жесткой, что отвечает скачкообразному переходу системы от стационарного поведения в иной режим движения (правый фрагмент рис. 2.8).

Вместе с тем последующий режим, который овладевает при этом системой, может быть далек от равновесного или колебательного со строгим периодом и потому назван странным аттрактором (аттрактор – притягивающее множество фазового пространства). В литературе часто можно найти упоминание об аттракторе, описанном Э. Лоренцем и изображаемом разбегающимися фазовыми кривыми (рис. 2.9).

Такой процесс есть не что иное, как динамический хаос – непериодическое движение в детерминированной системе. Процесс перехода от устойчивого равновесия к странному аттрактору может иметь место как при жесткой, так и мягкой потере устойчивости, причем возникающий во втором случае цикл утрачивает устойчивость. Эти непе-

риодические колебания чувствительны к малому изменению начальных условий и, сохраняя устойчивость усредненных характеристик, отражают турбулентное поведение системы. Другими словами, такое течение процесса, в котором появляется множество вихрей различных размеров, вследствие чего их характеристики находятся под влиянием хаотических флуктуаций и потому изменчивы в пространстве и нерегулярны во времени.

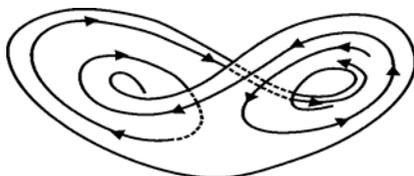


Рис. 2.9. Хаотический аттрактор Э. Лоренца

Подобное «сваливание» экономической системы в беспорядочный завихренный режим можно объяснить самоподдерживающимся разложением структуры ресурсов и возрастающей автономизацией ее процессов, что ведет к хаотизации поведения элементов системы и дезорганизует в целом ее работу. Аритмия ресурсных потоков (сырья, материалов, энергии, изделий, информации, финансов и др.) лихорадит производственные и управленческие операции, ухудшает их согласованность и парализует всю деятельность экономической системы. Срабатывающий прежде, теперь гомеостатический механизм предприятий уже не справляется с действием возмущений среды, и накал противоречий в нем лишает адаптационный потенциал предприятия способности локализовать очаги кризисных явлений. Опасность состоит в том, что в ситуации с уравниванием сильных антагонистов, гомеостат при неправильном регулировании (с запаздыванием) может потерять устойчивость, и тогда произойдет смещение гомеостатического равновесия. В результате турбулентного движения и распада ресурсов система может пойти «вразнос» и необратимо утратить управляемость и устойчивость своего поведения¹.

¹ Косвенным свидетельством этого является невиданный рост количества дел о банкротстве спустя уже первые годы после проведения «шоковой терапии». Если в 1993 г. таких дел было 100, в 1994 г. – 240, то в 1995 г. – 1108, а в 1996 г. – 2400. Спустя пять лет количество дел о банкротстве в арбитражных судах насчитывалось уже 42 208 и на 01.01.2003 г. достигло 84 614, причем 94,1 % из них находилось в конкурсном производстве, т.е. почти все предприятия признавались банкротами [49, с. 28; 50, с. 9]. Оставляя возможность передела собственности, ФЗ «О несостоятельности (банкротстве)» справедливо вызвал нарекания со стороны экономистов (см., например, [30]).

В этом смысле, учитывая, что внешняя среда, наряду с поставками ресурсов, несет и угрозы деятельности системы, появляется желание регулировать степень ее открытости по отношению к воздействиям окружения. Подвижный заслон от помех позволяет уберечь систему от разрушающего влияния негативных факторов внешней среды и избежать ее кризиса.

Возобладание общемировых интегрирующих тенденций и глобализация экономики побуждают взглянуть на этот процесс с позиций обеспечения безопасности хозяйственного комплекса страны и отраслей индустрии. Понятно, что речь идет не о том, чтобы «увернуться» от вызовов нового века и остаться вне растущей взаимозависимости национальных экономик, а о выгодном выстраивании межгосударственных отношений и развитии конкурентоспособности отечественной экономики, принимая во внимание неустойчивое изменение ее показателей¹.

Обстоятельство немаловажное, поскольку трансформационные преобразования российской экономики осуществляются на фоне ощутимых сдвигов в мировом экономическом пространстве и синхронное наложение этих тенденций способно инициировать резонирующий эффект с тяжелыми последствиями для нашей страны. При таком сценарии глобализация обернется для экономики России укоренением в ней пагубных процессов и отбросит ее еще дальше в разряд стран-аутсайдеров.

Подобная мрачная картина не выглядит столь уж фантастической в ожидании нелинейного характера причинно-следственных явлений: кардинальное изменение поведения системы становится возможным под воздействием небольших возмущений, о чем уже шел разговор выше. Ведь синергетика отводит роль «детонатора» крайне незначительным переменам, могущим тем не менее всколыхнуть мерное течение экономического процесса. Нечего и говорить, что исходящий из-за границы неконтролируемый поток проникающих помех способен надорвать и без того ослабленную шоковой терапией отечественную экономику.

В условиях однополюсного миропорядка возрастает риск перекоса в экономических отношениях, ведущего к неэквивалентному обмену ресурсами и усилению социального неравенства на планете. М.П. Демина замечает: нельзя не видеть, что в глобализирующейся экономике

¹ Вопрос о переходе к концепции «открытой экономики» – участия нашей экономики в системе международного разделения труда – обсуждался экономистами еще в дореформенный период [201].

одним из полноводных каналов обогащения ТНК развитых западных стран стало присвоение мировой ренты [85]. При этом природный фактор, несмотря на его значимость в межстрановых отношениях, является лишь одной из составляющих в формировании мировой ренты, тогда как в форме разновидности мировой квазиренты сегодня выступают интеллектуальная (интеллектуальные продукты: изобретения, научные, литературные и другие труды), технологическая (инновационная), организационно-хозяйственная (управленческая) и др.

Поиск равновесного положения «догоняющими» странами на фоне такой дисгармонии межгосударственных отношений встретит препятствие со стороны амбициозного транснационального капитала и охраняющего его интересы правительств. Противодействие таким устремлениям будет пронизывать все международные экономические процессы, что придаст им устойчиво неравновесный характер с возможностью опасных конфликтов.

Какие в связи с этим угрозы таит в себе глобализация для отечественного хозяйственного комплекса? Не исчерпывая всех потенциальных последствий, коснемся коротко о наиболее очевидных из них.

Во-первых, повышение цен на энергоносители на внутреннем рынке, диктуемое сложившимся их мировым уровнем, что обернется резким подорожанием продукции наших товаропроизводителей и усугубит их финансово-экономическое положение. Вполне уместно предположить утрачивание устойчивости деятельности российских промышленных предприятий и нарастание тенденции их банкротства.

Во-вторых, массовое «вторжение» импортных товаров (причем, не всегда лучшего качества, но по более низкой цене) потеснит продукцию наших предприятий на рынке, результатом чего станет угасание активности, а то и вырождение массы предприятий и отраслей индустрии.

В-третьих, усиление сырьевой ориентации хозяйственного комплекса, закрепляемого расширением внешней торговли природными ресурсами, а, стало быть, ослабление позиций обрабатывающих отраслей, уменьшение доли высоких технологий и выпускаемой на их основе продукции в экономике страны.

В-четвертых, потеря стимулов к внедрению инноваций и достижений НТП в производстве современной техники, что означает деградацию предприятий (в том числе ВПК) и их уход с рынка наукоемкой продукции.

И, в-пятых, снижение потребности в научных исследованиях и овладении знаниями и умениями в сфере высоких технологий, чреватого не только инженерно-техническим отставанием России от лидеров за-

падной экономики, но и сдерживанием интеллектуализации трудовых ресурсов страны.

Таким образом, скоропалительное и широкое встраивание в глобальную сеть мирохозяйственных связей может нанести урон экономической безопасности и подавить «точки роста» отечественной промышленности. Проблема гармонизации отношений между иностранными и нашими товаропроизводителями в отсутствие гомеостатического макроэкономического механизма их согласования вряд ли разрешима с достаточной надежностью. Теория систем и практика хозяйствования подсказывают, что сохранить конкурентные преимущества и защитить наших перспективных товаропроизводителей перед лицом угроз транснациональных компаний можно, благодаря взвешенной политике, комбинирующей государственную поддержку российских предприятий (протекционизм, госзаказы, таможенные пошлины, налоговые льготы, инвестиции и т.д.) и сотрудничество с зарубежными корпорациями, обладающими научно-инновационным потенциалом. Необходим количественный анализ выгод и угроз глобализации экономики России с учетом регулирующего воздействия на интеграционные процессы при различных сценарных условиях¹.

Но ускоренное продвижение вперед отечественной экономики, вбирающей в себя новейшие знания и генерирующей инновационную информацию, не оставит возможности в наше время обрести равновесное состояние в мировом пространстве, тем более обеспечить ему устойчивость. Здесь нелишне процитировать слова Н.Д. Кондратьева о том, что «конкретно данное хозяйство отдельных стран, не обнаруживающих очень бурных темпов развития, а, наоборот, развивающихся медленно, стоит к состоянию равновесия, как правило, ближе, чем народное хозяйство стран быстрого развития. Равным образом хозяйство каждой страны в одни периоды стоит к состоянию равновесия ближе, чем в другие» [121, с. 320]. Между тем синергетика постулирует неравновесное поведение системы как необходимое условие ее развития, которое то приближает систему к равновесию, то отдаляет от него, увлекая систему потоком нововведений к новым рубежам. Ввиду этого неравновесные состояния изменяющейся экономической системы становятся для нее более типичными, чем равновесные.

Вот почему насыщение хозяйственного комплекса страны наукоёмкой информацией и ее материализация в управленческой и произ-

¹ Сошлемся в этой связи на расчеты по методике Института народнохозяйственного прогнозирования РАН по оценке последствий вступления России в ВТО на уровне макропоказателей и секторов экономики [102].

водственной деятельности позволит (хотя бы отчасти) ослабить хаотические процессы в экономическом развитии страны и восполнить ее недостаток для придания квазиравновесного восходящего движения. В ином случае неравновесное поведение отечественной экономики может стать устойчивым, но не в связи с инновационным типом прогрессивной трансформации, а под влиянием доминирования деградиционных тенденций. И тогда по достижении точек бифуркации траектория движения нашего хозяйственного комплекса будет малопредсказуемой и определяться условиями протекания переходного процесса. Предотвращение подобного сценария хозяйственной динамики предполагает возрастание значения институциональных и инновационных факторов экономического развития, в том числе и на микроуровне. Благодаря им удастся минимизировать риски кризиса предприятий и укрепить их конкурентные позиции в глобализирующейся экономике.

В этом отношении представляется конструктивной разработка институциональных аспектов деятельности предприятий, связанных с анализом действия их когнитивных механизмов и обеспечивающих процесс восприятия и интерпретации поступающей извне информации. Накапливаемый информационный ресурс предприятия овеществляется в средствах производства в виде инноваций (изобретений, «ноу-хау» и т.п.), оседает в хранилищах и циркулирует по каналам передачи между подразделениями и персоналом. Когнитивные механизмы в структуре предприятия по концепции Г.Б. Клейнера создают базу знаний, сосредоточенную в организации, но распределенную между отдельными людьми, группами и коллективами [115]. Эти механизмы формируются под влиянием индивидуально-групповых особенностей мышления, культурной средой и системой институтов предприятия, накладывающих отпечаток на устойчивость его функционирования, которая определяется соотношением объемов возможностей и границ ответственности субъекта принятия и реализации решений. Чем сильнее перекос между ними, тем ниже устойчивость такой системы. Созревание корпоративной культуры предприятия находится в зависимости, с одной стороны, от его информационного ресурса, а с другой стороны, – от приобретенных навыков управления в экстремальных условиях.

В национальных инновационных системах роль информационного фактора становится особенно весомой, поскольку он не только задает вектор общественного развития, но и обуславливает темпы экономического роста страны. Несмотря на достаточную противоречивость влияния НТП на динамику макроэкономических показателей, по-видимому, эта проблематика имеет под собой трудности измерения стоимости информационного ресурса, эффекта научно-технических достижений,

вклада инноваций в решение социальных задач государства. Обсуждаемая концепция интегрирует в себе широкий спектр научных направлений, среди которых теория экономического развития Й. Шумпетера, концепция рассеянного знания Ф. Хайека, элементы институциональной экономики и др., и, что особенно ценно, увязывает свои теоретические представления с хозяйственной практикой передовых индустриальных держав. Поэтому заслуживает поддержки изучение отечественными и зарубежными аналитиками технологических и институциональных характеристик современных инновационных процессов, и публикуемые выводы исследований позволяют говорить об обосновании новой, инновационной парадигмы в экономической науке (см., например, [101]).

В свете развиваемой ныне эволюционной теории неравновесные состояния экономической системы, в определенной мере «чуждые» неоклассической ортодоксии, не только находят правдоподобное объяснение, но и дают ключ к пониманию тенденции смены технологий. Возрастающее давление инноваций на технологические процессы динамизируют деятельность предприятий, не оставляя им возможности поддерживать квазиравновесное положение с характерными для поведения системы ограниченными колебаниями вокруг него. Уход с равновесной траектории уже не рассматривается как огорчительная аномалия движения системы, а, напротив, есть следствие и причина технологического развития предприятия. Нарушение равновесия является следствием, потому что оно вызвано реакцией системы на инновационные возмущения, и причиной, поскольку вынуждает предприятия стремиться к поиску и освоению технологических новшеств для сохранения своих конкурентных позиций на рынке. В такой резко меняющейся ситуации руководство предприятий и не помышляет о балансировании равновесия спроса и предложения в отношении выпускаемой ими продукции, тем более, что обретение равновесия в сильно возмущенной среде весьма непросто.

Вместе с тем характер замещения устаревающей технологии более прогрессивной не может не испытывать влияние и спросовых факторов. Обращаясь к этому аспекту эволюционной теории, В.И. Маевский пишет: «Смена технологий представляет собой неравновесный процесс в том смысле, что потребности общества в старых технологиях с течением времени оказываются меньше, чем возможности их производства, а потребности в новых технологиях – больше. Именно это обстоятельство обуславливает образование прибыли от нововведений» [149, с. 6]. И, конечно, на фоне высокой неопределенности прогнозировать спрос на будущую продукцию довольно сложно, что и лишает возможности осуществлять предприятию равновесное движение.

Инновационная парадигма допускает и вывод о существенном влиянии на конкурентоспособность страны не только институциональных факторов технологического прогресса, но и глобализации научных исследований. Но, наряду с объективным процессом и очевидными преимуществами кооперации научных школ, нельзя забывать и о проводимой Западом политике поглощения реального конкурента или слияния с ним, что вряд ли способствует росту потенциала национальных инновационных систем. Кроме усиления воздействия ТНК на ход научных исследований, в стране базирования происходит неизбежная утечка информации, технологий и специалистов. Из-за этого возникают институциональные проблемы регулирования конкуренции и взаимоотношений стран, вовлеченных в процесс научно-образовательного обмена. Причем наиболее подвижным сектором глобальной экономики становится рынок информационных услуг и наукоемких производств.

В комплексе естественно-научных и общественных знаний выдвигаются и выверяются гипотезы о механизмах достижения и потери равновесия и устойчивости хозяйственных структур в масштабах страны и на микроуровне. Постигание противоречий окружающего нас мира обогащает воззрения о закономерностях поведения экономических систем и тем самым формируют современную эволюционную парадигму.

Основные выводы:

1. Среда трансформируемой экономики отличается бурными переходными процессами, вследствие чего неизбежно возникающие в ней колебания ресурсных поступлений не могут сглаживаться лишь стихийными рыночными регуляторами и требуют сопровождения превентивными мерами государственного управления. Одномерный (товарно-денежный) подход к разрешению противоречий монополизированной и централизованной российской экономики быстро показал свою иррациональность: промышленность «наполняют» не только финансовые, но и системообразующие с ними материально-технические, энергетические, трудовые, информационные и иные ресурсопотоки, перебои которых отозвались расстройством деятельности индустриальных предприятий и их массовым банкротством.

2. Спорадический характер движения ресурсов по плотной сети каналов и обусловленный этим их дисбаланс подорвали устойчивость продуктивной работы промышленных предприятий, лишь в последние годы преодолевших депрессивную динамику. Вывод их на траекторию ускоренного развития до сих пор сдерживается отсталостью материально-технической базы, дефицитом оборотных средств и других ре-

сурсов. Вместе с тем автором доказывается, что при адаптивном управлении деятельностью предприятия и необходимым ресурсном потенциале возможна нормализация структуры их пассивов, и этот процесс асимптотически устойчив в целом.

3. Информационное разряжение окружения предприятий в период базисных перестроек в экономике существенно затрудняет поиск равновесия в рыночной нише, лишает их возможности эффективного маневрирования и воспроизводства потребляемых ресурсов. В этой связи неотложной задачей становится наращивание информационного ресурса предприятий, подстегиваемое обострением конкуренции и инновационным развитием зарубежной и отечественной индустрии.

4. Эволюция производственных систем от неустойчивого равновесия к устойчивому неравновесию с позиций нелинейной динамики и синергетики протекает под воздействием хаотических процессов при снижении информационного содержания систем, что порождает бифуркации и вносит неопределенность в перспективы функционирования предприятий. Генерирование инноваций вызывает смену характера работы предприятий и неравновесный режим их поведения с примечательными синергетическими явлениями. Прибегая к трактовке процесса потери устойчивости состояния равновесия предприятий в рамках теории катастроф, можно провести углубленный анализ их эволюции в ходе кризисной деятельности.

5. Стремительное ускорение институциональных перемен и технологических инноваций создает стимулы и угрозы и тем самым служит причиной устойчивого неравновесия поведения производственных систем. На этом возмущенном фоне сохранение жизнеспособности российских предприятий зависит от освоения ими наукоемкой информации и диктуется соображениями обеспечения их конкурентных преимуществ при глобализации экономики и вступлении нашей страны в ВТО.

3. РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ ПОЗНАНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ В ПРОЦЕССЕ ИННОВАЦИОННОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ

3.1. Теоретико-методологическая аргументация исследования и поддержания устойчивости производственных систем в инновационной среде

Методологические проблемы обретения и поддержания устойчивости предприятий в инновационной среде правомерно становятся в последнее время предметом основательного обсуждения в научных и деловых кругах. Несмотря на относительную макроэкономическую стабильность, перспектива потерять устойчивость и оказаться на грани банкротства остается весьма реальной для многочисленных отечественных предприятий. Необходимость выживания в период институциональных и инновационных перестроек побуждает обратить внимание на подходы к анализу работы производственных систем предприятия и обеспечению их устойчивости.

Хорошо известно, что методология как воззрение о методах познания объектов и явлений создает базу исследования закономерностей и механизма функционирования предприятий. Предлагаемые методологией приемы изучения производственных систем намечают подходы к осмыслению происхождения и характера кризисного состояния предприятия и нарушения устойчивости его деятельности.

Аргументированное обоснование процессов возникновения, углубления и разрешения кризиса дает диалектика, обязывающая видеть функционирование предприятия в непрерывно меняющемся и противоречивом единстве его аспектов и прежде всего логическом и историческом. Ввиду этого в фокусе исследования структура производственной системы и ее динамичность, специфика и взаимозависимость протекания аномальных явлений на предприятии. Логика и историзм пронизывают и смыкают этапы работы аналитика: поиск, выявление, объяснение и предупреждение кризиса на предприятии.

Законы диалектики позволяют раскрыть их суть и обнаружить источник зарождения и движущие силы нарастания и компенсации негативных явлений. Вместе с тем диалектика дает возможность за внешней формой кризиса распознать внутренние дестабилизаторы поведения предприятия и развивать принципы управления его устойчивостью.

Универсальные законы и принципы диалектики преломляются в концепциях теории систем и экономической кибернетики. Первая дает общее представление о системе как таковой, ее структуре, функциях и закономерностях поведения. Вторая – о функционировании системы, с точки зрения управления, т.е. целенаправленного воздействия на нее для обеспечения требуемого движения системы в окружающем ее пространстве. В синтезе этих научных направлений и формируются подходы, среди которых методологическое значение для познания и обеспечения устойчивости производственных систем предприятия имеют следующие:

1. Гооатазис и адаптация систем к условиям внешней среды, задающие правила поведения предприятия с целью сохранения его устойчивости.

Открытое для внешних помех предприятие реагирует на них изменением структуры и эффективности использования располагаемых ресурсов. Благодаря этому оно стремится приспособить потоки ресурсов к состоянию среды и удержать колебания их уровня в допустимых границах. В противном случае неизбежны столь же резкие перепады в величине запасов ресурсов предприятия и ослабление устойчивости его функционирования.

Адаптация предприятия к среде реализуется посредством накопления и применения информации для последующего достижения желаемого поведения предприятия в возмущенном окружении. Отсюда управление устойчивостью предприятия призвано опираться на мониторинг среды и по собранной информации выполнять обработку, тенденциальный анализ и прогнозирование показателей. Функциональная сложность этой задачи предполагает привлечение современных информационных подходов и компьютерных технологий.

2. Макро- и микроподходы к исследованию систем, позволяющие охарактеризовать взаимодействие предприятия с внешней средой и элементов внутри его.

Маневрирование предприятия в подвижной среде направлено на погашение запредельной динамики объемов внутренних ресурсов и улучшение их структуры. Сохранение нормального снабжения ресурсами и их сбалансированность служат предпосылкой защищенности предприятия от превратностей рыночных колебаний и банкротства. Для осуществления своей деятельности оно ведет обмен с внешней средой материально-техническими, энергетическими, трудовыми, информационными, финансовыми и другими ресурсами и ориентировано на обеспечение достаточной интенсивности их потоков. Как следствие, управление устойчивостью производственных систем, во-первых,

оценивает режим движения входных и выходных потоков ресурсов и объем их запаса на предприятии и, во-вторых, держит в поле зрения поведение всех производственных систем от рабочего места до предприятия.

3. Эмерджентность систем и вытекающие из нее целостность и множественность аспектов и факторов их функционирования.

Органическое дополнение ресурсов друг друга и их взаимообусловленность составляют базис производственной системы и в комплексе задают траекторию изменения ее параметров. Ввиду этого финансы не исчерпывают всего многообразия ресурсообеспечения предприятия, хотя и являются наиболее универсальным средством пополнения его резервов. Вот почему есть смысл устойчивости предприятия понимать как интегративное свойство его деятельности, определяемое структурой и экономичностью располагаемых ресурсов. При этом сама организация зависит от институциональных и инновационных возмущений среды и признается жизнеспособной, если благоприятствует прогрессивному развитию системы.

Тем самым управление устойчивостью производственных систем нельзя рассматривать с узких позиций, полагая возможным ограничиться мониторингом лишь одной группы, например, финансовых индикаторов (платежеспособности, ликвидности и др.). Целесообразно заложить в мониторинг полиаспектный анализ показателей, разумеется, предварительно обосновав их роль, допуск (пороговые уровни, нормативы) и освободив от избыточности.

4. Самоорганизация, обобщающая действие в системе двух противоположных тенденций – энтропийной (возрастания хаоса) и обратной, т.е. неэнтропийной (повышения порядка).

В ходе своего функционирования предприятию приходится преодолевать «напор» внешних и внутренних возмущений, вызывающих расстройство производственного процесса и ухудшение его параметров. Для погашения этих помех предприятие мобилизует свои ресурсы, рационализируя их структуру и повышая отдачу ресурсов. С подобным маневрированием ими появляется надежда на предотвращение истощения ресурсов и нарастания хаоса в деятельности предприятия.

Залогом инновационной модернизации производственной системы становится насыщение ее полезной информацией, что ведет к снижению энтропии и помогает накоплению опыта и «самообучению» системы. Поэтому самоорганизация предприятия позволяет поддерживать на приемлемом уровне потенциал своих ресурсов и устойчивость в подвижной среде. А технология управления устойчивостью предприятия должна предусматривать оценку и изучение информации о пре-

дыстории кризиса, процедурах разработки и последствиях реализации превентивных решений.

5. Энтропийный подход к информационному содержанию системы, вводящий зависимость между энтропией и количеством информации в производственной системе, а также эффектом ее функционирования.

Поскольку использование инноваций в системе направлено на упорядочение ее деятельности, ввод полезной информации в систему способен снизить неопределенность в ее поведении и ослабить существующий в ней хаос. Чем больше накапливается этой информации в системе, тем больше слаженности в ее работе и меньше потерь материально-технических, энергетических, трудовых, финансовых и других ресурсов. Вывод ясен: количество полезной информации в производственной системе определяет степень организованности и эффективности ее деятельности (по В.А. Трапезникову [268]). Для этого управление устойчивостью предприятия должно обеспечить прием, хранение, обработку и передачу отчетной и директивной информации достаточного объема и в реальном масштабе времени, чтобы избежать утративания управляемости предприятия.

6. Синергетическое представление о поведении физических, химических, биологических, экономических систем, благодаря чему удается осмыслить нелинейную динамику их функционирования и последовательность устойчивых и неустойчивых состояний производственных систем.

Выражая специфическое поведение открытых систем при потоковом обмене со своим окружением, синергетика и теория катастроф приходят на помощь в объяснении внезапных и молниеносных перемен в деятельности производственных систем под влиянием внешних возмущений. В ее интерпретации состояниям таких систем больше свойственны неравновесие и неустойчивость, нежели традиционно связываемые с ними равновесие и устойчивость. При учете классических (механических, термодинамических и др.) взглядов о поведении систем современная аналитика обогащается синергетическими постулатами о том, как в результате согласованного действия структурных элементов системы уменьшается энтропия и повышается ее упорядоченность. Вместе с тем изменяется не только структура и организация, но и информационное содержание систем. Так находит правдоподобное толкование «парадоксальное» движение системы, сочетающее в себе неустойчивое равновесие и устойчивое неравновесие, череду медленных и быстрых, плавных и скачкообразных фаз в комбинации состояний производственных систем.

7. Принцип дополнительности Н. Бора, который, исходя из закономерностей микромира, констатирует неизбежность привлечения различных описательных средств для объективизации понимания природы протекающих процессов.

Выдвинутый физиками–теоретиками, занимавшимися изучением квантовой механики и сформулированный Н. Бором, принцип дополнительности приобрел мировоззренческое значение. Суть его заключается в том, что полнота исследования некоторого явления не отвергает, а, наоборот, предполагает использование «взаимоисключающих» (по первому впечатлению) подходов, раскрывающих характер этого явления. Подобная противоречивость описательных средств на самом деле способствует глубокому проникновению в природу сложного явления и дополняет их, чем и обеспечивается более достоверное знание его. Для наших целей принцип дополнительности важен тем, что обосновывает применение не только энтропийной (статистической), но и детерминированной (нестатистической) меры организованности и информационного содержания производственной системы.

8. Закон необходимого и достаточного разнообразия состояний системы, который предлагает меру сложности ее функционирования, предпосылку устойчивости и критерий соответствия управленческих решений характеру деятельности производственной системы.

Изменчивость внешнего окружения порождает обилие состояний системы, которые отличаются неординарностью и спорадичностью. Интенсифицируемые влиянием среды, они вынуждают предприятие адаптироваться к их разнообразию и тем отвести угрозу устойчивости своего поведения. При таком подходе навязываемое средой количество разнообразия внутренних состояний становится мерой сложности функционирования предприятия и граничным условием, соблюдение которого предохраняет его параметры от нежелательной динамики.

Понятно, что адекватность управленческих решений реальной деятельности предприятия требует, чтобы средства их поиска обладали резервами «освоения» нарастающего разнообразия состояний. Иначе принимаемые решения будут страдать слабой разработанностью и могут ухудшить устойчивость производственной системы. В силу этого управление ею должно быть оснащено необходимым кадровым, информационным, алгоритмическим, программным, техническим обеспечением.

Но не следует забывать и о том, что чрезмерное резервирование возможных состояний системы может быть экономически не оправданным, с точки зрения избыточности добавляемых ресурсов. В этом находит применение принцип сложности: целесообразность обеспече-

ния качества управления при минимальной сложности проектируемой системы, и потому разнообразие состояний системы должно быть взвешенным, т.е. необходимым и достаточным.

9. Экономико-математическое моделирование как метод описания и исследования взаимосвязей системы и процесса ее функционирования.

Назначение формализованных моделей в настоящей задаче состоит в изучении свойства устойчивости предприятия и определении ее «запаса» в зависимости от внутренних и внешних факторов. В частности, предупреждению кризиса предприятия отвечает выяснение его динамических свойств при влиянии ценового, налогового и других параметров и ограничений, накладываемых структурой и отдачей накопленных ресурсов. Специального внимания заслуживают момент, глубина и плавность картины срыва устойчивости на возмущенном фоне, а также условия ее восстановления.

Очевидно, выступая прикладным инструментом системного анализа устойчивости, моделирование вместе с тем является и средством его апробации в работе специалистов. Поэтому управление устойчивостью опирается на адаптивные информационные технологии, позволяющие проводить компьютерные эксперименты и «проигрывать» различные сценарии поведения предприятия под воздействием тех или иных факторов.

10. Факторный анализ поведения системы для формализации и оценки степени влияния ситуативных факторов на ее устойчивость.

Целостность хозяйственной деятельности предприятия проявляет себя в системной взаимосвязи и обусловленности ее факторов. Изучение зависимости между ними может быть выполнено с помощью известного метода факторного анализа, который раскрывает причины и динамику изменения обобщающих экономических показателей. Тем самым в ходе управления устойчивостью удастся оценить меру воздействия на нее учитываемых факторов и полнее провести ее диагностику, благодаря чему извлечь новые знания о природе и характере кризиса и предложить меры по его обузданию.

11. Принцип несовместимости Л. Заде, утверждающий, что с нарастанием сложности системы точность и практический смысл заключений о ее поведении становятся почти исключаящими друг друга характеристиками.

Стремление к точному количественному анализу функционирования производственной системы обычно сопряжено со значительными затратами ресурсов. Однако столь высокая «плата» за скрупулезные расчеты при этом не всегда окупается достигаемой выгодой. Часто бывает вполне удовлетворительной и приближенная оценка состояния системы, тем

более, что мозгу человека свойственно оперирование качественными категориями, отличающимися от количественных данных размытостью градаций. Вот почему Л. Заде формулирует аксиому: «Чем сложнее система, тем менее мы способны дать точные и в то же время имеющие практическое значение суждения о ее поведении» [96, с. 7]. Нечеткость нашего мышления побуждает использовать при обосновании управленческих решений эвристические методы, обладающие приемами учета знаний и навыков специалистов. В результате удастся исследовать поведение производственной системы, перед сложностью которых традиционные математические приемы отступают.

12. Теория нечетких множеств, математический аппарат которых позволяет вводить и обрабатывать эвристическую информацию в системах поддержки принятия управленческих решений.

Поиск управленческих решений в малопредсказуемой среде проводится в условиях неполноты информации. Порой она настолько велика, что нахождение и осмысление в такой ситуации нестандартных решений вынуждают специалистов чаще полагаться на собственный опыт и интуицию, нежели на жесткие экономико-математические модели. К настоящему времени создан и применяется аппарат теории нечетких множеств для придания моделям присущей нашему рассудку способности к восприятию эвристической информации и оперированию ею. Разработка концепции управления устойчивостью производственных систем с использованием подобных методов «интеллектуализирует» процесс поиска и выбора решений, повышает их информативность и возможность осуществимости на практике.

Вполне очевидно, что рассмотренные выше логические аспекты проблемы имеют и историческое измерение: протекающие на предприятии процессы характеризуются своей хронологией, ввиду чего они проходят последовательный ряд этапов и характеризуются значениями показателей деятельности предприятия. Обработка их динамического ряда приводит к выявлению тенденции поведения предприятия, анализ которой и дает ответ на вопросы о том, какова продолжительность и интенсивность наблюдаемых процессов, а, стало быть, степень управляемости и устойчивости предприятия.

Своевременное отслеживание и коррекция траектории движения предприятия актуализирует задачу развития информационной технологии мониторинга поведения производственных систем. Направленный на раннее обнаружение и предупреждение негативных процессов на предприятии, он служит инструментом исследования динамики показателей его производственных систем и удержания их значений в допустимых пределах. Отсюда появляется возможность управлять устой-

чивостью поведения предприятия, вопреки действию возмущающих факторов внешней и внутренней среды.

Для расширения функций мониторинга целесообразно в рамках его информационной технологии проводить не только тенденциальный анализ деятельности предприятия, но и вместе с ним поиск и совершенствование принимаемых решений. Такая смычка анализа и разработки решений продиктована не только сущностью процесса управления и информационной общностью их, но и предпочтительна с точки зрения выверки потенциальных решений и преимуществ совместного выполнения этих функций. С применением систем поддержки принятия управленческих решений, построенных на базе интерактивных программных комплексов и методов теории нечетких множеств, удастся увязать формальный и неформальный аспекты управления, проводя в диалоге с компьютером обмен числовой и трудно определяемой эвристической информацией.

Некоторые из этих методологических подходов в той или иной мере затрагивались выше при обсуждении природы равновесия и устойчивости в экономике, другие подходы (прежде всего прикладного характера) найдут применение при последующем изложении материала. В современной институциональной и инновационной среде они прокладывают пути исследования и сохранения устойчивости предприятия, обеспечивая управление ею научной стройностью и конструктивностью.

Оговорив методологическую аргументацию проводимого исследования, приступим теперь к анализу и осмыслению эволюции производственных систем в историко-логическом ракурсе, без чего наше продвижение от истоков теории экономического равновесия к средствам обеспечения устойчивости этих систем потеряет связующую нить закономерных преобразований в них.

3.2. Логика прогресса производственных систем и организационно-управленческой поддержки их устойчивости

Активный поиск методов и средств адаптации предприятий к трансформируемой экономической среде становится предпосылкой нейтрализации поразивших их деградиционных процессов и воспроизводства ресурсов в конкурентном окружении. Благодаря этому произойдет взаимообогащение теоретических представлений и практических приемов достижения устойчивой деятельности предприятий в переживаемый ныне период освоения рыночных принципов хозяйствования.

Несмотря на специфику, подобного рода задачи следует рассматривать не особняком от тенденции смены форм производства, а в ходе процесса структурных преобразований производственных систем под воздействием общественных условий. Речь идет, прежде всего, о выяснении содержания, роли и взаимосвязи элементов производственных систем, которые со временем претерпевают модернизацию с целью удовлетворения спросовым параметрам и адаптации к внешним и внутренним факторам.

Не приходится сомневаться в том, что настоящая проблема многогранна и трудна. Вот почему, не претендуя на попытку развернутого и глубокого анализа, автор ограничился схематичным обсуждением эволюции производственных систем под углом зрения организационно-управленческой поддержки адаптационных свойств предприятия. Разумеется, и эта задача носит масштабный характер, однако, такое сужение предмета анализа все же оставляет больше возможностей для описания сущности явления, по крайней мере, в его общих исторических и логических чертах [225; 319].

Осмысление эволюции содержания и форм труда убедительно подтверждает, что отношение между его элементами складывалось не спонтанно, а отражало естественно-историческую тенденцию усложнения факторов и структуры трудовой деятельности. Вместе с ними прогрессировало и организационно-управленческое обеспечение труда, которое имело прямое влияние на адаптивность и устойчивость производственных систем. При этом определяющее значение информационного ресурса в создании и развитии производственной системы привлекает внимание к его роли в закономерном преобразовании этой системы.

Отсчет поведем от первобытного общества, когда руки древнего человека взяли предметы природы, чтобы с их помощью воздействовать на окружающий мир и лучше приспособиться к его условиям. Действительно, в эту пору человек в силу несовершенства своих орудий труда мог лишь брать у природы готовые предметы и присваивать их себе. Изготовлению подлежали только простейшие орудия: дубины, копья, каменный топор и т.п. Понятно, что доля непосредственного труда в этом процессе была довольно мала и говорить о сколько-нибудь значительном многообразии производимых изделий нет оснований. При этом и информационное содержание индивидуального труда было мизерным, что соответствовало узкому кругозору и примитивным навыкам наших предков.

Начальное овладение производством средств существования, согласно исследованию Л. Моргана, совпало (по его периодизации) со стадией перехода от дикости к варварству, когда, наряду с ручным тка-

чеством из древесных волокон и плетением корзин, зарождалось гончарное дело. Индейцы, находившиеся на средней ступени варварства, уже изготавливали гончарную посуду различного вида и в большом количестве. Труд человека преодолел неразвитость инстинктивных форм и занял подобающее ему место в ряду с орудиями и предметами труда. Конечно, об адаптивности индивидуального труда можно судить лишь постольку, поскольку он отвечал житейским потребностям людей того времени. Да и информационное насыщение такого труда оставалось весьма низким, о чем свидетельствуют незамысловатые по конструкции применяемые орудия и изготавливаемые продукты.

С разделением общественного труда произошло выделение одного из его элементов как господствующего: слабое развитие производительных сил обусловило превосходство непосредственного труда над средствами производства. Более искусные, чем прежде, орудия труда давали больше изделий. Так в Киевской Руси (XI–XII века) получила распространение специализация обработки железа, а к XV–XVI векам относится появление первых рудных и металлургических предприятий. Между тем доминирующее положение непосредственного труда сохранялось вплоть до становления крупной промышленности.

По-видимому, уже в этот период производственный процесс стал испытывать влияние нарастающего спроса, и часто потребности превышали возможности мастерских. Противоречие между ними явилось причиной изменения содержания процесса изготовления продуктов труда. Работа на массового покупателя диктовала необходимость объединения труда ремесленников, а значит, и его разумного сочетания.

Эпоха ремесленного производства своеобразна тем, что у мастерских вошло в практику взаимодействие с рынком. Устойчивая работа мастерских требовала знания запросов потребителей и оттачивания средств и форм труда. Энергичнее протекало информационное наполнение ремесленного труда и закрепление положительного опыта работы. Однако до тех пор, пока адаптационные свойства мастерских не исчерпали себя и устойчивость их деятельности не оказалась под очередной угрозой; форма распространенного тогда труда переставала отвечать спросовым тенденциям и нуждалась в радикальной перестройке.

Простая капиталистическая кооперация явилась результатом обобществления труда и концентрации средств производства. Она ознаменовалась переходом от индивидуального труда к совместному труду многих производителей в рамках одного предприятия. Тем самым складывался и получил развитие коллективный труд, который, наряду с организацией, предполагает и планирование работы: по К. Марксу для наемных рабочих «связь их работ противостоит им иде-

ально как план» [157, с. 343]. В итоге производственные связи соединили труд всех работников, и постепенно созрели условия для разделения труда внутри предприятия и применения машин.

Техническое переоснащение производства побуждало изобретать и внедрять более совершенные орудия, в результате чего их конструкции отличались от прежних повышенной сложностью и производительностью. Умелое же использование законов математики, механики, электротехники и других научных областей предопределяло необходимость накопления знаний и использования их при разработке орудий труда, что означало материализацию полезной информации в технике и технологии производства. Показательно, что уже Дж. Милль среди видов труда выделял труд изобретателей промышленных процессов. Как составная часть производительного труда, «труд ученого или мыслителя–теоретика в такой же мере представляет собой элемент производства в самом узком смысле слова, как и труд изобретателя технического новшества; многие такие изобретения оказались прямым следствием теоретических открытий, а всякое расширение знаний о силах природы ведет к их применению в практических целях» [165, с. 132]. Благодаря этому расширялись его потенциальные адаптационные возможности, способность реагировать на «сигналы» рынка и возрастала устойчивость к изменению покупательских предпочтений.

Потребность в различных продуктах в большом количестве вызвала перемены в производстве и привела к появлению мануфактур. Разделение труда охватило весь процесс производства: каждая операция выделилась, обособилась, стала функцией отдельного рабочего. «Но при той организации, которую имеет теперь это производство, оно само в целом не только представляет собою особую профессию, но и подразделяется на ряд специальностей, из которых каждая, в свою очередь, является отдельным специальным занятием», – писал в своем основополагающем произведении «Исследование о природе и причинах богатства народов» А. Смит [244, с. 84].

Расщепление же производства на операции сделало необходимым обеспечение их комбинирования в производственном процессе. Сначала стихийно, а затем осознанно и целенаправленно выстраивалась организация общественного труда. В ходе ее информация вводилась в саму организацию производства, накапливалась в структуре предприятий, укрепляя как взаимосвязи между работниками, так и устойчивость их деятельности.

Кооперативный характер труда подвел к тому, что все элементы труда стали упорядочиваться и образовали цепочку фаз производства. В полотняной мануфактуре России первой четверти XVIII века уже

находим отдельные места для прядения, ткачества и «беления полотен». На самой же мануфактуре, имевшей 150 ткацких станков, изготавливались многообразные полотняные изделия.

С использованием машин производство стало естественным образом распадаться на отдельные фазы, и все частичные процессы обрели внутреннюю связность. Если в мануфактуре налицо изолирование отдельных процессов, то на машинной фабрике соединение их. При этом заслуживает внимания то обстоятельство, что в ходе эволюции производственной системы непосредственный труд уступил место машинным средствам труда.

В России вытеснение ручного труда машинным пришлось на середину 30-х годов XIX века. Уже в начале этого столетия в Петербурге в хлопчатобумажной промышленности был применен первый паровой двигатель. На Александровской полотняной мануфактуре устанавливались льнопрядильные машины, а в 1826 г. вводятся первые прокатные станы для выделки железа.

Примечателен характер смены непосредственного труда как господствующего фактора машинным. Подчинив себе непосредственный труд рабочего, машинная индустрия вовсе не отказалась от поиска формы рационального сочетания частичных процессов во времени и в пространстве. Напротив, революционизируя все общественное производство, оно не смогло бы существовать без адекватной формы организации расчлененного производства. Закономерный характер его развития проявил себя в диалектическом отрицании непосредственного труда отдельного рабочего и в то же время возрождении его на качественно новой ступени как организации производственного процесса в целом. Подобного рода преобразования подметил А.А. Богданов, когда раскрывал своеобразную двойственность системного расхождения. С одной стороны, развитие протекает в направлении ко все большей устойчивости форм через дополнительные связи, а с другой стороны, – к их последующему разложению через накапливающиеся противоречия.

Между тем машины и механизмы составили базис крупной промышленности и привели к дальнейшему уменьшению величины непосредственного труда в процессе производства. История повторилась вновь (вспомним ничтожную долю этого труда в первобытном обществе), но теперь непосредственный труд стал по своему содержанию принципиально иным: более сложным и интеллектуальным. Ведь отныне частичные процессы сплетались и комплексировались в общую производственную деятельность, ввиду чего стало необходимым обеспечение упорядоченности и слаженности сочетаемых процессов. Образующаяся в ходе этого системность производства поддерживалась как на-

ращиванием умственного труда и управленческих функций, так и притоком информации в технологию изготовления изделий. По А. Маршаллу, экономия зависела не только от развития производства, но и от ресурсов отдельных занятых в нем предприятий, их организации и эффективности управления ими.

Координация действий работников была бы невозможной без выполнения прогнозирования, планирования, учета, контроля, анализа и регулирования производства, а последние – без сбора и фиксирования информации на предприятии, ее передачи, обработки и хранения. В результате производственная деятельность нуждалась в притоке информации в организационно-управленческую структуру предприятия, что накапливало знания и опыт его работников.

В организации производства формировались пропорции между элементами труда и как следствие увеличивалась его производительность. Поэтому системное построение производственного процесса давало выигрыш в количестве изготавливаемой продукции и экономичности производства, поскольку имело преимущество перед индивидуальной и раздельной формами труда. Достижимое этим наращивание выпуска продукции улучшало адаптационные возможности предприятия и тем самым создавало условия для его устойчивой работы.

Массовое производство еще больше «кристаллизовало» эти пропорции, поставив изготовление продуктов труда на непрерывной поток. Уже в годы первой пятилетки в нашей стране плановая деятельность, наряду с экономическими расчетами и проверкой равномерности загрузки оборудования, включала разработку регламента календарного движения изделий. На предприятиях шаг за шагом осваивали и смыкали экономический (экономическое обоснование плана), организационный (задание порядка движения заготовок, деталей, узлов и др.) и плановый (составление промфинплана) аспекты производственного процесса. Однако до сращивания этих видов деятельности было еще достаточно далеко, поскольку на предприятиях в то время преобладала поточная форма: заводы массового производства дали в 1932 г. 48,6% всей продукции, а с предприятиями крупносерийного производства – 74,4% [53, с. 177]. Изготовление однородной продукции в большом количестве на специализированном оборудовании в определенной мере упрощало работу предприятия и потому допускало размежевание и относительную самостоятельность организационной, плановой и экономической сфер производства.

С информационной точки зрения, поступательное движение индустрии сопровождалось усиленной интеллектуализацией конструкторов, технологов, управленцев, экономистов, участвовавших в проектирова-

нии предприятий и технологических процессов и инициировавших научно-технический прогресс отраслей народного хозяйства. Управление предприятием становилось по плечу высококвалифицированным кадрам, обладающим профессиональными знаниями и организаторским талантом. Убедительной тенденцией этого процесса явилось впечатляющее повышение образовательного уровня работников: численность выпускников вузов в народном хозяйстве в СССР возросла со 136 тыс. чел. в 1913 г. до 233 тыс. чел. в 1928 г. и 909 тыс. чел. на начало 1941 г. [178, с. 39].

Оснащение предприятий подверглось коренным изменениям и в материальной базе производства. Преимущественное развитие среди отраслей промышленности получили, в частности, машиностроение и металлообработка, обеспечившие техническое перевооружение народного хозяйства.

Наряду с этим, подетально-пооперационная технология массового машиностроительного производства требовала привлечения нарастающего объема подробной информации на стадиях разработки конструкторско-технологической документации и внедрения новых изделий в производство. Снабженческо-сбытовые службы, благодаря информационному обмену, поддерживали сеть ресурсных коммуникаций между предприятиями – партнерами, а планово-экономический и производственно-диспетчерский отделы аккумулировали и обрабатывали множество сведений о ходе производства для его анализа и регулирования. Насыщение информационного ресурса расширяло диапазон реакций предприятия на возникающие сбои в ходе производства и развивало его адаптивные качества.

Вторая половина прошлого века была отмечена высокими темпами обновления продукции, диверсификацией ее номенклатуры и дальнейшим повышением сложности конструкций изделий. Наиболее конкурентоспособными видами продукции стали наукоемкие изделия, изготовленные на базе высоких технологий и заключающие в себе конструкторские нововведения. Так в восьмидесятых годах заметно росло производство вычислительных и управляющих комплексов (с 5,4 тыс. шт. в 1980 г. до 16,2 тыс. шт. в 1986 г. и в конце 1986 г. в индустрии насчитывалось более 170 тыс. единиц оборудования с программным управлением [178, с. 74, 87]). Было признано, что «новая техника, возникающая на основе появляющихся научных идей и технических достижений, обеспечивает в современном производстве до 90% и более ежегодного прироста производительности труда» [14, с. 3].

Вместе с тем осуществлялось интенсивное оснащение производственных систем промышленными роботами (выпуск их вырос с

1,4 тыс. шт. в 1980 г. до 15,4 тыс. шт. в 1986 г.) и гибкими производственными модулями технологического назначения: в 1986 г. их выпуск достиг 4,9 тыс. шт. На начало 1987 г. в народном хозяйстве СССР функционировало уже около 1800 систем автоматизированного проектирования. Число научно-производственных объединений в промышленности с 1973 г. по 1986 г. увеличилось более, чем в 4 раза (с 80 до 336). При этом число внедренных автоматизированных систем управления и обработки информации нарастало от пятилетки к пятилетке: 2309 (1971–1975 гг.), 2374 (1976–1980 гг.), 3565 (1981–1985 гг.) [178, с. 74, 86].

Масштабная по размаху и глубине тенденция обновления продукции вызвала перевооружение технической базы производства. Переход машиностроения от автоматизации отдельных элементов производства к созданию гибких производственных систем (ГПС) поставило экономистов перед необходимостью обоснования эффективности их варианта, что включало совокупность организационно-технических и планово-экономических решений. Назревала задача обеспечить соединение наиболее экономической формы связей плана и задач производства с его производственной структурой, т.к. организационные и технические параметры определяют конечный успех ГПС в сочетании с высокой производительностью и эффективностью производства.

Было ясно, что непосредственный труд лишился своего прежнего содержания и как таковой вытесняется из процесса производства. Теперь он становился преимущественно обслуживающим (наладка и ремонт оборудования) и интеллектуальным, уходящим в область проектирования технологии и разработки систем управления производством.

Кроме того, турбулентность экономической ситуации актуализирует проблему модернизации управленческой деятельности, ее ответа на неожиданные и сильные помехи устойчивому поведению производственных систем. По данным официальной статистики, 59,1% общего числа организаций страны в 2004 г. применяли специальные программные средства для решения организационных, управленческих и экономических задач. Всего в организациях в том году насчитывалось 4558,3 тыс. шт. персональных компьютеров или 20 ПЭВМ на 100 чел. работников [226, с. 524, 526]. Из обследованных в 2005 г. предприятий обрабатывающих производств 92,0% использовали ПЭВМ и 71,0% глобальные сети (рассчитано по [227, с. 285]).

Наряду с этим, можно констатировать следующее: если в первой трети истекшего века производство допускало возможность относительно автономного ведения организационной, плановой и экономической деятельности на предприятии, то ныне тенденция развития индустрии

стрии привела к интеграции их, и движущим мотивом этой трансформации является непрерывный рост разнообразия состояний производственных систем. Ведь в настоящее время изделия серийного, мелкосерийного и индивидуального характера занимают уже не менее 75–80% всей выпускаемой продукции.

Тем самым краткий исторический и логический анализ показывает, что экономическая трансформация условий хозяйствования сопровождается преобразованием структуры производственных систем и их организационно-управленческого обеспечения. Эволюция этих систем находит выражение в закономерности их усложнения и информационного насыщения, благодаря чему происходит развитие свойств адаптивности и устойчивости деятельности предприятий. Конечно, представленный обзор основных черт эволюции производственных систем нуждается в углубленном исследовании с позиций не только экономической теории, но и организационной, управленческой и информационной парадигм. В их взаимосвязи раскрывается характер доминирующих закономерностей и получает обоснование инновационное направление модернизации производственных систем.

3.3. Информационный и инновационный ресурсы адаптивного поведения производственных систем

Современная экономика знаний формируется на фоне ускорения инновационных процессов и широкого освоения наукоемких технологий в промышленном производстве. Изобретения, ноу-хау и другие конструкторско-технологические нововведения ныне не только определяют «лицо» изготавливаемой продукции, но и с наращиванием информационного и инновационного ресурсов предприятий повышают устойчивость их деятельности в возмущенной конкурентной среде. По оценке С.Ю. Глазьева, сегодня до 95% прироста валового внутреннего продукта развитых стран обязано научно-техническому прогрессу [221, с. 7]. Но если до 1990 г. вклад НТП в экономический рост нашей страны составлял 70–80%, то теперь, по его мнению, лишь 5–10%. Отсутствие механизма поддержки инноваций¹ свело к минимуму внедрение их в практике отечественной индустрии.

¹ Вполне логично поэтому рассмотрение экономистами вопросов сущности и эффективности инновационных и инвестиционных процессов в синтезе [175; 328]. Один лишь штрих: в Федеральном бюджете США 2007 г. на работы, выполняемые в рамках «Национальной нанотехнологической инициативы», было выделено около 1,3 млрд дол. (Ж.И. Алферов [8, с. 13]).

Об отставании России от ведущих стран мира по выданным патентам, экспорту высоких технологий, расходам на НИОКР и занятым в НИОКР работникам свидетельствуют данные табл. 3.1 [154].

Таблица 3.1

Показатели НИОКР в отдельных странах мира

Страна	Патенты, выданные собственным гражданам (на 1 млн чел.)	Экспорт высоких технологий, в % от экспорта промышленных товаров	Расходы на НИОКР, в % от ВВП	Работники, занятые в НИОКР (на 1 млн чел.)
Япония	852	24	3,1	5085
США	302	32	2,7	4526
Республика Корея	633	33	2,5	2979
Швеция	317	22	4,3	5171
Германия	274	17	2,5	3229
Россия	105	9	1,2	3415

По созданным принципиально новым передовым технологиям показатели нашей страны ниже, чем у Японии и Республики Корея, соответственно в 6 и 8 раз. До сих пор сохраняется низкий удельный вес инновационно-активных промышленных предприятий в российской экономике: 9,8% (2002 г.), 10,3% (2003 г.), 10,5% (2004 г.), 9,3% (2005 г.). При этом доля затрат на технологические инновации в объеме отгруженной продукции промышленных предприятий составила 1,5% в 2004 г. и 1,2% в 2005 г. [226, с. 598, 599; 227, с. 339].

Злободневным и сегодня остается быстрый переход к экономике инновационного типа и, в частности, перерастание инновационно-технологических центров в инновационно-промышленные комплексы и реализация стратегических разработок через федеральные центры науки и высоких технологий для завоевания сегментов рынка высокотехнологичной продукции [113]. Наше научное сообщество единодушно в том, что приоритетными задачами ныне становятся создание благоприятных условий для превращения знаний и высоких технологий в императивный фактор производства¹ [77; 152; 184 и др.], реформирование производственных систем [270] и в интенсификации инновационных процессов государственному управлению принадлежит стратегическая роль [128; 262]. Объем федеральных целевых программ в об-

¹ И. Прангшвили приводит оценку эффективности интеллектуального капитала: капиталовложения в науку и образование дают до 40% роста ВВП, и отдача через 5–7 лет намного выше, чем от вложений в нефть и газ [213, с. 92].

ласти науки и инноваций в 2008 г. составит более 33 млрд р. и на исследования и разработки в области нанотехнологий с учетом федеральных целевых программ планируется направить 180 млрд р. [154].

Особенно тревожит то обстоятельство, что страна утрачивает конкурентные позиции в сфере микроэлектроники, ставшей катализатором экономического прогресса во второй половине XX века. Именно этой наукоемкой отрасли принадлежит преобразующая роль в области компьютеризации нашего общества, информационных технологий и телекоммуникаций. Нобелевский лауреат по физике, председатель Комиссии РАН по нанотехнологиям Ж.И. Алферов в 2002 г. констатировал, что еще 20 лет назад СССР был третьей электронной державой после США и Японии, тогда как сейчас нас уже обошло не менее 50 стран, причем далеко не лидеры в мировой экономике [221, с. 7]. И по праву в группу высокотехнологичных отраслей высшего уровня (high technologies) или ведущих высоких технологий (leading edge) Организация стран экономического сотрудничества и развития (OECD) включила такие наукоемкие отрасли, как приборостроение, производство электронных компонентов и компьютеров.

Однако микроэлектроника представляет интерес не только в аспекте революционизирующего воздействия на другие отрасли хозяйства, но и с точки зрения приложения инноваций и интеллектуального капитала. Наукоемкость этой техники повышается от поколения к поколению, что хорошо демонстрирует переход от полупроводников к интегральным схемам (ИС). В самом деле, потребности массового производства дискретных электронных приборов вызвали необходимость поиска путей уменьшения габаритов и повышения надежности этих устройств, что и привело к миниатюризации узлов и элементов электроники и созданию ИС [332].

Появлению ИС предшествовали открытия отечественных физиков, инженеров, технологов, благодаря им промышленное производство ряда компонентов было освоено у нас раньше, чем за рубежом. В результате этого инновации материализовывались как в отдельных элементах (миниатюрных резисторах, конденсаторах, катушках индуктивности и др.), так и в схемах их монтажа. Сама коммутация элементов стала воплощением изобретательской мысли, которая выразила себя в конструировании печатной платы и микро модуля, – уплотненной упаковки малых по размерам электронных приборов.

Изготовление их потребовало проектирования специальных технологических процессов, реализовавших достижения в области физики твердого тела, химии, прикладной математики и других отраслей знания. Традиционные приемы компоновки и монтажа приборов в начале

90-х годов прошлого века уступили новым физико-химическим методам: выращиванию монокристаллов, эпитаксии, плазмохимической, ионно-лучевой обработке и др. Словом, технология производства микроэлектронных приборов тоже «интеллектуализируется», вбирая в себя ноу-хау передовых идей и являя собой перспективную наукоемкую деятельность.

В стремлении уменьшить габариты и массу, снизить стоимость, повысить быстродействие и надежность электронной аппаратуры была осуществлена интеграция и миниатюризация элементов, в результате чего появились монолитные ИС. Конструкторско-технологическое развитие их нашло отражение в кардинальном усложнении структуры ИС: повышение плотности размещения элементов и уменьшение их размеров позволяет сосредоточить в ИС более миллиона элементов на кристалл и увеличить число производимых ими операций, приведенных к площади ИС. Тем самым современные ИС аккумулируют в себе большое количество инноваций, без чего не удалось бы значительно превзойти прежние технические параметры и снизить относительную стоимость выполняемых ими функций.

Совершенствование планарной технологии, в свою очередь, обеспечило массовый выпуск больших и сверхбольших ИС, но вместе с тем и рентабельное изготовление мелкосерийных и заказных ИС. Вследствие этого высокая функциональная сложность ИС и жесткие стандарты их качества и надежности не идут вразрез с экономичностью производства ИС. Наоборот, был достигнут прогресс не по отдельным, а по всей совокупности параметров ИС (габаритам, массе, быстродействию, надежности) и экономических показателей их изготовления (объему выпуска, рентабельности и др.).

«Прорывным» направлением микроэлектроники становится наращивание информационной емкости ИС, вплоть до гигабитового диапазона (что немаловажно для компьютерной техники) и придание им функций самодиагностики, т.е. отслеживания и коррекции выявленных дефектов в работе ИС. Так вложенные в ИС инновации (а это научные знания!) открывают возможность создать на их базе запоминающее устройство для хранения колоссального количества информации. Овеществленная в ходе проектирования и изготовления ИС конструкторско-технологическая информация позволяет далеко отодвинуть ее емкостный предел и записать на одной ИС около миллиарда бит информации.

В этой связи обращает на себя внимание специфика технологии производства ИС, с помощью которой выдерживаются субмикронные размеры элементов и формируется чрезвычайно сложная внутрисхем-

ная структура. Ведь столь «тесная» компоновка элементов есть не что иное, как плотная концентрация информации, заключенная в их устройствах и электрических соединениях в ИС. Параметры таких ИС предъявляют высокие требования к технологическим операциям (чистоте исходных материалов, качеству обработки поверхностей подложек, точности соблюдения условий воздушной и технологической среды и др.), которым удовлетворяют лишь полностью автоматизированные производственные системы. Благодаря им планарная технология позволяет вести не только групповое изготовление большого числа приборов на неразделенной пластине, но и одновременную обработку партии пластин на ряде операций. Исключение человека из производственного процесса диктуется, прежде всего, условиями тонкой технологии и массового выпуска; целесообразно и по экономическим причинам (сокращение трудозатрат выгодно как для производителя, так и потребителя ИС). Если взглянуть на свойства автоматизированного производства с точки зрения инноватики и потребляемой информации процессом труда, то у последнего можно обнаружить закономерность повышения сложности и информационной насыщенности. Ведь в ходе трудовой деятельности происходит информационное взаимодействие между орудиями, предметами, продуктами труда и самим трудом, что наглядно видно на примере роботизированного производства электронных узлов и ИС (рис. 3.1).

Назначение и параметры электронных узлов обуславливают состав и схему соединения компонентов (полупроводников, резисторов, конденсаторов и др.) и их размещение на печатной плате. Исходя из технологии изготовления электронных узлов, выстраиваются и трудовые операции: монтаж и коммутация этих компонентов. Налицо обоюдное влияние продукта, предмета труда и трудовых операций друг на друга: целевая функция электронного узла определяет его комплектацию и содержание технологического процесса сборки узла, а они, в свою очередь, физические и эксплуатационные характеристики узла (объем, массу, тепловые параметры, надежность и др.).

Взаимозависимы также предметы труда и сам труд, т.к. первые задают вид сборочных операций (крепление компонентов, их расположение на печатной плате, пайку выводов к контактными площадкам и т.п.), а второй – выбор типа печатной платы (одно- или многослойная плата, требования к точности позиционирования отверстий и толщине электропроводящих полос и др.). Наконец, существует очевидная двухсторонняя связь между орудием труда, предметами труда и трудовым процессом.

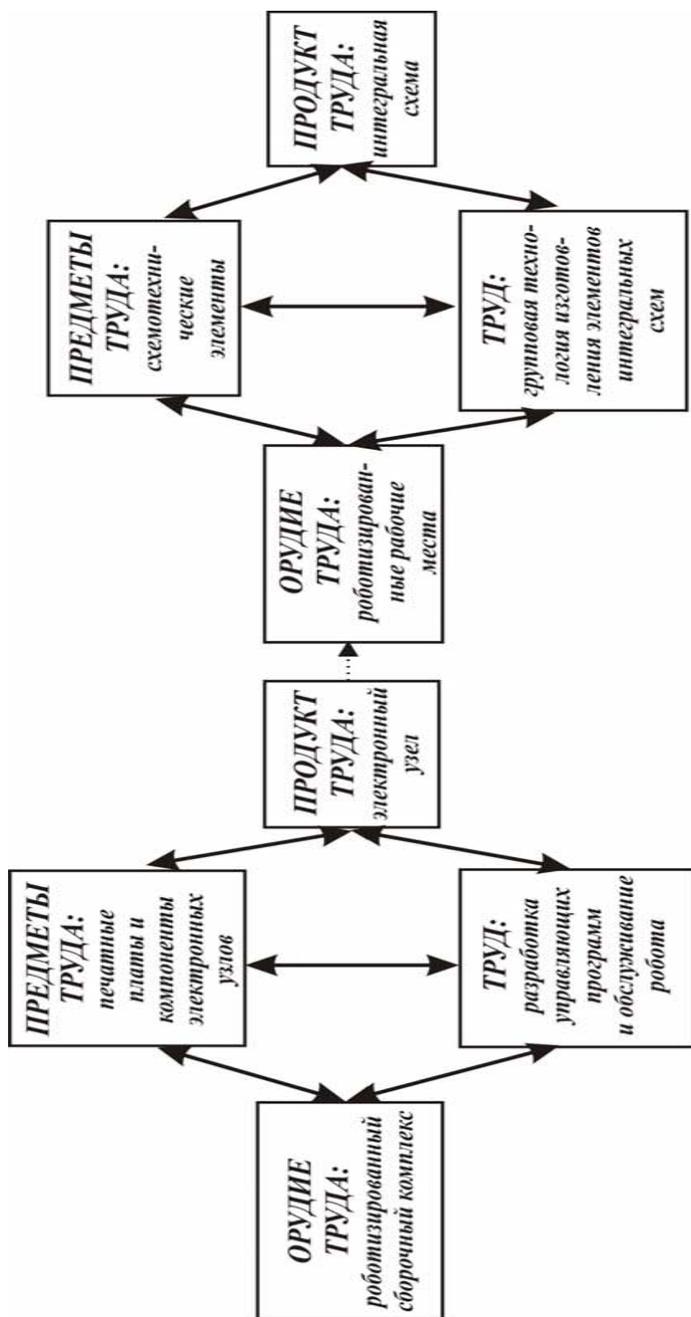


Рис. 3.1. Информационное взаимодействие элементов производственных систем в процессе изготовления электронных узлов и интегральных схем

Назначение и параметры электронных узлов обуславливают состав и схему соединения компонентов (полупроводников, резисторов, конденсаторов и др.) и их размещение на печатной плате. Исходя из технологии изготовления электронных узлов, выстраиваются и трудовые операции: монтаж и коммутация этих компонентов. Налицо обоюдное влияние продукта, предмета труда и трудовых операций друг на друга: целевая функция электронного узла определяет его комплектацию и содержание технологического процесса сборки узла, а они, в свою очередь, физические и эксплуатационные характеристики узла (объем, массу, тепловые параметры, надежность и др.).

Взаимозависимы также предметы труда и сам труд, т.к. первые задают вид сборочных операций (крепление компонентов, их расположение на печатной плате, пайку выводов к контактными площадкам и т.п.), а второй – выбор типа печатной платы (одно- или многослойная плата, требования к точности позиционирования отверстий и толщине электропроводящих полос и др.). Наконец, существует очевидная двухсторонняя связь между орудием труда, предметами труда и трудовым процессом.

Возможности роботизированного сборочного комплекса (РСК) накладывают ограничения на габариты компонентов, шага выводов (например, сборочная машина фирмы «Хитати» позволяла устанавливать в печатные платы компоненты размерами до 16x20x26 мм с шагом выводов от 5 до 25,4 мм [284]) и содержание технологии производства, которые между тем имеют принципиальное значение и для структуры РСК, т.е. состава технологического, вспомогательного и другого оборудования. С учетом тех и других требований проводится согласование свойств орудий, предметов, продуктов труда и самого труда и формируется ГПС сборки электронных узлов.

Как видим, проектирование подобной ГПС представляет собой процесс вовлечения научных знаний в разработку РСК, компонентов и технологии производства узлов, обобщающих в себе достижения фундаментальных и прикладных исследований. При этом ценная информация не только материализуется в проектах ГПС, но и вводится в РСК в виде управляющей программы, которая заполняет «мозговой аппарат» ГПС и приводит ее в движение. В результате сам труд направляется и поддерживается в автоматизированном режиме посредством интеллектуализации системы управления ГПС.

Таким образом, в продуктах труда – электронных узлах – запечатлен прошлый труд (орудия труда в виде РСК, компоненты узлов, печатные платы и др.) и овеществляется труд (операции сборки) ГПС. Поэтому в изготавливаемые электронные узлы переносятся инновации в форме уст-

ройств уникальных компонентов, электрической схемы связей между ними, оптимального режима их работы и т.д. Кроме того, растущая степень гибкости и автоматизации позволила добиться массового производства электронных узлов, что обеспечило им экономическую выгоду¹. В частности, роботизированная линия для сборки печатных плат фирмы «Тосиба» с помощью девяти роботов с циклом сборки, равным 20 с., устанавливает компоненты на 1000 печатных платах в день, достигая при этом коэффициента загрузки оборудования 75%.

Но традиционные методы коммутации и монтажа встретили трудности технологического порядка, из-за чего страдали параметры надежности, габаритов и массы электронных узлов. Микромодули обладали плотностью упаковки лишь несколько десятков компонентов на 1 куб. см и имели сравнительно невысокую надежность. Вследствие этого они не получили широкого распространения и к концу 60-х годов XX века были вытеснены ИС.

Примечателен взгляд на историю развития электронной промышленности с позиций функциональной организованности технических систем (ТС). Начальной ступени микроминиатюризации аппаратуры свойственна модульность построения с множеством электрических соединений между компонентами схем, что вступало в противоречие с надежностью ТС и необходимостью поддержания их функциональных качеств и малых размеров. Следующий шаг миниатюризации – появление планарной технологии изготовления ИС – позволил расширить функциональные возможности ТС при одновременном сокращении числа деталей и замене проводной связи между ними межкомпонентными соединениями, выполненными способом напыления материалов непосредственно на подложку.

Успехи субмикронной технологии вызвали тенденцию роста степени интеграции и модернизации функций ИС. Разработка достаточно сложных ИС предполагает применение систем автоматизированного проектирования, сочетающих в себе выполнение трудоемких расчетов на ЭВМ и привлечение интеллекта проектировщика. Конечным продуктом этой системы являются полный технологический маршрут изготовления ИС и описание ее физической структуры, которые представляют собой информационно насыщенные решения: инновации в сфере научного поиска и компьютерных технологий.

¹По оценке В.И. Дудорина внедрение гибких автоматизированных производств позволяет снизить время на подготовку производства новой продукции на 40%, увеличить загрузку оборудования на 30%, уменьшить удельные затраты на 15%, резко повысить производительность труда в опытном, единичном и мелкосерийном производстве [90, с. 91].

Повторим, что базовая ныне планарная технология позволила создать наиболее сложные ИС, насчитывающие до миллиона элементов ИС при их минимальном размере до 0,5 мкм. Групповой характер производства схемотехнических элементов ИС дает возможность образовывать в тонком слое полупроводниковой пластины десятки и сотни кристаллов больших и сверхбольших ИС. Современная технология позволила в 2002 г. перейти на размеры 0,18 микрон, а в 2004 г. компания «Интел» начала производство микропроцессоров на ИС с литографическим размером 0,065 мкм [7, с. 236].

Массовое изготовление и контроль качества таких многофункциональных ИС осуществляют на основе автоматизации и роботизации рабочих мест и локального оборудования, оснащенных микроэлектронной техникой (см. правую часть рис. 3.1). По существу, здесь уже электронные узлы воспроизводят себя в ИС, повышая сложность, наукоемкость и производительность их изготовления. В этом состоит особенность материализации научных знаний, о которой писал А.И. Анчишкин: «Чем больше научных знаний воплощено в орудиях труда, тем выше их способность замещать живой труд при одновременной экономии прошлого, а значит, тем больше может накапливаться прошлый труд. Это, в свою очередь, создает возрастающие возможности аккумуляции в орудиях труда научных знаний, т.е. возможности их совершенствования» [17, с. 96]. Продолжая эту тенденцию, теперь ИС составляют элементную базу вычислительной техники (микропроцессоров, запоминающих устройств и др.), необходимой для разработки и массового выпуска ультрабольших и сверхскоростных ИС с числом элементов до 1 млрд и более. С реализацией таких многослойных соединений удалось еще больше увеличить число функций ТС и повысить их функциональную организованность.

Однако инновации хранят не только элементы и схемы их коммутации в ИС, они пронизывают организацию производственной системы и управление ею, выполняемое многоуровневой сетью ЭВМ с соответствующим математическим обеспечением. Централизованным управлением этой системой достигается координация работы всех ее звеньев, что повышает эффект применения науки. А.И. Анчишкин подчеркивал, что подобная кооперация научных знаний, как и кооперация труда, означает не простое их сложение, а взаимообогащение и приобретение нового качества. В результате возникает эффект системности: нарастание взаимного усиления отдельных сфер научного познания и видов техники.

В настоящее время машиностроение во всем мире претерпевает глубокие преобразования, связанные прежде всего с ускорением об-

новления продукции и перестройкой информационных процессов, обеспечивающих управление этим процессом. Такие технологии, как CALS (Continuous Acquisition and Life-Cycle Support) и PLM (Product Life-Circle Management), позволяют резко сократить сроки создания и вывода на рынок новых изделий, а также значительно улучшить их логистику. Тем самым интегрированные с производственными мощностями и технологическими процессами информационные системы CALS/PLM стали играть ведущую роль на машиностроительных предприятиях.

На нынешнем высококонкурентном рынке возрастающее значение приобретает не только выпуск наукоемкой продукции, но и ее фирменное обслуживание, которое становится стратегическим фактором успеха промышленных предприятий. Оказание таких услуг (подготовка и переподготовка персонала, консультационные, инжиниринговые и другие услуги) уже рассматривается неперменной сферой деятельности товаропроизводителей электронной, информационной, телекоммуникационной и иной сложной техники. При этом и сами услуги в большей степени носят интеллектуальный характер, поскольку связаны с сопровождением эксплуатации инновационных изделий. В частности, на фирмах «IBM» и «Digital Equipment Corporation» в сфере обслуживания занято 10% и 25% соответственно от общей численности сотрудников, причем от реализации технических услуг фирмы получают 20% и 30% соответственно от общего объема прибыли [186].

Закономерность модернизации производственных систем под влиянием инноваций и материализации научных знаний давно уже стала общепризнанной и вряд ли нуждается в доказательстве. Вместе с тем подробный анализ этой закономерности обещает быть полезным для понимания ее характера и поиска средств повышения конкурентоспособности производственных систем и их устойчивости. Сегодня уже видны перспективы развития молекулярной экономики, объединяющей в себе информационные технологии, нанотехнологии, биотехнологии, когнитивную психологию и способствующей устойчивости предприятий в условиях постоянных изменений. С помощью нанотехнологии планируется перевод производства интегральных схем с микронного уровня на нанометровые размеры микросхем. Так фирма IBM разработала прототип квантовой памяти, что повысило плотность записи в 20 раз по сравнению с традиционными элементами, а энергопотребление снизить в 50 раз [15].

Динамизм рыночных преобразований в хозяйственном комплексе страны выдвинул в ряд первоочередных задачу выявления предпосылок и поиска средств адаптации предприятий на фоне обостряющейся

конкуренции. В этой связи необходимость достигнуть намеченный уровень эффективной работы предприятия в нестабильной среде побуждает вновь обратиться к системной интерпретации его структуры и поведения и проследить их эволюцию с точки зрения информационной концепции. В рамках ее организация и управление предприятием поддерживают его жизнеспособность и продуктивность с помощью инноваций и введения и накопления в его производственной системе полезной информации, причем она рассматривается в полном объеме: информация не только циркулирует по каналам коммуникаций предприятия, но и заложена в его технических средствах, технологии и изготавливаемой продукции. В итоге на предприятии формируются и наращиваются информационные и инновационные ресурсы, благодаря которым улучшаются конкурентоспособность и устойчивость его деятельности. В последние десятилетия эта проблема привлекает внимание наших и зарубежных исследователей, среди которых Нобелевские лауреаты по экономике К. Эрроу, Дж. Стиглер, и их совместными усилиями закладываются и развиваются основы нового научного направления – информационной экономики.

3.4. Энтропия и информация в производственной системе, их взаимосвязь и влияние на устойчивость экономического эффекта системы

Со времени появления теории информации в конце 50-х годов прошлого века экономисты обрели уникальный методический инструментарий и благодаря его применению обогащают свои знания о природе и закономерностях поведения производственных систем. И это неудивительно, если принять во внимание, что информация создает «среду обитания» производственных систем, обеспечивая их своим ресурсом и взаимодействие между ними и другими системами. Вот почему осмысление с позиций информационной концепции ряда фундаментальных положений теории фирм существенно расширило классические воззрения о них.

В связи с этим правомерно ожидать конструктивность теоретико-информационного подхода и к исследованию эволюции производственных систем, упорядоченности и устойчивости их состояний. Окруженные информационным пространством, предприятия потребляют, накапливают, преобразуют поступающую информацию и передают ее во внешнюю среду. Как было уже подчеркнуто, информация вводится на предприятие как непосредственно (данные об окружении: спросе,

инфляции, конкурентах и др.), так и в превращенной форме в качестве профессиональных умений и навыков персонала и воплощенных в виде ноу-хау, изобретений и т.д. в технических средствах (оборудовании, аппаратуре, коммуникациях и т.п.), комплектующих и иных приобретаемых ресурсах. Аналогично и передаваемая во внешнюю среду информация есть разного рода сведения о предприятии (бухгалтерские документы, реклама, бизнес-проекты и др.) и материализованные в изготовленных им продуктах конструктивно-технологические новшества, патенты и другие инновации.

Поглощаемая информация дает предприятию возможность адаптироваться к внешним условиям деятельности (поставщикам, потребителям, конкурентам, банкам и др.) и оставаться устойчивым в подвижной среде. Для этого оно склонно сохранять упорядоченность и согласованность действий производственных систем, что позволит предприятию оказывать сопротивление влиянию негативных факторов и синхронно реагировать на инновационные сигналы окружения. Такое поведение осуществляется системой управления предприятием, в рамках которого удается погасить возникающие помехи (перебои в поставках и движении сырья, материалов, заготовок, энергии и денежных потоков, вынужденные простои, брак продукции и т.д.), уменьшить неупорядоченность деятельности и укрепить конкурентоспособность предприятия.

Между тем разрастание хаоса в работе предприятия влечет за собой повышение непредсказуемости в его поведении, т.к. нарушаются организационно-технологические связи между производственными системами и ухудшается их координация. Говоря языком теории информации, в системе происходит увеличение энтропии: чем больше неопределенность ситуации в производственной системе, тем выше и энтропия ее, и, наоборот, более определенная ситуация равнозначна снижению энтропии в ней.

Энтропийное толкование поведения системы опирается на пионерные исследования по термодинамике и статистической физике Р. Клаузиуса, Л. Больцмана и Дж. Гиббса. Введя в научный обиход понятие энтропии, Р. Клаузиус установил, что в замкнутой системе она остается либо неизменной (обратимые процессы), либо возрастает (необратимые процессы). С приданием энтропии вероятностной интерпретации Л. Больцман доказал, что «всякая замкнутая система тел стремится к определенному конечному состоянию, для которого энтропия будет максимум» [38, с. 176–177]. При этом возрастание энтропии системы является следствием ее перехода от наименее вероятного состояния к

более вероятному, и в результате необратимого процесса она достигает состояния равновесия.

В свою очередь, Дж. Гиббс обосновал критерий равновесия материальной системы, изолированной от внешних воздействий, который представляет собой вариацию ее энтропии [65]. Если обозначить через ε энергию, η – энтропию системы, а нижним индексом при вариации (δ) – ту величину, которая в данном случае не изменяется, – энергию (ε), критерий равновесия запишется в виде:

$$(\delta\eta)_{\varepsilon} \leq 0.$$

Это означает, что при всех возможных изменениях состояния изолированной системы при постоянной ее энергии вариация энтропии равновесной системы равна нулю или отрицательна. Для различения типов равновесия в отношении их устойчивости Дж. Гиббс принимает во внимание абсолютные величины вариаций (обозначенные символом Δ), которые не пренебрегают бесконечно малыми высших порядков. Тогда необходимые и достаточные условия разных типов равновесия им формулируются следующим образом:

- для устойчивого равновесия: $(\Delta\eta)_{\varepsilon} < 0$;
- для безразличного равновесия существуют изменения состояния системы, для которых $(\Delta\eta)_{\varepsilon} = 0$;
- при неустойчивом равновесии существуют изменения состояния системы, для которых $(\Delta\eta)_{\varepsilon} > 0$.

Вполне логично, что система всегда находится в равновесии, если она имеет максимальную для данной энергии энтропию. При этом у системы может быть несколько равновесных состояний, и то из них, которому соответствует наибольшее из максимумов энтропии, обладает абсолютной устойчивостью. Заметим попутно, что возрастание энтропии в теории неравновесных (необратимых) процессов получило название производства энтропии.

Из условий Дж. Гиббса видно, что уменьшение энтропии в системе возможно при подводе к ней энергии, которая противостоит разрастанию хаоса в системе и ее деградации. Перенос энергии в этом случае «уводит» систему от состояния равновесия, чем способствует появлению в ней своеобразных неравновесных эффектов.

Подобное понимание энтропии привело к аргументации ее влияния на упорядоченность системы, предпринятого в 1945 г. одним из создателей квантовой механики Э. Шредингером: взятая с отрицательным знаком энтропия есть сама по себе мера упорядоченности, поэтому отрицательная энтропия (называется негэнтропией) – средство обуздания

и ослабления хаоса, который может довести до разлада внутренних связей и разрушения системы.

Кстати, энтропийные закономерности существуют и в живой природе. Впоследствии к термодинамическому подходу обратились и ученые, занимающиеся исследованиями организмов и процессов их взаимодействия с окружением. В частности, по словам Н.А. Бернштейна, «среда, как все неживые совокупности, согласно второму принципу термодинамики, всегда движется в направлении возрастания энтропии; организм и в своем онтогенетическом формировании и во всех проявлениях активности по ходу жизни движется негэнтропически, добываясь и достигая понижения уровня энтропии в самом себе и оплачивая этот эффект ценой метаболического возрастания энтропии в своем окружении за счет окисления и разрушения веществ – участников энергетического метаболизма» [33, с. 329–330]. Тем самым организм упорядочивает свою структуру посредством отвода энтропии во внешнюю среду, и потому нельзя не согласиться с А.И. Бергом, который, характеризуя процессы управления, отмечает их общее свойство: всем им присуща точная количественная мера – уменьшение энтропии [31].

Ослабить энтропию и «навести порядок» в системе можно с помощью введения в нее полезной информации, которая оказывает координирующее воздействие на элементы системы и предписывает им согласованные операции. С увеличением объема вводимой в производственную систему управляющей информации повышается упорядоченность ее поведения, т.к. сокращаются непредусмотренные перерывы в ходе ее работы, снижаются потери ресурсов, и в итоге растет продуктивность их использования. Наращивание информации есть следствие внедрения инноваций в производственный процесс, что дает возможность выпускать на базе высоких технологий наукоемкую продукцию.

Зависимость между энтропией, организованностью и количеством информации в системе была скрупулезно исследована классиками кибернетики. «Как количество информации в системе есть мера организованности системы, – полагал Н. Винер, – точно так же энтропия системы есть мера дезорганизованности системы; одно равно другому, взятому с обратным знаком» [52, с. 56]. В дальнейшем эту новаторскую идею успешно развивали в своих трудах Л. фон Берталанфи, С. Бир, Л. Бриллюэн, К. Шеннон, У. Эшби и др.

Возвращаясь к статистическому подходу к анализу эволюции систем, акцентируем внимание на том, что он исходит из признания подверженности систем действию случайных факторов и поэтому описывается вероятностными категориями, ввиду чего оказалось ценным использование представлений термодинамики. Заимствованное К. Шен-

ноном из статистической физики понятие энтропии применяется для оценивания неопределённости случайного поведения системы. У основоположника теории информации читаем, что привлекаемая для этого величина рассматривается как мера «количества информации, возможности выбора и неопределенности» [322, с. 261].

Но чем больше разнообразие состояний производственной системы, тем выше и неопределённость в ее поведении. К тому же поражающий систему хаос еще больше повышает это разнообразие, а значит, и неопределенность функционирования производственной системы. Растёт в ней и энтропия, ограничить которую способна, как уже отмечалось, лишь направляемая в производственную систему информация; отсюда по негэнтропийному принципу Л. Бриллюэна информация представляет собой отрицательный вклад в энтропию [42]. Таким образом, чем больше накоплено информации в производственной системе, тем меньше в ней энтропии и неопределенности в работе и, наоборот, снижение количества информации в системе ведет к увеличению энтропии и повышению неопределенности в ее поведении.

В этом отношении производственная система, обладающая некоторой энтропией H^* , в результате внесения в систему количества информации I уменьшает свою энтропию до величины $H = H^* - I$. Соответственно этому происходит снижение начальной неупорядоченности B^* системы до величины B . Аналогия со статистической физикой привела В.А. Трапезникова к выводу о том, что неупорядоченность B системы и уменьшение энтропии $H^* - H$ связаны экспоненциальной зависимостью [268, с. 6]:

$$\frac{B}{B^*} = e^{-\frac{(H^* - H)}{a}}, \quad (3.1)$$

а с учетом того, что

$$H^* = H - I$$

есть введенная в систему информация I ,

$$\frac{B}{B^*} = e^{-\frac{I}{a}}, \quad (3.2)$$

где a – постоянная.

Неупорядоченность B системы характеризуется количеством возможных микросостояний ее, а количество информации I равнозначно величине снятой энтропии и имеет вероятностную интерпретацию.

В этой связи необычен, но объясним прием получения новой информации с помощью искусственного наращивания хаоса в поведении системы. В рамках одной из школ стратегий – школы обучения – анали-

тики рассматривают теорию хаоса, на основании которой преднамеренно вносят хаос в поведение системы для того, чтобы «спровоцированные» им действия позволили получить новые знания об этой системе.

С изучением неравновесных процессов становилось очевидным, что система удаляется от начального состояния и утрачивает свойство возврата к нему, поскольку процесс протекает лишь в одном направлении: от прошлого к будущему (упоминавшаяся уже «стрела времени»). Несмотря на то, что в ньютоновской механике явления обратимы и потому могут вернуться в исходное положение, в макроскопической физике они необратимы. Г. Хакен считает, что этот феномен до сих пор не нашел удовлетворительного обоснования. Ведь макроскопические явления необратимы, хотя все фундаментальные законы обратимы. Но если термодинамика обращается преимущественно к тепловым равновесным процессам, то синергетика – неравновесным и возникающим благодаря самоорганизации пространственной, временной или функциональной структурам.

При изменении управляющего параметра системы (например, количества подводимого к ней энергии) может возникнуть неустойчивость, и система переходит в другое состояние. В синергетике обнаружили, что в такой точке потери устойчивости неустойчивыми становятся, вообще говоря, небольшое число коллективных мод (параметров порядка), описывающих макроскопическую структуру. При этом действует принцип подчинения, в соответствии с которым эти параметры определяют поведение микроскопических частей системы, и изменение управляющих параметров в широком диапазоне может сопровождаться иерархией неустойчивостей и структур.

Вместе с тем параметрам порядка свойственна циклическая причинность в том смысле, что этот параметр «подчиняет» себе атомы, а, с другой стороны, сам оказывается порожденным коллективным действием атомов. Поэтому с точки зрения информации, параметр порядка играет двойную роль: он сообщает атомам о том, как им надлежит вести себя, и доводит до наблюдателя сведения о макроскопически упорядоченном состоянии системы. Но «если для описания состояний отдельных атомов требуется огромное количество информации, – обращает внимание Г. Хакен, – то после установления упорядоченного состояния необходима лишь одна величина». Он делает вывод о том, что «происходит сильное сокращение информации», и поэтому «мы можем назвать параметр порядка *информатором*» (выделено в тексте Г. Хакеном) [281, с. 46].

Тогда с позиций теории информации и синергетики приходим к следующему заключению: с нарастанием неупорядоченного поведения

системы количество информации в ней уменьшается, тогда как требуемая описательная информация при этом увеличивается. И, наоборот, переход системы в упорядоченное состояние сопровождается накоплением в ней позитивных качеств и полезной информации, но вместе с тем означает уменьшение описательной информации. В результате можно констатировать, что в отношении рассматриваемых систем властвует закономерность сохранения количества внутренней и внешней информации: уменьшение одной из них в известной степени компенсируется увеличением другой. Так рост объема внутренней информации влечет за собой сокращение внешней информации о функционировании системы в целом, а убывание информационного содержания системы ведет к необходимости наращивания внешней информации о поведении системы.

Конечно, общее количество информации не остается неизменным и имеет тенденцию к расширению диапазона варьирования, несмотря на интеллектуализацию производственных и управленческих процессов. Дело в том, что ускоряющийся поток перемен, обрушивающихся на производственные системы, может расстроить ее намеченное поведение и расшатать устойчивое движение системы, и тогда перспективы ее функционирования зависят от способности адаптироваться к турбулентной внешней среде и предотвратить деградацию ресурсов системы.

Наряду с этим, если динамическая система обладает устойчивостью, влияние допустимых проникающих помех не оказывает на нее воздействия, способного кардинально изменить поведение системы. Тогда присущая ей устойчивость может отвести режим поведения от угроз необратимых изменений. Но если система неустойчива, влияние шума становится значимым и даже малые флуктуации могут стать причиной резких перестроек в поведении динамической системы. В подобной неравновесной ситуации незначительное воздействие внешнего фактора в подходящий момент может коренным образом изменить портрет поведения системы, находящейся на развилке возможных траекторий движения системы. Из их пучка конкретное направление траектории будет выбрано характером протекания процесса и действием случайных (не обязательно мощных) факторов в точке бифуркации системы.

Об этом свидетельствуют результаты исследований по синергетике. Возникающий в системе хаос часто служит зародышем появления в ней нового порядка, эволюция которого может опять трансформироваться в хаос и т.д. В итоге в неравновесной среде складываются и распадаются те или иные структуры, имеющие черты общего поведения. Источником когерентности, т.е. условием образования огромного множества типов структурированного коллективного поведения, становятся

ся сильно неравновесные необратимые процессы, вследствие чего система обладает способностью перехода из недифференцированного состояния покоя в одно или несколько упорядоченных состояний и пребывает в различных устойчивых состояниях [214; 280]. Если равновесное или квазиравновесное состояния полностью определяются краевыми условиями, то для неравновесных состояний все решительно меняется. Создается множество различных диссипативных структур, что рассматривается как ответ на нелинейный характер сильно неравновесных ситуаций, в которых малые различия могут приводить к масштабным, порой к катастрофическим изменениям в картине поведения системы.

Закономерности хаотического функционирования производственных систем дают ключ к пониманию деятельности предприятия вдали от равновесия, что типично для современного этапа рыночных преобразований в российской экономике. Статистическая физика, синергетика и теория информации объясняют стиль поведения предприятий и зигзаги траекторий их движения на фоне влияния как деградационных, так и инновационных факторов. Тем самым удается познать причины и характер достижения и потери устойчивости предприятий, благодаря чему развиваются методология и инструментарий управления ими в трансформационной экономике.

Форсированное «погружение» отечественных предприятий в стихию рыночных колебаний, как мы видели, обернулось усилением неопределенности в сети ресурсопотоков между предприятиями: они стали испытывать дефицит потребляемых ресурсов, в том числе информационных. Отсутствие ясных экономических и юридических норм хозяйствования, неполнота сведений об условиях поставок и потреблении продукции, действиях конкурентов и т.п. подрывали способность предприятий адаптироваться к подвижному экономическому окружению. Кроме того, накопленные ими ресурсы часто не позволяли осуществить желаемую перестройку производственного процесса и оставляли предприятию мало свободы для совершения маневра (улучшения качества выпускаемых и освоения новых видов продукции, снижения затрат и т.д.).

По этой причине возросшее разнообразие состояний производственных систем оказалось непомерным для управляющего органа предприятия, ввиду чего проблемным становилось лимитирование их обилия и обеспечение упорядоченности деятельности предприятия. Если предприятие утрачивало способность ограничивать и уменьшать это разнообразие состояний, нарастающий хаос нарушал, а то и парализовывал его работу, подтверждая тем самым действие закона необходи-

мого и достаточного разнообразия состояний системы. Обретение и поддержание устойчивости производственных систем в такой ситуации требует повышения гибкости их ресурсов для эффективного реагирования на внешние и внутренние помехи, что позволит наращивать функции контроля и уменьшить разнообразие состояний систем. А для этого необходима дальнейшая интеллектуализация как персонала предприятий, так и используемых им информационно-технологических, технических и других средств производства и управления.

Громадное разнообразие состояний производственной системы вызвало стремление сократить их множество и сохранять в ее деятельности порядок¹. Однако последний и есть результат введения и насыщения систем полезной информацией. Источником ее в производственной системе служит человек, генерирующий и направляющий информацию на упорядочивание элементов труда. На этом основании количество информации в производственной системе становится мерой ее организованности.

Достижение и сохранение допустимого экономического эффекта работы производственной системы в нестабильной среде побуждают продолжить системную интерпретацию организационно-управленческого аспекта деятельности предприятий и провести его анализ с применением информационной концепции [296]. Полагаем, что организация и управление имеют целью обеспечить предприятию жизнеспособность и эффективность с помощью введения и накопления в его производственных системах полезной информации.

Настоящий подход автора исходит из объективной необходимости внедрения на предприятии наукоемких средств производства и технологий, а также улучшения координации действий всех его подразделений. Ведь и прогрессивность технологических способов производства изделий и услуг, и качество управленческих решений в конечном счете определяется заключенной в них ценной информацией. Вот почему логично воспользоваться для оценки эффекта работы предприятий информационным критерием, предложенным еще в 60-х годах прошлого века В.А. Трапезниковым. По его мысли, часть информации овеществляется в предметах труда, другая часть накапливается в форме знаний, наконец, часть расходуется в процессе труда на борьбу с неупорядоченностью, что вполне созвучно излагаемому

¹ Подчеркнем вновь, что наибольшей организованности системы отвечает предсказуемость поведения всех ее элементов, когда энтропия системы минимальна. Если же состояния элементов являются случайными и лишь статистически связаны с состояниями остальных элементов, энтропия системы повышается, а организованность ее соответственно уменьшается.

нами подходу. В производственной системе информация не только поступает в нее в ходе управления в форме принятых решений и отчетов, но и материализуется в предметах и средствах труда в виде воплощенных в них знаний.

Следует отметить, что уже логическая структура изготавливаемых изделий может служить показателем уровня организации производства. По исследованиям Е.И. Попова и Н.А. Гришиной конструктивные особенности изделия, его деталей и узлов полностью определяют технологический процесс и его обеспечение. В результате «комплекс состояний производственного процесса, порождаемый структурой и динамикой последнего, находит свое отображение в логической структуре изделия» [79, с. 35]. Поэтому появляется возможность по логической структуре изделия оценить величины, пропорциональные максимальной энтропии производственной системы, и рационализацией этой структуры добиваться совершенствования организации производства.

Итак, с насыщением информацией как самого процесса организации и управления, так и предметов и средств труда, становится возможным локализация и ослабление помех нормальной работе предприятия и уменьшение неупорядоченности его функционирования. В итоге экономический эффект деятельности предприятия нарастает при уменьшении степени неупорядоченности в поведении производственных систем и снижается при распространении в них хаоса.

В статистическом толковании зависимость эффекта \mathcal{E} функционирования системы от количества I введенной в нее информации выражается следующей формулой, полученной В.А. Трапезниковым [268, с. 51]:

$$\frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_{\max}} = 1 - e^{-\frac{I}{I_0}}, \quad (3.3)$$

где \mathcal{E}_{\max} – эффект идеально функционирующей системы (предельно возможный эффект), I_0 – объем информации, характерный для данного объекта управления.

В приведенной формуле прочитывается взаимосвязь организационного, информационного и экономического аспектов деятельности производственной системы: чем больше в ней накоплено полезной информации, тем выше ее организованность и эффект работы, и наоборот. Между тем экспоненциальный характер этой зависимости указывает на присущую системам закономерность информационного подержания эффекта ее функционирования (рис. 3.2).

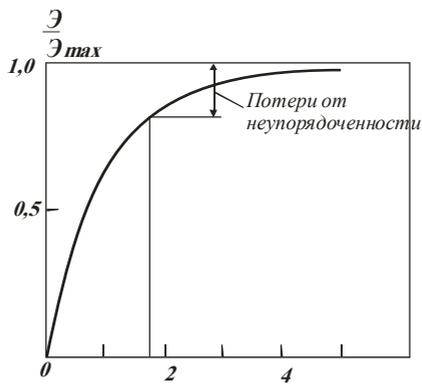


Рис. 3.2. Зависимость между относительными величинами количества управляющей информации в системе и ее экономического эффекта

Она состоит в том, что с насыщением информацией системы повышается и эффект ее работы, но вместе с тем проявляет себя и тенденция понижения прироста этого эффекта. Вытекающая из этой закономерности зависимость производительности труда от параметра уровня знаний в системе отвечает хозяйственной действительности и подтверждена практическими расчетами [133]. Для вывода информационного условия поддержания устойчивости экономического эффекта предлагаем преобразовать формулу (3.3) к удобной для анализа форме и выразить искомую зависимость графически. С этой целью приведем сначала равенство (3.3) к виду:

$$e^{-\frac{I}{I_0}} = 1 - \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_{\max}},$$

а затем прологарифмируем обе его части:

$$\ln e^{-\frac{I}{I_0}} = \ln \left(1 - \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_{\max}} \right),$$

и имеем выражение для соотношения введенной I и начальной I_0 информации:

$$\frac{I}{I_0} = \ln \left(1 - \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_{\max}} \right)^{-1}. \quad (3.4)$$

Наглядное изображение этой зависимости дает рис. 3.3, иллюстрирующий статистическую закономерность процесса насыщения пред-

приятия управляющей информацией в экономическом ракурсе, в частности, под углом зрения обеспечения того или иного уровня эффекта его функционирования.

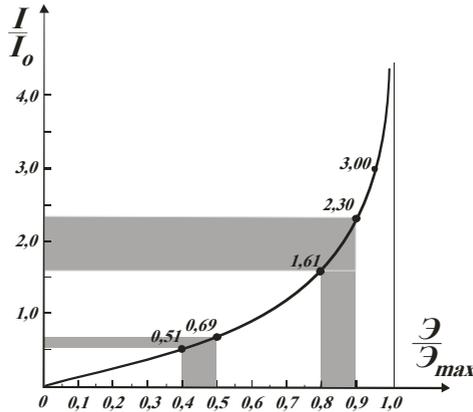


Рис 3.3. Зависимость между относительными величинами количества управляющей информации и эффекта деятельности предприятия

Вид кривой на графике отражает специфический характер связи между относительными величинами количества управляющей информации и эффекта деятельности предприятия: нижний пологий отрезок кривой сменяется в средней части графика восходящей ветвью с «крутым подъемом». Поэтому уровень эффекта в зоне малых значений требует меньше приращения управляющей информации, в отличие от поля больших величин (на рис. 3.3 приращения соответствуют ширине затемненных полос). Наконец, с приближением уровня эффекта к предельно возможному ($\mathcal{E} \rightarrow \mathcal{E}_{\max}$

или $\frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_{\max}} \rightarrow 1$) количество необходимой дополнительно вводимой управляющей информации на предприятии стремительно возрастает.

Найдем условие, при котором уровень эффекта деятельности предприятия будет устойчивым, несмотря на действие возникающих помех. Очевидно, относительному показателю $\frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_{\max}}$ будет свойственна устойчивость, если величина этой дроби остается в допустимом диапазоне значений от нижней $K_{\mathcal{E}}^n$ до верхней $K_{\mathcal{E}}^g$ границы, т.е. удовлетворяет двойному неравенству:

$$K_{\mathcal{E}}^n \leq \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_{\max}} \leq K_{\mathcal{E}}^g.$$

С учетом формулы (3.3) представим предыдущее выражение неравенством:

$$1 - K_3^e \leq e^{-\frac{I}{I_0}} \leq 1 - K_3^n,$$

и в результате его логарифмирования находим искомое условие устойчивости показателя эффекта деятельности предприятия:

$$\ln(1 - K_3^n)^{-1} \leq \frac{I}{I_0} \leq \ln(1 - K_3^e)^{-1}. \quad (3.5)$$

Таким образом, для поддержания устойчивого уровня эффекта $\frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_{\max}}$ в заданном интервале от нижней K_3^n до верхней K_3^e границы

включительно относительный показатель $\frac{I}{I_0}$ количества управляю-

щей информации на предприятии должен находиться в пределах неравенства (3.5). Выполнение этого условия обязывает осуществить ввод соответствующего объема I полезной информации в производственную систему предприятия для погашения помех, препятствующих достижению намеченного уровня \mathcal{E} эффекта его деятельности.

Вполне понятное совпадение левой и правой частей неравенства (3.5) с зависимостью (3.4) дает возможность вновь обратиться к рис. 3.3, чтобы визуальнo оценить закономерность соблюдения условия (3.5). Продолжая рассуждения по поводу величины приращения управляющей информации для получения необходимого уровня эффекта работы предприятия, можно констатировать, что при сравнительно малых значениях \mathcal{E} эффекта обеспечение его устойчивости является менее ресурсоемким, чем для величины \mathcal{E} , близкой к максимальному \mathcal{E}_{\max} .

Действительно, из рис. 3.3 видно, что для поддержания значения \mathcal{E} в пределах от $K_3^n = 0,4$ до $K_3^e = 0,5$ (от $0,4\mathcal{E}_{\max}$ до $0,5\mathcal{E}_{\max}$ включительно, т.е. при $0,4 \leq \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_{\max}} \leq 0,5$), величина относительного показателя

$\frac{I}{I_0}$ количества управляющей информации должна находиться в интерва-

ле $0,51 \leq \frac{I}{I_0} \leq 0,69$ (на рис. 3.3 этому интервалу отвечает нижняя горизон-

тальная затемненная полоса). В то же время сохранить устойчивость более высокого уровня эффекта, например, $\mathcal{E} \geq 0,8\mathcal{E}_{\max}$ гораздо труднее.

Так для получения уровня эффекта в пределах от $K_3'' = 0,8$ до $K_3^g = 0,9$ (от $0,8\text{Э}_{\text{max}}$ до $0,9\text{Э}_{\text{max}}$ включительно, т.е. при $0,8 \leq \frac{\text{Э}}{\text{Э}_{\text{max}}} \leq 0,9$) требуется обеспечить величину $\frac{I}{I_0}$ в интервале $1,61 \leq \frac{I}{I_0} \leq 2,30$ (на рис. 3.3 он показан верхней затемненной горизонталью). Тем самым объем полезной информации в производственной системе во втором случае должен возрасти (для нижних пределов K_3'' $1,61:0,51 \approx 3,16$ и верхних пределов K_3^g $2,30:0,69 \approx 3,33$) более, чем в три раза.

Ясно, что для доведения экономического эффекта до уровня $0,8 \div 0,9$ от максимально возможного Э_{max} и его устойчивости необходимо привлечь дополнительные ресурсы для сбора, передачи, обработки и хранения массивов информации. А это сопряжено с модернизацией структуры системы управления, оснащением ее более совершенными техническими и иными средствами, развитием алгоритмического аппарата, разработкой и освоением новых информационных технологий.

Появляется потребность в выборе экономичного варианта модернизации, поскольку чрезмерное усложнение системы управления при постоянстве других факторов ведет к неоправданным расходам и увеличению периода их возмещения. В самом деле, подобная инновационная модернизация системы управления предприятием связана с наращиванием капитальных вложений, направляемых для качественного улучшения функциональных свойств управленческих процессов. Источником же покрытия этих вложений становится вызываемый ими прирост эффекта деятельности предприятия, что предполагает оценку и анализ срока окупаемости затрачиваемых средств.

К обсуждаемым вопросам примыкает и проблема оценки полезности информации. С общесистемных соображений ценность информации определяется ее способностью обеспечить движение к цели, тогда как в экономическом аспекте уместно считать, что она позволяет достигнуть более высокие показатели объема производства продукции или прибыли [208]. Правомерно выдвинуть гипотезу о том, что тенденции изменения упорядоченности и эффективности поведения системы подчиняются определенным циклическим закономерностям, которые отражают характер инновационного развития системы. Модернизация ее может повлечь за собой не только обновление элементов системы, но и перестройку сложившихся внутренних связей и регламента работы, а значит, и ухудшения на первых порах упорядоченности функциониро-

вания системы. К тому же переоснащение технических, программных и иных средств имеет под собой инвестиционный задел, который предполагает вложение финансовых ресурсов и локальное понижение показателей эффективности управления. Лишь по прошествии времени с освоением инноваций и нарастанием ввода координирующей информации созревают условия для компенсации утраченного порядка и, благодаря улучшению организованности поведения системы, подъема на более высокий уровень эффекта ее деятельности.

Такая эволюция производственной системы может иметь различную динамическую картину и затрагивает вопросы обеспечения устойчивости ее функционирования. В одних случаях внедрение новшеств в деятельность производственной системы вносит незначительные сдвиги в траекторию ее движения, в других может порождать угрожающую устойчивости системы хаотичность. Поэтому с позиций цикличности изменения упорядоченности системы можно вести речь о характерных этапах в ее жизни, среди которых Б.Ю. Сербиновский выделяет «этапы расширения упорядоченности (закрепления устойчивого состояния системы), относительной неизменности соотношения упорядоченности и хаоса, уменьшения упорядоченности при переходе из одного состояния в другое, которое сопровождается практически полным или частичным разрушением прежней упорядоченности и активным поиском нового устойчивого состояния (переход через хаос)» [236, с. 85]. Подчеркнем, что описанный переход от упорядоченности к хаосу и вновь к упорядоченности носит относительный характер и отнюдь не всегда подвергает систему риску потери устойчивости, а лишь при недопустимых для режима ее работы возмущениях.

Показатель уровня знаний, накопленных обществом и заложенных в экономическую систему (конструкцию машин, сочетание агрегатов и т.д.), и показатель совершенства процесса управления в концепции В.А. Трапезникова обобщаются показателем уровня применяемых знаний и умений, или просто уровнем знаний. Именно этот показатель и определяется количеством и полезностью вводимой управляющей информации и использованными знаниями при создании предприятия. В формальном отношении уровень знаний пропорционален произведению показателей производительности труда, измеренному по выработанному чистому продукту, и фондоотдачи. По замыслу В.А. Трапезникова и уровень знаний, и производительность труда несут на себе отпечаток действия также трудовых (профессионально-квалификационного уровня работников, деловой активности и др.), социально-психологических (условий труда и быта, мотивации и стимулирования труда, дисциплины и др.) и иных факторов.

Между тем с помощью факторного разложения автору удалось найти связь уровня знаний с показателем структуры пассивов и финансовой устойчивости предприятия – коэффициентом автономии, которая выражается зависимостью (П5.1) в прил 5. Анализ показал, что среднегодовую величину коэффициента автономии можно представить как функцию показателей: финансового (среднегодовой доли первоначальной или восстановительной стоимости основных фондов в имуществе предприятия), информационно-управляющего (уровня знаний), финансово-экономического (эффективности собственных средств предприятия) и организационно-экономического (производительности труда), что выражает свойственную деятельности предприятия комплексность аспектов деятельности [297; 348].

Среди примечательных черт динамики факторных показателей – прямая зависимость между уровнем знаний, производительностью труда и эффективностью собственных средств. И это понятно: с возрастанием объема насыщающей структуру предприятия полезной информацией его деятельность становится более продуктивной и, наоборот, с потерей управляемости предприятия результативность его работы уменьшается. Наряду с этим, тенденция изменения количества полезной информации и эффективности деятельности предприятия контрастировала с ожидаемым изменением коэффициента автономии: по предположению улучшение экономических показателей должно вести к росту доли собственных средств в имуществе предприятия, а ухудшение эффективности работы предприятия к уменьшению этой доли. В действительности же имела место зависимость обратного характера, что объясняется, по-видимому, не только различной величиной прироста величин показателей на протяжении обозреваемого периода, но и превалярованием в стоимости имущества предприятия индексируемых из-за инфляции (переоценкой) основных фондов. Вследствие этого положительная динамика коэффициента автономии сочеталась с падением показателя эффективности деятельности предприятия, тогда как уменьшение коэффициента автономии – с ростом показателя эффективности, что напоминает о противоречивой связи показателей устойчивости и эффективности и убеждает в целесообразности охвата гаммы различных показателей работы предприятия.

Возможность оценить динамику показателей уровня знаний и связанных с ним показателей деятельности предприятия представится позже (§5.1 и 5.3), когда речь пойдет об анализе деятельности ОАО «Иркутскмебель».

Из вышесказанного делаем следующее заключение [23; 296]:

- жизнеспособность предприятия в нестабильной рыночной среде обусловливается его способностью воспринимать и понимать внешние

сигналы, т.е. информацию поставщиков ресурсов, потребителей продукции, конкурентов и других субъектов экономики;

- конкурентное преимущество предприятия возрастает при изготовлении наукоемкой продукции, материализующей современные инновации в области техники и технологии;

- устойчивость предприятия определяется гибкостью его ресурсов, что дает ему возможность противостоять внешним и внутренним помехам и тем самым адаптироваться к подвижной экономической ситуации;

- обеспечение устойчивого эффекта работы предприятия зависит от его информационного ресурса, накопленного в средствах производства и поддерживаемого организационно-управленческой деятельностью персонала предприятия;

- ориентация на максимально возможный эффект работы предприятия и сохранение его устойчивости оборачивается несоразмерным ростом затрат ресурсов, что дает повод руководствоваться взвешенным подходом при планировании экономических показателей деятельности предприятия;

- повышение уровня знаний на предприятии благоприятствует укреплению его финансовой устойчивости, которая вместе с тем находится в нетривиальной зависимости от эффективности деятельности предприятия;

- инновационное развитие производственных систем динамизирует их поведение и связано с циклическим изменением соотношения порядка и хаоса в поведении систем, влияющих на устойчивость их функционирования.

Необходимо помнить о том, что на эффект производственной системы существенное действие оказывает разнообразие ее состояний. С их ростом и усилением интенсивности помех, характерных для трансформационного периода нашей экономики, достижение намеченного уровня эффекта работы предприятия довольно проблематично и диктует необходимость продолжения исследования условий обеспечения его устойчивости, но уже под углом зрения свойств информации и информационных процессов в производственных системах.

Основные выводы:

1. Методологию управления устойчивостью производственных систем формируют современные приемы познания, способы описания и объяснения поведения экономических систем. Диалектическое осмысление противоречивых аспектов деятельности производственных систем поддерживается как ставшими классическими методами теории систем и

кибернетики, так и достаточно новыми аналитическими подходами (принципами сложности, дополнительности и др.), углубляющими представления о природе систем и отвечающими возросшей интеллектуализации и компьютеризации инструментов исследования (информационными технологиями с использованием нечетких множеств).

2. Естественнo-историческая тенденция усложнения факторов и структуры трудовой деятельности вскрывает процесс наращивания разнообразия состояний и информационного содержания производственных систем, благодаря чему улучшаются их возможности для адаптации к своему окружению и сохранения устойчивого поведения. Интеллектуализация производственной и управленческой деятельности привела к созданию ГПС и обеспечила их возросшую гибкость и эффективность.

3. Закономерность модернизации производственных систем под влиянием инноваций и материализации научных знаний рельефно просматривается в их воплощении в предметах, орудиях и продуктах труда, технологических, организационных и управленческих процессах, что убедительно иллюстрирует, в частности, прогресс в наукоемкости и миниатюризации электронных узлов и интегральных схем.

4. Толкование хаоса и информации в производственной системе с позиций термодинамики, статистической физики и синергетики позволяет раскрыть не только нелинейный характер неравновесных ситуаций, но и взаимосвязь энтропии с количеством информации, которая принимается мерой порядка и организованности поведения системы. Вместе с тем налицо закономерность сохранения количества внутренней и внешней информации, описывающей поведение системы: уменьшение внутренней информации при усилении хаоса в ней влечет за собой необходимость увеличения внешней информации, характеризующей поведение элементов системы. И, наоборот, вытеснение хаоса в результате наращивания внутренней информации требует меньшего количества внешней информации об упорядоченной системе.

5. Энтропийный подход к оценке эффекта работы производственных систем приводит к обоснованию его зависимости (экспоненциальной) от количества накопленной в системе информации и условия устойчивости показателя эффекта. Оно подтверждает, что в стремлении достигнуть максимальные величины эффекта наступает убывающая отдача информационного ресурса при постоянстве прочих факторов деятельности систем, поэтому налицо, с одной стороны, экономическое значение всемерного насыщения производственных систем полезной информацией, а с другой стороны, – цикличность в соотношении порядка и хаоса в эволюционирующих производственных системах и необходимость в их инновационном развитии.

4. ОБОБЩЕННЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ПОВЕДЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

4.1. Количественный и качественный аспекты информации. Порядок в производственной системе, его оценка и принцип достаточности

Несмотря на конструктивность и широкую распространенность применения, энтропийное оценивание информации не исчерпывает ее специфики в производственных системах, поскольку за рамками анализа остаются значимые черты их поведения. Крупнейший математик XX века А.Н. Колмогоров полагал, что аксиоматическое направление исследований информации с помощью показателя энтропии не учитывает качественный аспект информации. «Качественное своеобразие информации оказывается при этом несущественным», – отмечал он, и «надо понимать, что при всей увлекательности идей теории информации подобное стирание качественных особенностей информации имеет место только с известным приближением и при определенных условиях» [120, с. 38]. «Теория информации в ее теперешнем виде игнорирует смысл информации и тем более ценность информации для получателя», – утверждал А.А. Харкевич [283, с. 489]. Солидарен с ними и Г. Хакен: «Шенноновская информация никак не связана со смыслом передаваемого сигнала. В его концепцию информации не входят такие ее аспекты, как осмысленность или бессмысленность, полезность или бесполезность и т.д.» [281, с. 34–35].

Фокусирование внимания на качественной стороне информации вызвано необходимостью знать не только энтропийную меру состояний производственной системы, но и их отличительные особенности: состояния различаются продолжительностью, размерностью их чередования, определяющими динамику поведения производственной системы и дополняющими картину ее функционирования. Именно сочетание количественных и качественных признаков состояний помогает преодолеть однобокость вероятностной характеристики поведения производственных систем и достичь более емкого описания специфики их деятельности.

Исследование информационных процессов в эволюционирующих производственных системах наталкивается на проблемы, вызванные их универсальностью и послужившие предметом дискуссии в 60–70-х годах истекшего столетия. Каково содержание понятия информации? Существует ли она в неживой природе? Какие свойства у информации?

Эти и подобные им вопросы преследуют специалистов в ходе изучения систем в информационном разрезе.

Ответ на них потребовал логико-гносеологического анализа развития понятия информации, заинтересованно освещавшегося в нашей философской литературе. Итогом совместного обсуждения этой проблемы стало признание информации общенаучной категорией, которая тесно связана с разнообразием и отражением. Можно утверждать, что информация представляет собой разнообразие, которое один объект содержит о другом объекте (в процессе их взаимодействия), при этом воспроизведение разнообразия осуществляется благодаря отражению, и потому информацию можно понять как отраженное разнообразие, а сам информационный процесс – как отражение разнообразия. Вместе с тем подразумевается, что информацией о себе может обладать и сам объект в результате самоотражения. Поскольку разнообразие и отражение свойственны всей материи, то и информация выражает всеобщий атрибут материи, а не только живой природы.

Настоящее утверждение проливает свет на природу информации и принципиально для нас в двух отношениях:

во-первых, информация образуется и передается не только в процессе сознательной деятельности человека, ее объективно содержит как живая, так и неживая материя. В частности, размышляя об эволюции живых существ, П.К. Анохин выдвигает гипотезу о том, что уже на очень ранней стадии развития (в безлюдную эпоху) возникло универсальное приспособление с помощью обратной сигнализации о полезности произведенного действия. На этом основании «обратная информация в мире живых существ является абсолютно необходимым условием выживания *и потому получила свое широкое развитие задолго до того, как на Земле появился человек*» (выделено в тексте П.К. Анохиным) [16, с. 218]. Разрабатывая информационную теорию стоимости, К.К. Вальтух исходит из того, что воплощенная в природных и воспроизводимых средствах производства информация объективна [46].

Такой подход разделили и специалисты, посвятившие свои изыскания философскому осмыслению природы и свойств информации и информационных процессов: в отношении биологических систем М.И. Сетров [238], социальных систем В.Г. Афанасьев [20], неживой (неорганической) природы В.В. Парин, Б.В. Бирюков, Е.С. Геллер, И.Б. Новик [197], А.Д. Урсул [272] и др. Весьма выразительно писал на эту тему и В.М. Глушков: «Информацию несут в себе не только испещренные буквами листы книги или человеческая речь, но и солнечный свет, складки горного хребта, шум водопада, шелест листья и т.д.» [70, с. 15]. Тем более, еще раз отметим, информация заложена в техни-

ческих средствах производственных систем (в оборудовании, аппаратуре, коммуникациях и др.), в технологии изготовления изделий и в самих изготавливаемых продуктах труда (деталях, узлах, агрегатах, готовых изделиях и т.п.);

во-вторых, информация имеет основание для рассмотрения под различным углом зрения и измерения соответствующим способом, в том числе и нестатистическом. Энтропийное оценивание информации должно уступить невероятностным методам, когда требуется детерминированная мера разнообразия элементов. В этом отношении уместно вновь вернуться к мнению А.Н. Колмогорова о том, что «информация по своей природе — не специально вероятностное понятие» (цит. по [197, с. 43]).

Мысль о двух частях в теории информации была высказана ещё в 1949 году Дж. фон Нейманом. В его лекциях по теории и организации сложных автоматов мы находим, что «теория информации состоит из двух частей: точной и вероятностной. Вероятностная часть наиболее важна для современной вычислительной техники, а точная часть служит необходимым введением к ней. Эта точная часть теории информации представляет собой просто иной способ работы с формальной логикой» [181, с. 62].

Оба подхода к определению информации – статистический и нестатистический – базируются на свойстве разнообразия элементов, поскольку если этого разнообразия среди них нет, то нет и информации. В первом подходе разнообразие присутствует в исходах выбора элементов, во втором – в самом наличии различных элементов. Понятно, что множеству отличающихся друг от друга элементов свойственно наибольшее разнообразие, что даёт максимальную энтропию (выбор любого элемента равновероятен, а это увеличивает до определенного предела энтропию, и, следовательно, количество сохраняемой во множестве информации) и максимум нестатистической информации, имеющейся во множестве этих элементов.

В философском отношении эта двойственность вполне обоснована: первому подходу присуща возможность, выражаемая через категорию вероятности, второму – действительность состояний производственной системы, и вместе они взаимодополняют друг друга.

Между тем эволюция производственной системы может быть подчинена какому-либо порядку, либо, наоборот, носить в какой-то степени произвольный характер. В первом варианте в последовательности состояний станет больше предсказуемых и типичных состояний, во втором меньше. Поэтому разнообразие состояний системы в обоих вариантах будет иным, и упорядочение их будет означать сокращение

разнообразия состояний за счет уменьшения «шума». Теоретик концепции разнообразия У. Эшби считал, что мир без ограничений разнообразия был бы полностью хаотическим, отчего из ограничения разнообразия обычно можно извлечь пользу.

На фоне энтропийного оценивания состояний системы их разнообразие также трактовалось в терминах статистического подхода и связывалось с неопределённостью поведения этой системы. Вводимая в систему информация ограничивала шум и разнообразие её состояний, в результате чего функционирование системы становилось гораздо определённое и упорядоченнее. Это обстоятельство позволило в свое время сформулировать тезис о том, что информация – это упорядоченное отражение.

Однако непомерный уровень шума в работе производственной системы вызывает ее дезорганизацию и может угрожать устойчивости системы, если не блокировать его рост. Контролируемое поведение производственной системы удастся сохранять, благодаря наращиванию управляющей информации, способной удерживать работу системы в допустимом режиме. Ведь информация уменьшает разнообразие состояний системы и делает ее поведение более предсказуемым, что и составляет один из основных методов регулирования. При этом шум в системе ведет к увеличению разнообразия состояний системы, но не увеличивает содержащуюся в ней информацию.

Вместе с тем концепция разнообразия открывает возможность упорядочения состояний, имеющих и нестатистическое происхождение. Как и прежде, под ограничением разнообразия подразумевается уменьшение количества различных состояний, которое сопровождается накоплением информации в их последовательности. Но измерение количества информации, находящейся в заданной комбинации состояний производственной системы и лишенной потому случайной закономерности, должно выполняться детерминированными параметрами. Трудность же состоит в том, что объективизация параметров осложняется индивидуальным восприятием их аналитиками и привнесением доли произвола в формализуемые ими функциональные зависимости. И, хотя субъективный подход обычно ассоциируется с потерей строгости, его формальные приемы, как показывает практика, могут быть вполне математическими и конструктивными по своим выводам.

Действительно, факторы среды отнюдь не всегда подчиняются стохастическим закономерностям и могут быть детерминированными по характеру действия. Например, часто предсказуемы или заранее известны номенклатура подлежащих изготовлению изделий, объем и трудоемкость их производства. Привлечение в этом случае вероят-

ностного инструментария к анализу уже сложившейся комбинации состояний производственной системы (речь не идет об устранении влияния на нее случайных возмущений) придает иную трактовку описываемому явлению и потому встречает методологические возражения.

Учитывая же производственную специфику состояний системы, примем, что разнообразие состояний порождается многотипностью обрабатываемых в ней изделий (заготовок, деталей, узлов, сборочных единиц, готовых изделий и др.) и сменяемостью их изготовления. Комбинация различных производственных работ, имеющих длительность и последовательность во времени, создает определенный режим работы производственной системы и разнообразие ее состояний. При таком подходе устойчивость поведения производственной системы будет осуществима лишь тогда, когда при нарастающем разнообразии состояний она сохранит свои параметры в допустимых пределах.

Тем самым в центре исследования оказываются динамика и взаимосвязь параметров упорядочивания состояний и устойчивости производственной системы, позволяющих поддерживать ей намеченный режим функционирования. Отправным пунктом для определения обоих параметров производственной системы служит уровень разнообразия ее состояний. Однако, если упорядоченность производственной системы предполагает уменьшение этого разнообразия, то устойчивость ее, наоборот, – резервирование состояний для нейтрализации отягощающих воздействий среды. Разнообразие состояний складывается под влиянием их различия, и в этом смысле устойчивость производственной системы характеризуется ее способностью «освоить» неоднородные состояния, тогда как предпосылкой упорядоченности работы системы служит однородность их.

Проведем анализ упорядоченности состояний производственной системы (ПС), для чего автор предлагает формализовать процесс изменения этих состояний с позиций детерминированного подхода [294]. В качестве меры упорядоченности состояний ПС введем функцию¹, оценивающую степень их однородности и зависящую от числа типов и масштабов производства изделий в j -ой ПС ($ПС_j$):

¹ По виду эта функция (4.1) совпадает с индексом Херфиндала, который иногда называют индексом Херфиндала–Хиршмана [331, с. 162], и в ряде работ наших экономистов (Е.М. Карлик и Я.Ш. Гельгор [108], Р.М. Петухов и Е.С. Лазуткин [204] и др.) этот показатель предложен для оценки уровня специализации производства. Формализованный вывод функции h_j для оценки упорядоченности и однородности состояний производственной системы приведен в [319], а доказательства излагаемых ниже ее свойств изложены в прил. 2.

$$h_j = \sum_{i=1}^{n_j} \left(\frac{q_{ij}}{q_j} \right)^2. \quad (4.1)$$

где q_{ij} – масштаб (трудоемкость) производства изделий (заготовок, деталей, узлов, сборочных единиц, готовых изделий) i -го типа в $ПС_j$, нормо-часы;

$$q_j = \sum_{i=1}^{n_j} q_{ij} -$$

масштаб (трудоемкость) производства изделий всех n_j типов в $ПС_j$, нормо-часы;

n_j – число изготавливаемых или обрабатываемых типов изделий в $ПС_j$, единиц.

Вполне очевидно, что сумма удельных масштабов производства равна единице:

$$\frac{q_{1j}}{q_j} + \frac{q_{2j}}{q_j} + \dots + \frac{q_{n_jj}}{q_j} = \frac{q_j}{q_j} = 1. \quad (4.2)$$

Функция h_j симметрична, выпукла, ее значения $h_j \in (0,1]$ и меняются непрерывно. При этом ее максимум

$$h_{j \max} = 1 \quad (4.3)$$

приходится на изготовление $n_j = 1$ типа изделий, а минимальное значение

$$h_{j \min} = n_j^{-1} \quad (4.4)$$

примечательно тем, что не зависит от удельных масштабов производства $\frac{q_{ij}}{q_j}$, когда они совпадают, и определяется лишь заданным числом

n_j типов изделий. Такое свойство функции h_j является для нас полезным и в этом отношении сближает ее с показателем энтропии, который, как известно, тоже не зависит от вероятностей исходов, когда они одинаковы, и количественно определяется лишь числом возможных исходов. Значения и функции h_j и показателя энтропии у К. Шеннона всегда положительны.

Интересно, что некоторые черты изменения функции h_j подобны энтропии, правда, имеют противоположную направленность, о чем свидетельствуют графики их показателей (рис. 4.1).

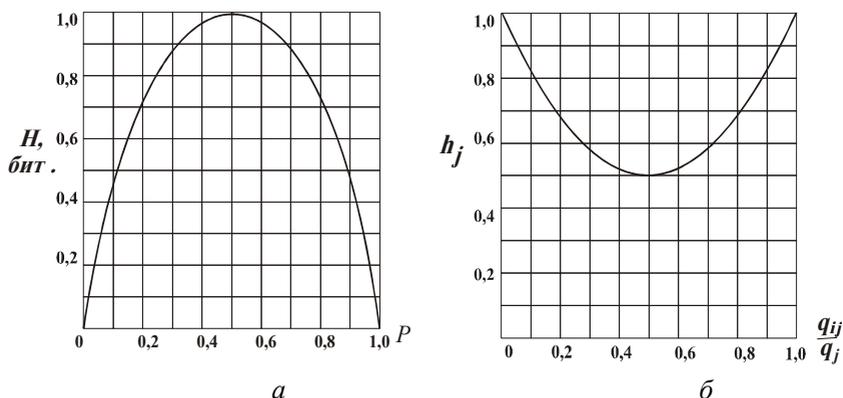


Рис. 4.1. Графики функций энтропии H (а) и упорядоченности h_j (б) для случая двух возможных исходов или состояний системы

Во-первых, с выравниванием удельных масштабов производства $\frac{q_{ij}}{q_j}$ функция h_j уменьшается, тогда как показатель энтропии с выравниванием вероятностей исходов увеличивается. Во-вторых, в упомянутом выше случае (при одинаковых удельных масштабах производства $\frac{q_{ij}}{q_j}$) функция h_j при заданном n_j имеет минимум, а энтропия при одинаковых вероятностях и заданном числе исходов – максимум. И, в-третьих, функция h_j достигает своего максимального предела (1,0) при $n_j = 1$, в то время как энтропия в аналогичной ситуации (при единственной вероятности, равной единице) достигает своего минимального предела (0,0).

Продолжим анализ функции h_j . Существование неснижаемого минимального предела (4.4) подводит к мысли о том, что при фиксированном n_j для последовательности состояний характерна некая начальная упорядоченность h_{j0} , формально отождествляемая с тем же выражением:

$$h_{j0} = h_{j\min} = n_j^{-1}. \quad (4.5)$$

Отсюда вытекает первый вывод относительно изменения величины начальной упорядоченности состояний производственной системы.

Вывод 1. По мере увеличения числа n_j типов изделий начальная упорядоченность h_{j0} состояний $ПС_j$ уменьшается и при $n_j \rightarrow \infty$ величина ее стремится к нулю: $h_{j0} \rightarrow 0$.

Между тем в конкретном случае упорядоченность состояний $ПС_j$ необязательно должна быть наименьшей: в зависимости от величин n_j и дробей $\frac{q_{ij}}{q_j}$ значение h_j (4.1) может быть и иным, но при этом

всегда $h_j \geq h_{j0}$. Уместно предположить, что случай строгого неравенства $h_j > h_{j0}$ соответствует наличию среди состояний $ПС_j$ дополнительной упорядоченности, которая введена в $ПС_j$ (обозначим ее Δh_{jB}) и численно равна разности между ними

$$\Delta h_{jB} = h_j - h_{j0} = h_j - n_j^{-1} \quad (4.6)$$

с учетом равенства (4.5).

Переписав эту формулу относительно h_j , получим сумму:

$$h_j = n_j^{-1} + h_j \quad (4.7)$$

и сформулируем следующий вывод.

Вывод 2. При равных условиях относительно Δh_{jB} ($\Delta h_{jB} = \text{const}$) упорядоченность состояний $ПС_j$ будет возрастать при уменьшении находящихся в производстве различных типов изделий (n_j). Верно и обратное: увеличение числа n_j типов изделий при тех же условиях ведет к уменьшению упорядоченности состояний $ПС_j$.

Рассматривая полученные выводы под углом зрения устойчивости $ПС_j$, можно заметить, что для ее обеспечения система должна обладать способностью изготовления достаточного числа типов изделий, что не противоречит необходимости минимизировать число фактически запускаемых в производство типов изделий. Если возможность уменьшения n_j исчерпана, то дальнейшее упорядочение состояний $ПС_j$ проводится посредством «ввода в действие» другого слагаемого (4.7) Δh_{jB} , для чего укажем на третий вывод.

Вывод 3. Дополнительное упорядочение ($\Delta h_{jB} \rightarrow 1$) при неизменном n_j ($n_j = \text{const}$), согласно (4.6), имеет место в процессе максимизации h_j ($h_j \rightarrow 1$) за счет группирования масштабов производства q_{ij} для наращивания времени изготовления одних и сокращения времени производства других типов изделий.

Это означает целенаправленный переход к доминированию ограниченного числа различных состояний в $ПС_j$ или в терминах экономики повышение концентрации производства. В этом случае в черед состояний системы появляются преобладающие, что придаст им больше повторяемости и стабильности.

Найдем относительную величину введенной упорядоченности Δh_{jB} , для чего сравним ее с достигнутой упорядоченностью состояний

$ПС_j$. Поскольку общая упорядоченность оценивается величиной h_j , долю введенной упорядоченности оценим отношением:

$$\frac{\Delta h_{jB}}{h_j} = 1 - (n_j h_j)^{-1},$$

принимая во внимание (4.6).

Вывод 4. Приближение $\Delta h_{jB} \rightarrow h_j$ имеет место при монотонном увеличении произведения $n_j h_j$. Во всяком случае необходимо, чтобы выполнялось условие $n_j h_j \gg 1$ или равносильное ему $h_j \gg n_j^{-1}$.

Толкование упорядоченности состояний $ПС_j$ со статистической точки зрения дает возможность уточнить выводы 1–3. Принимая во внимание свойство (4.2), среднеарифметическое величин $\frac{q_{ij}}{q_j}$ равно n_j^{-1} , и потому несмещенная оценка их дисперсии определяется выражением:

$$S_j^2 = \frac{1}{n_j - 1} \sum_{i=1}^{n_j} \left(n_j^{-1} - \frac{q_{ij}}{q_j} \right)^2.$$

Раскрыв скобки, а затем суммируя и учитывая (4.1) и (4.2), найдем равносильное:

$$S_j^2 = \frac{h_j - n_j^{-1}}{n_j - 1}. \quad (4.8)$$

Вывод 5. С выравниванием масштабов изготовления изделий q_{ij} (при $q_{1j} = q_{2j} = \dots = q_{ij} = \dots = q_{n_j j}$) и любом $n_j > 1$ величина дисперсии по определению принимает нулевое значение: $S_j^2 = 0$. В соответствии с (4.8) этому отвечает случай $h_j = n_j^{-1}$, т.е. наличия в $ПС_j$ лишь начальной (минимальной) упорядоченности h_{jo} (4.5) и отсутствия в ней введенной Δh_{jB} (4.6).

Далее, замечая совпадение числителя дроби (4.8) и разности (4.6), придем к формуле:

$$\Delta h_{jB} = (n_j - 1) S_j^2. \quad (4.9)$$

Вывод 6. Чем значительнее разброс масштабов изготовления изделий q_{ij} при заданном $n_j > 1$, тем больше и количество Δh_{jB} введенной в $ПС_j$ упорядоченности.

Обратим внимание на следующее характерное положение. До сих пор без обсуждения предполагалось, что для производственных систем соблюдается условие, которое можно рассматривать как аксиому постоянства совокупной упорядоченности и неупорядоченности ее состояний: изменение одной из них влечет за собой изменение другой в противоположном направлении, но в равной мере, а именно: приращение упорядоченности на какую-либо величину означает убывание неупорядоченности состояний на такую же величину, и, наоборот, рост неупорядоченности состояний сопровождается уменьшением их упорядоченности в той же численной мере. Для развиваемого автором подхода такой принцип верен и получает не только содержательное, но и математическое подтверждение. Формализованный анализ (§ 6 прил. 2) дает основание для заключения о том, что сумма показателей упорядоченности h_j и неупорядоченности (обозначим его символом h'_j) состояний системы всегда есть величина постоянная и равна 1 (П2.9):

$$h_j + h'_j = 1. \quad (4.10)$$

В практическом отношении это равенство удобно тем, что освобождает от необходимости в вычислении одного из показателей (h_j или h'_j), когда известен другой (соответственно h'_j или h_j). Ведь для определения величины какого-либо из них (например, h'_j) достаточно располагать значением парного с ним показателя (в данном случае h_j), дополняющего h'_j до единицы. Поэтому такое правило можно назвать *принципом достаточности*, который, благодаря свойству постоянства суммы показателей упорядоченности и неупорядоченности состояний производственной системы позволяет обойтись знанием лишь одного из них. По существу, в статистическом подходе принят близкий по смыслу негэнтропийный принцип информации Л. Бриллюэна, о котором шла речь в § 3.4, и утверждающий, что при введении в систему информации ее энтропия уменьшается, а негэнтропия увеличивается на одну и ту же величину количества вводимой информации. Поскольку с философских позиций информация выражает упорядоченное отражение, а шум неупорядоченное отражение, свойство постоянства количества информации и шума было представлено как закон сохранения отражения в замкнутой системе (И.Б. Новик [189, с. 127]).

Вывод 7. Для производственных систем справедлив принцип достаточности, согласно которому совокупная величина упорядоченности и неупорядоченности ее состояний не меняется и численно всегда равна единице, что имеет аналогию и в статистической трактовке поведения системы.

Воспользуемся этим правилом. Заметим, что при заданном n_j максимальный предел неупорядоченности с учетом (4.4) и (4.10) определяется выражением:

$$h'_{j \max} = 1 - h_{j \min} = 1 - n_j^{-1}. \quad (4.11)$$

Принимая теперь в соответствии с (4.10) величину $h'_j = 1 - h_j$, найдем, что разность между $h'_{j \max}$ (4.11) и h'_j

$$h'_{j \max} - h'_j = h_j - n_j^{-1} = \Delta h_{jB}. \quad (4.12)$$

как и следовало ожидать, есть введенная в $ПС_j$ упорядоченность состояний Δh_{jB} (4.6) или в кибернетическом аспекте абсолютная организация системы [335, с. 161]. Это выражение подчеркивает то свойство, что упорядоченность $ПС_j$ будет тем выше, чем меньше в ней неупорядоченность состояний h'_j по сравнению с максимально возможной неупорядоченностью $h'_{j \max}$, и его можно трактовать как проявление закона сохранения организации.

Относительный уровень упорядоченности U_j состояний $ПС_j$ оценним выражением, которое применяется для определения уровня организации системы [335, с. 161]:

$$U_j = 1 - \frac{h'_j}{h'_{j \max}}.$$

Смысл его ясен: при отсутствии в $ПС_j$ неупорядоченности ($h'_j = 0$) этот уровень достигает максимального значения $U_j = 1$, и, наоборот, при текущем значении $h'_j = h'_{j \max}$ он снижается до минимума: $U_j = 0$.

Видим также, что, принимая во внимание (4.12),

$$U_j = 1 - \frac{h'_j}{h'_{j \max}} = \frac{h'_{j \max} - h'_j}{h'_{j \max}} = \frac{\Delta h_{jB}}{h'_{j \max}}, \quad (4.13)$$

и уровень U_j показывает отношение введенной в $ПС_j$ упорядоченности к максимальному значению неупорядоченности. С помощью формул (4.9) и (4.11), придадим полученной зависимости иной вид:

$$U_j = n_j S_j^2. \quad (4.14)$$

Вывод 8. Относительный уровень U_j упорядоченности состояний $ПС_j$ при фиксированном $n_j > 1$ прямо пропорционален величине разброса S_j^2 масштабов производства q_{ij} и равен нулю при отсутствии такового ($S_j^2 = 0$). Последнее, согласно выводу 5, соответствует наличию в $ПС_j$ только начальной (минимальной) упорядоченности.

Вместе с тем, исходя из определения уровня U_j (4.13), а также (4.11) и (4.12), можно выражение для него записать и так:

$$U_j = \frac{\Delta h_{jB}}{h'_{j \max}} = \frac{n_j h_j - 1}{n_j - 1}.$$

Вывод 9. Сохранение уровня упорядоченности U_j состояний $ПС_j$ при нарастающем $n_j > 1$ достижимо в том случае, если величина h_j компенсирует увеличение n_j многообразия типов изделий. Необходимым условием повышения уровня U_j служит приближение значения $h_j \rightarrow 1$.

Резюме состоит в том, что повышение упорядоченности состояний производственной системы правомерно рассматривать с точки зрения ввода в систему полезной информации, понимаемой не только в статистическом, но и нестатистическом измерении. Поэтому вероятностная и детерминированная оценки информации и упорядоченности состояний производственных систем отражают две грани производственного процесса и потому не входят в противоречие, а взаимодополняют друг друга и дают более полное представление о заключенной в нем объеме информации. В философском аспекте оба подхода могут быть объяснены в рамках концепции разнообразия, исходящей из свойства различия элементов некоторого множества как источника полезных сведений о них: информации об этом множестве. Вот почему эта концепция выступает общей методологической базой для аргументации как вероятностной, так и детерминированной трактовки количества информации и степени порядка в производственном процессе.

При этом примечательно то, что для производственной системы соблюдается принцип достаточности, который устанавливает постоянство совокупной величины упорядоченности и неупорядоченности ее состояний, что имеет аналогию с негэнтропийным принципом информации в кибернетике и вписывается в излагаемый детерминированный подход, подводя под него логические основания.

4.2. Разнообразие состояний системы как обобщение меры их неоднородности и нерегулярности

Вообще говоря, рассматриваемое в широком (в т.ч. и нестатистическом) смысле свойство неоднородности проявляет себя и в упорядоченных, и в неупорядоченных структурах. Упорядоченная структура систем более «кристаллизована», нежели неупорядоченная, потому что имеет больше связанных между собой элементов. Вследствие этого

производственные системы больше оказывают непосредственное влияние на поведение друг друга и ограничивают разнообразие их возможных состояний, что, в свою очередь, повышает организованность поведения производственных систем в целом.

Вкупе с параметром однородности необходимо учитывать и периодичность смены явлений, степень их повторяемости во времени, которая раскрывает закономерность протекания процессов в производственной системе и сообщает о мере порядка в ее поведении. Действительно, в ходе производства процесс труда создает пространственно-временную структуру: в комбинации средств и предметов труда складывается маршрут перемещения предметов по рабочим местам, время выполнения детаеопераций на рабочих местах, межоперационное время прослеживания изделий и т.д. Между тем было выяснено, что разнообразие состояний эволюционирующих производственных систем характеризуется не только количеством этих состояний, но и их индивидуальными особенностями, в т.ч. продолжительностью состояний и степенью их ритмичности. Поэтому, наряду с параметром однородности, оказалось необходимым ввести параметр регулярности, улавливающий меру сходства длительностей состояний и размеренность их чередования и, кроме того, оценивающий упорядоченность работы производственной системы и количество информации, которое несет в себе комбинация ее состояний.

Правомерно принять, что состояния j -ой производственной системы ($ПС_j$) однородны при производстве в ней однотипных изделий. Неоднородность ее состояний (обозначим R'_{oj}) появляется с изготовлением в $ПС_j$ двух и более типов изделий и усиливается по мере того, как превалирование производства какого-либо из них уступает выравниванию масштабов (трудоемкости) производства изделий всех типов. Нерегулярность состояний такой производственной системы (обозначим R'_{pj}), наоборот, порождается расхождением масштабов производства, что ведет к смене состояний системы через неодинаковые промежутки времени, и она тем больше, чем заметнее отличаются масштабы производства изделий разных типов.

В соответствии с формализованным выводом для показателей неоднородности R'_{oj} и нерегулярности R'_{pj} состояний $ПС_j$ получены (§ 5 и 7 прил. 2) следующие математические выражения (П2.6) и (П2.11):

$$R'_{oj} = 1 - h_j, \quad (4.15)$$

$$R'_{pj} = h_j - n_j^{-1}. \quad (4.16)$$

Легко проверить, что значения этих показателей отвечают нашим представлениям о степени неоднородности и нерегулярности состояний $ПС_j$. В самом деле, при изготовлении в $ПС_j$ изделий одного типа ($n_j = 1$), согласно (4.3), $h_j = 1$ и поэтому по (4.15) и (4.16) $R'_{oj} = R'_{pj} = 0$, т.е. неоднородность и нерегулярность состояний $ПС_j$ минимальны (рис. 4.2).

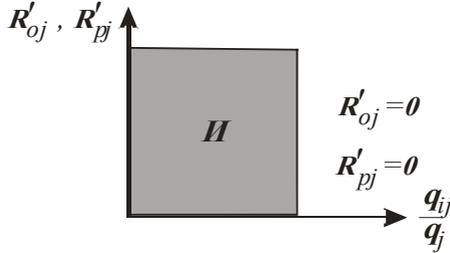


Рис. 4.2. Минимальные значения неоднородности и нерегулярности состояний системы при изготовлении в ней изделий $И$ одного типа

В данном случае $ПС_j$ пребывает в совершенно одинаковых состояниях, и это дает право условно принять, что она находится в одном и том же состоянии, поскольку разнообразие состояний в ней отсутствует. Если в $ПС_j$ масштабы производства изделий всех n_j типов равны между собой ($q_{1j} = q_{2j} = \dots = q_{ij} = \dots = q_{n_jj}$), в ней происходит ритмичная (через равные промежутки времени) смена состояний системы (рис. 4.3).

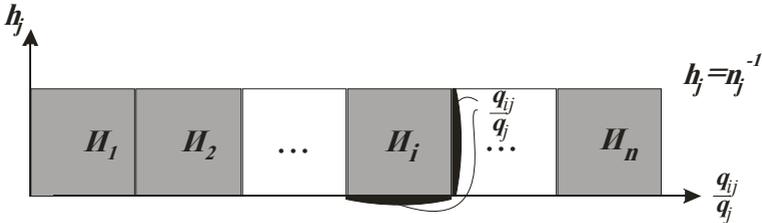


Рис. 4.3. Максимальная величина неоднородности и минимальная величина нерегулярности состояний системы при изготовлении в ней изделий $I_1 - I_n$ множества типов и одинакового масштаба производства

Понятно, что тогда неоднородность R'_{oj} (4.15) состояний $ПС_j$ с увеличением числа типов изделий ($n_j \rightarrow \infty$) максимизируется и стремится к единице, т.к. по (4.4) $h_{j \min} = n_j^{-1} \rightarrow 0$. Однако нерегулярность состояний

R'_{pj} (4.16) при этом имеет наименьшее нулевое значение ($R'_{pj} = 0$) вследствие того, что $h_j = n_j^{-1}$ по тому же свойству (4.4) функции h_j .

Далее. Снижение неоднородности и повышение нерегулярности состояний $ПС_j$ связано с прогрессирующим расхождением масштабов производства значительного числа типов изделий (рис. 4.4).

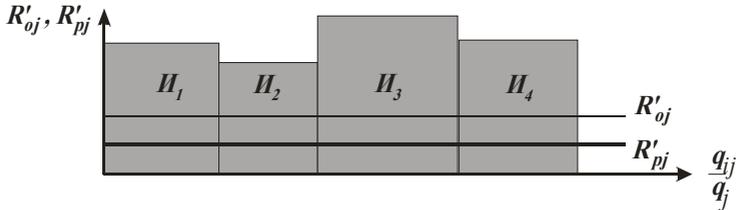


Рис. 4.4. Снижение величины неоднородности и повышение величины нерегулярности состояний системы при изготовлении в ней нарастающего множества типов изделий, отличающихся масштабом производства

При этом, чем больше разброс масштабов производств q_{ij} и потому $h_j \rightarrow 1$, с одной стороны, чем больше в данном случае изготавливается типов изделий ($n_j \rightarrow \infty$, а $n_j^{-1} \rightarrow 0$), с другой, тем по (4.15) меньше показатель неоднородности $R'_{oj} \rightarrow 0$, зато, согласно (4.16), величина нерегулярности растёт и $R'_{pj} \rightarrow 1$.

Выражая оценки неоднородности R'_{oj} и нерегулярности R'_{pj} состояний $ПС_j$ через функцию h_j , придём к следующему обобщению: в соответствии с (4.3) $h_{j\max} = 1$, выражение для R'_{oj} (4.15) можно записать в виде:

$$R'_{oj} = 1 - h_j = h_{j\max} - h_j. \quad (4.17)$$

т.е. неоднородность состояний $ПС_j$ равна разности между максимальным и имеющимся значением h_j .

Вместе с тем согласно (4.4) $h_{j\min} = n_j^{-1}$, формулу для показателя R'_{pj} нерегулярности состояний $ПС_j$ (4.16) запишем:

$$R'_{pj} = h_j - n_j^{-1} = h_j - h_{j\min}. \quad (4.18)$$

как разность между имеющимся и минимальным значением функции h_j .

Допуская известное упрощение и исходя из того, что разнообразие состояний $ПС_j$ определяется их неоднородностью и нерегулярностью, можно провести условную оценку разнообразия R_j этих состояний.

Сложив арифметически R'_{oj} и R'_{pj} и их выражения (4.17) и (4.18), получим с учетом (4.4) суммативную величину разнообразия R_j :

$$R_j = R'_{oj} - R'_{pj} = h_{j\max} - h_{j\min} = 1 - n_j^{-1}. \quad (4.19)$$

Этот результат аналогичен кибернетической трактовке разнообразия, признающей количество разнообразия зависимым лишь от числа отличающихся состояний, в данном случае числа n_j типов изготавливаемых в производственной системе изделий.

Наглядное изображение величин R'_{oj} (4.17), R'_{pj} (4.18) и R_j (4.19) на числовой оси $[0,1]$ можно представить графически (рис. 4.5):

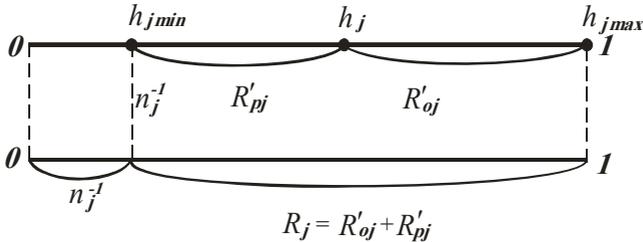


Рис. 4.5. Изображение величин R'_{oj} , R'_{pj} и R_j на числовой оси

4.3. Симбиоз вероятностного и детерминированного способов и принцип дополнительности в анализе поведения производственной системы

Органическое единство обоих – статистического (вероятностного) и нестатистического (детерминированного) – подходов вытекает из природы производственного процесса, и применение их в комплексе к анализу организованности производственных систем может рассматриваться как симбиоз этих подходов и приложение физического принципа дополнительности к экономическим исследованиям.

Не вдаваясь в подробности истории обоснования этого принципа, отметим лишь, что своим появлением он обязан Н. Бору в период бурного развития квантовой механики атомных систем, когда стала очевидной двойственность свойств света как корпускул (частиц) и волны. Казавшиеся на первый взгляд несовместимыми и парадоксальными,

подобные представления о свете на самом деле были объективными и отражали целостную картину микромира.

Чтобы понять принцип дополнительности, обратимся к рассуждению одного из создателей квантовой механики, исследования которого имели главенствующее значение для постулирования Н. Бором этого принципа, – В. Гейзенберга. «Применение понятия «волна материи» целесообразно в том случае, если речь идет об излучении атома. Излучение, обладая определенной частотой и интенсивностью, дает нам информацию об изменяющемся распределении зарядов в атоме; при этом волновая картина ближе стоит к истине, чем корпускулярная, – объяснял он. – Поэтому Бор советовал применять обе картины. Их он назвал дополнительными»¹ [62, с. 22].

Проблема осложнялась тем, что взятые порознь и корпускулярное, и волновое толкование атома не вызывали сомнений, потому что соответствовали результатам экспериментов. Но когда они рассматривались не в отдельности, а в единстве, то противоречили друг другу как несовместимые. Продолжим цитирование В. Гейзенберга: «Обе картины, естественно, исключали друг друга, так как определенный предмет не может в одно и то же время быть и частицей (то есть субстанцией, ограниченной в малом объеме) и волной (то есть полем, распространяющимся в большом объеме). Но обе картины дополняют друг друга. Если использовать обе картины, переходя от одной к другой и обратно, то в конце концов получится правильное представление о примечательном виде реальности, который скрывается за нашими экспериментами с атомами» [62, с. 22].

Такое далеко нетривиальное суждение, которое выходило за рамки «общепринятого» мировоззрения, поражало своей необычностью и казалось обманчивым. Но физические эксперименты неопровержимо свидетельствовали: только «взаимоисключающие» и вместе с тем дополняющие друг друга явления могут привести к достоверному пониманию картины микромира, что имело революционное значение для науки того времени. Словом, приходилось мыслить уже не категориями типа «или одно, или другое», а категориями «как то, так и другое», хотя они на первый взгляд кажутся прямо противоположными и несочетаемыми. Впоследствии этот дуализм нашел и философскую

¹ Самому В. Гейзенбергу принадлежит заслуга в открытии в квантовой механике принципа неопределенности, связанного с принципом дополнительности, и согласно которому невозможно с одинаковой точностью измерить координаты и импульс микроскопической системы. Известен также принцип неопределенности Д. Габора, говорящий, что одновременно провести анализ физического сигнала по времени и частоте можно с некоторой ограниченной точностью.

поддержку, демонстрируя сложность и многогранность описания природных систем. «Понятие дополнительности заявляет о себе, – писал коллега Н. Бора по исследованию квантовой механики Л. Розенфельд, – как только мы начинаем размышлять, например, над психическим опытом нашей повседневной жизни и становимся перед выбором между двумя различными точками зрения, которые, хотя взаимно и исключают друг друга, но, взятые в отдельности, могут быть справедливыми...В этом случае мы можем двояко подойти к объяснению одного и того же явления; мы располагаем двумя одинаково существенными возможностями приблизиться к полному пониманию явления, хотя они взаимно и исключают друг друга» [40, с. 68].

За физической стороной принципа дополнительности видим ключевой для нас методологический аспект явления [314]. Чем ценен для нашей проблематики симбиоз вероятностного и детерминированного подходов и принцип дополнительности?

Во-первых, он убедительно подтверждает еще раз, что реальный мир богаче наших познавательных возможностей и арсенала аналитических способов. Язык описания явлений природы страдает ограниченностью, поскольку объективно не дает полного представления о них.

Во-вторых, подобная неполнота отражения явлений оправдывает применение не одного, а ряда описательных средств, каждый из которых выражает значимую сторону изучаемого явления, а вместе дают возможность приблизиться к более емкому его пониманию.

В-третьих, кажущееся взаимоисключение применяемых описательных средств не должно служить препятствием для их использования в научном поиске и поводом для того, чтобы отвергнуть такое описание как несостоятельное, с точки зрения «здорового смысла». Поспешное «изгнание» парадоксальных приемов, которые идут вразрез с укоренившимися исследовательскими подходами, впоследствии может быть признано ошибочным в рамках новой парадигмы.

Вернемся к обсуждению разнообразия состояний системы, которое ранее трактовалось в терминах статистического подхода и связывалось с неопределённостью поведения этой системы. Воспользуемся формализованными выше оценками параметров неоднородности и нерегулярности состояний производственной системы, полагая, что с увеличением их неоднородности и нерегулярности повышается и разнообразие ее состояний.

При введении функции h_j (4.1) был выполнен сравнительный анализ с показателем энтропии и обращено внимание на ее характерное свойство: максимум (4.3) величины функции h_j приходится на изготовление в $ПС_j$ изделий одного типа, а стремление к минимуму (4.4) вы-

зывается увеличивающимся количеством n_j различных типов изготавливаемых изделий и выравниванием величин q_{ij} трудоемкости их производства, когда в $ПС_j$ нет доминирующих состояний. Такое положение производственной системы, когда масштабы производства изделий множества типов совпадают (см. рис. 4.3), подобно равновесному, при котором балансируются все взаимодействия в системе и устраняются различия в свойствах состояний системы. С энтропийных позиций равновесие системы также предполагает одинаковую вероятность ее состояний, что не позволяет выделить в их комбинации каких-либо специфических состояний¹.

Сходство вероятностного и детерминированного подходов просматривается в том, что упорядочение состояний в производственной системе достигается вводом в их последовательность полезной информации, которая придает поведению системы больше своеобразия: появлению в их калейдоскопе некоторых преимущественных изделий, с точки зрения загрузки ими производственной системы. Для этого проводится концентрация производства близких по конструктивно-технологическим параметрам изделий (распространенный в организации машиностроительного производства групповой метод обработки), что ведет к наращиванию упорядочения состояний производственной системы (см. вывод 3 в § 4.1). В этом контексте, по мнению автора, отрицательная энтропия – H (негэнтропия) и однородность состояний системы подобны друг другу и сообщают об упорядоченности ее поведения: чем больше в ней негэнтропия и однородность состояний, тем выше организованность системы.

Аналогия со статистическим подходом прослеживается и дальше. Как энтропия поглощает информацию и в системе происходит ее накопление, так и неоднородность состояний хранит в себе нестатистическую информацию. «Всякая неоднородность несет с собой какую-то информацию», – находим уместное для наших рассуждений мнение В.М. Глушкова [67, с. 53]. В самом деле, ведь наше внимание привлекают не столько обыденные массовые явления, сколько на их фоне особенные и уникальные, что дает новую информацию о наблюдаемом процессе.

Обратимся теперь к формализации приведенных рассуждений. Найдем соотношение показателей неоднородности R'_{ij} состояний $ПС_j$ и

¹ Подтверждаем, что и в статистической физике равномерное распределение молекул в некотором «ящике» (изолированный идеальный газ) предельно случайно, беспорядочно и отвечает равновесному, тогда как неравномерное распределение молекул – упорядоченному состоянию.

максимального его значения $R'_{oj\max}$. Для этого из (4.15) получим, что $R'_{oj\max} = 1 - h_{j\min}$, а затем разделим R'_{oj} (4.15) на выражение для $R'_{oj\max}$:

$$\frac{R'_{oj}}{R'_{oj\max}} = \frac{1 - h_j}{1 - h_{j\min}}$$

и, пользуясь разложением показательной функции в степенной ряд, заменим числитель и знаменатель дроби их приближениями: $1 - h_j \approx e^{-h_j}$ и $1 - h_{j\min} \approx e^{-h_{j\min}}$, в результате чего дробь преобразуется следующим образом:

$$\frac{R'_{oj}}{R'_{oj\max}} \approx \frac{e^{-h_j}}{e^{-h_{j\min}}} = e^{-(h_j - h_{j\min})}. \quad (4.20)$$

Что закономерно? Полученный, исходя из нестатистических представлений, результат выкладок по своей математической конструкции повторяет статистический (3.1) с той поправкой, что он оценивает неоднородность R'_{oj} состояний относительно максимальной $R'_{oj\max}$, в то время как в выражении (3.1) неупорядоченность B соизмеряется с начальной неупорядоченностью B^* . В обеих формулах (3.1) и (4.20) мы видим экспоненциальный характер зависимости и связь неупорядоченности B и неоднородности R'_{oj} с идентичными разностями $H^* - H$ и $h_j - h_{j\min}$ соответственно. И это понятно: ведь максимальная неоднородность состояний $R'_{oj\max}$ подразумевает выравнивание масштабов производства (равновесие системы) и характеризуется лишь начальной (минимальной) упорядоченностью состояний $h_{jo} = h_{j\min}$ (см. вывод 5 в § 4.1), что отвечает величине исходной неупорядоченности B^* в энтропийной интерпретации. Учитывая же ограниченность изменения величины R'_{oj} (4.15), выражение (4.20) согласуется с точкой зрения В.А. Трапезникова о том, что кривая, связанная с переработкой информации и имеющая предел, – это в большинстве случаев экспонента [268, с. 121].

Между тем, наряду с измерением степени неоднородности состояний PC_j , напомним, появляется необходимость в оценке и степени их нерегулярности. В этом отношении, замечая совпадение разности (4.18) и показателя степени выражения (4.20), в итоге приходим к заключению о том, что для него имеет место примерное равенство:

$$\frac{R'_{oj}}{R'_{oj\max}} \approx e^{-R'_{pj}}. \quad (4.21)$$

Сходство выражений (3.2) и (4.21) и показателей степени при величине e ($-\frac{I}{a}$ и $-R'_{pj}$, соответственно), в свою очередь, наводит на мысль относительно нестатистической информации, содержащейся в комбинации состояний производственной системы: эта информация есть не что иное, как нерегулярность состояний этой системы. Тем самым понятия введенной информации в систему и существующей нерегулярности ее состояний становятся по формальным соображениям аналогами, отражая свойство нерегулярности фиксировать в себе разнообразие состояний в зависимости от типов изделий и профиля загрузки производственной системы. Такой нестатистический подход к анализу упорядоченности состояний системы придает достаточную полноту вероятностно-детерминированным представлениям об организованности ее поведения.

При этом важно иметь в виду, что выражение (4.21) констатирует сходство информации и нерегулярности состояний системы в большей мере в познавательном аспекте, чем сугубо математическом. Допущенные при его выводе упрощения, связанные с разложением показательных функций в степенной ряд, в некоторых ситуациях могут привести к значительным расхождениям между левой и правой частями примерного равенства (4.21), вследствие чего оно носит, главным образом, концептуальный характер.

В завершение подчеркнем, что ценность симбиоза вероятностного и детерминированного подходов и применения принципа дополненности в исследовании организованности производственных систем должна быть продемонстрирована не только результатами содержательного и формализованного анализа, но и его приложениями в практической деятельности управленческого персонала предприятий.

Основные выводы:

1. Исследование информационных процессов выявило неполноту энтропийного описания количества информации, игнорирующего ее качественный атрибут, в связи с чем информационная оценка состояний производственной системы не учитывает специфические особенности ее поведения. Наряду с этим вероятностная мера информации должна быть дополнена детерминированной, когда источником информации выступает не случайная последовательность состояний сис-

темы, а обе меры дополняют друг друга и могут быть интерпретированы на основе кибернетической концепции разнообразия.

2. В рамках этой концепции упорядоченность поведения производственной системы повышается при уменьшении разнообразия ее состояний, тогда как устойчивость функционирования системы – свойство удерживать параметры в допустимых пределах – исходит из необходимости резервирования потенциальных состояний системы для нейтрализации влияния возмущений среды. Последнее имеет значение для адаптивности производственной системы, что не исключает сокращения избыточного разнообразия ее состояний для поддержания упорядоченности системы.

3. Для детерминированной оценки упорядоченности состояний производственной системы вводится функция, значения которой сообщают о степени однородности состояний и зависят от числа типов и масштабов производства изделий в этой системе. Имея сходство со свойствами показателя энтропии, вводимая функция упорядоченности состояний системы удовлетворяет предъявляемым к ней требованиям и используется для измерения и анализа количества нестатистической информации в системе. С привлечением этой функции формулируется принцип достаточности, констатирующий свойство постоянства суммы показателей упорядоченности и неупорядоченности состояний производственной системы, и подобный негэнтропийному принципу информации Л. Бриллюэна.

4. С целью более достоверного измерения степени упорядоченности состояний производственной системы и содержащейся в ней информации автор обосновываются функции оценки однородности (неоднородности) и регулярности (нерегулярности) этих состояний, математическое обобщение которых дает принятое в кибернетике определение разнообразия состояний системы. Формализованный анализ изменения функций неоднородности, нерегулярности и разнообразия состояний показывает выполнимость ими принятых допущений в отношении поведения этих функций.

5. Применение физического принципа дополнительности Н. Бора к описанию информационного содержания производственных систем подводит к симбиозу вероятностного и детерминированного способов анализа их поведения и дает основание для утверждения об аналогии их показателей: отрицательной энтропии (негэнтропии) и однородности состояний производственной системы, с одной стороны, и введенной в нее статистической информации и существующей нерегулярности состояний, с другой стороны. В итоге достигается более полная вероятностно-детерминированная характеристика информации и упорядоченности поведения производственной системы.

5. ТЕХНОЛОГИЯ И ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТЬЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ С ИННОВАЦИОННЫМ ОСНАЩЕНИЕМ ПРИКЛАДНЫХ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ

5.1. Предпосылки разработки и функции инновационной технологии управления устойчивостью предприятия

Открытое влиянию внешних и внутренних возмущений, предприятие испытывает натиск бурного потока перемен, в результате чего его поведение отклоняется от заданного режима и тем самым подвергается риску потери устойчивости. Дрейф траектории предприятия за пределы пространства допустимых состояний может быть чреват не только мало предсказуемыми последствиями, но и истощением ресурсов его производственных систем и завершением их жизненного цикла.

Трансформационные риски, довлеющие над деятельностью промышленных предприятий, весьма многообразны и среди них прежде всего:

- колебания платежеспособного спроса по целому ряду причин (изменение покупательских предпочтений, обострение конкуренции и др.);
- перебои в поставках сырья, материалов, комплектующих, энергии, финансовых средств и других потребляемых ресурсов, ввиду чего появляется аритмия производственного процесса и уменьшается объем изготавливаемой продукции;
- подорожание этих ресурсов, ведущее к росту себестоимости и цены продукции, а значит, и к возможной потере части покупателей и объема продаж;
- низкая конкурентоспособность продукции, что ухудшает возможности ее сбыта, возмещения затрат и притока прибыли от реализации продукции;
- неплатежеспособность покупателей продукции, из-за чего страдает пополнение собственного капитала предприятия и нарастает «перекос» в его финансовых ресурсах в сторону заемных средств;
- дефицит информационного ресурса предприятия о ситуации на рынке, в связи с чем еще больше ограничивается его способность к эффективному маневрированию эпизодически возобновляемыми ресурсами.

Но, как известно, благодаря адаптивному поведению, предприятие имеет возможность реагировать на помехи внешней и внутренней сре-

ды и вести подстройку ключевых параметров для корректировки траектории своего поведения.

Ранее речь шла о том, что рыночная ситуация в будущем лишь осложнится, поскольку наша индустрия начнет ощущать еще больше воздействия со стороны западных товаропроизводителей. Вступление России в ВТО и глобализация хозяйственных отношений станет суровым экзаменом для отечественных промышленных предприятий и вынудит принимать их новые правила конкуренции. И потому один из постулатов гармоничного производства заключается в сохранении устойчивости системы производства и сбыта при внесении изменений, необходимых в процессе приспособления к возмущенной внешней среде, что подразумевает учет равновесного состояния, самоорганизации, синергетики, неравномерности развития производственных систем предприятия [173], их гомеостатической природы [72; 224] и др.

Очевидно, эти и другие рискованные факторы нарушают ресурсообеспечение предприятия и ослабляют его «иммунитет» к вмешательствам вредных возмущений. Усиливая влияние друг друга, помехи при длительном и напористом влиянии могут поколебать устойчивость предприятия и перечеркнуть усилия по ее восстановлению. Об этом говорят, в частности, и показатели работы ряда промышленных предприятий Иркутской области. Они, как и индустриальный комплекс страны в целом, оказались в тисках глубокого и затяжного кризиса, который до сих пор негативно сказывается на деятельности региональной промышленности и тормозит ее развитие [216]. При этом отягчающую роль сыграл экономико-географический фактор – удаленность от основных потребителей промышленной продукции, расположенных преимущественно в европейской части страны и на Урале, а также в Казахстане, Средней Азии и на Украине [54]. А сокращение кадров, утрата мотивации персонала и снижение социально-трудового потенциала неустойчивых предприятий [193; 251] и вовсе лишают их перспективы нормализовать режим деятельности. В целом индекс производства в промышленности области в 2006 г. составил 63,0% (по обрабатывающим производствам – 59,4%) к уровню 1991 г., а по ряду производств и того ниже [105, с. 142; 217, с. 3–4] (табл. 5.1).

Среди приведенных обрабатывающих производств лишь инновационно ориентированное изготовление транспортных средств и оборудования превысило уровень 1991 г. Лидер региональной индустрии Иркутский авиационный завод – филиал ОАО «НПК «Иркут» вернул утраченные в 1992–2000 гг. позиции и более чем двукратно, увеличил выпуск самолетов, сохраняя их конкурентоспособность на рынке военной и гражданской авиационной техники у нас и за рубежом.

О весьма низкой инновационной активности промышленных предприятий Иркутской области можно судить по следующим показателям. В 2005 г. инновационной деятельностью занимались 38 предприятий, в 2006 г. – 31 предприятие. Лишь 20 предприятий обрабатывающих производств в 2004–2006 гг. имели готовые инновации, преимущественно технологические и организационные. В 2006 г. только 9 предприятий выпускали инновационные товары, работы, услуги, а объем инновационной продукции предприятий составил 2,2% к общему объему отгруженной ими продукции [103].

Таблица 5.1

Индексы производства по видам экономической деятельности
«Обрабатывающие производства» Иркутской области в 1992–2007 гг.
(в процентах, 1991 = 100)

Виды экономической деятельности	1992	1995	2000	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Индекс промышленного производства	83,1	60,5	44,0	51,4	53,6	53,7	58,3	63,0	64,3
Обрабатывающие производства, из них:	84,0	60,8	41,9	45,9	48,7	48,3	53,8	59,4	60,5
• Производство машин, оборудования	98,2	91,9	20,1	25,3	17,5	15,6	17,1	17,1	26,4
• Производство транспортных средств и оборудования	97,9	95,1	86,8	146,3	162,7	148,5	162,3	2,2 п.	
• Производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования	82,6	47,8	29,2	35,6	42,8	43,3	36,6	35,0	44,1
• Обработка древесины и производство изделий из дерева	75,9	36,2	26,4	24,3	26,6	27,4	29,1	27,5	29,2

В этих условиях рентабельность продукции (11,9 ÷ 17,3%) и активов (7,3 ÷ 16,4%) обрабатывающих производств в 2004–2006 гг. не обеспечили бескризисной деятельности предприятий, среди которых доля убыточных колебалась в пределах от 37,2% (2004 г.) до 29,2% (2006 г.), а с просроченной дебиторской и кредиторской задолженностью – от 45,1% (2006 г.) до 57,4% (2004 г.) и от 40,5% (2006 г.) до 56,3% (2004 г.) соответственно. При этом коэффициент текущей ликвидности в 2004 – 2006 гг. предприятий обрабатывающих производств варьировал в диапазоне от 104,1% (2005 г.) до 125,7% (2006 г.) при нормативе 200% [105, с. 220, 222, 223, 225].

Вот почему менеджменту предприятия необходимо привить свойства предупреждения и локализации негативных явлений, что и позво-

лит уберечь его от разорения и выжить в конкурентной среде. А для этого требуется не только создать систему управления устойчивостью предприятия, но и оснастить ее инновационными средствами и тем самым придать ей достаточную эффективность. Вполне разумно, что инстинкт самосохранения заставляет предприятия выстраивать «линию обороны» для отражения помех, чему обычно служит резервирование материальных, трудовых, финансовых и иных ресурсов. На первых порах они способны удерживать колебания параметров работы предприятия в границах приемлемого диапазона и тем обеспечить его устойчивость при условии, что воздействие таких помех будет относительно слабым и кратковременным.

Но ситуация ухудшается, когда предприятие попадает в энергичную и длительную «осаду», лишаящую его возможности поддержания ресурсных запасов и обрекающего предприятие на их истощение. Ведь устойчивость параметров предприятия зависит от класса допустимых помех, и если последние принадлежат этому классу, то устойчивость достижима. В противном случае (помехи так велики, что «зашкаливают» за назначенные им пределы) трудно ожидать преодоления кризиса и избежания банкротства предприятия.

Доказательством тому может служить шоковое состояние промышленных предприятий Иркутска в первые годы после либерализации цен, когда высокий динамизм макроэкономических показателей подорвал их устойчивость и вывел в разряд неплатежеспособных. Уже в 1992 г. при росте сводного индекса цен в 10 раз индекс физического объема промышленной продукции уменьшился на 13,5%. Сильнодействующие помехи в виде галопирующей инфляции, разрыва хозяйственных связей между предприятиями, отсутствия госзаказов на оборонную продукцию и подобных им факторов привели к укоренению спадовой тенденции, следствием чего стало затухание производственной деятельности большинства индустриальных предприятий города и сокращение изготовления продукции к 1999 г. до уровня 26,7% от объема выпуска 1991 г.

Между тем с наступлением после 1998 г. периода сдерживания негативной динамики некоторые промышленные предприятия Приангарья адаптировались к помехам и набирали темпы производства. Вопреки продолжающейся инфляции и обострению конкуренции, они выходили из оцепенения и демонстрировали восстановление относительной устойчивости. Приведем пример. ОАО «Иркутский релейный завод» является производителем широкой номенклатуры продукции, но основной профиль его изделий – коммутационная техника, причем завод является единственным в стране изготовителем герметизированных

реле РЭС 48 и комбинированных разъемов для радиоэлектронных комплексов, авиационной промышленности и других сфер применения [362]. С переходом к рыночным отношениям и отсутствием государственных оборонных заказов производственная деятельность ОАО «Иркутский релейный завод» приобрела убыточный характер, но с 2003 г. обозначилась тенденция наращивания прибыли: 6301,0 тыс. р. (2004 г.) – 10 476,0 тыс. р. (2005 г.) – 17 000,0 тыс. р. (2006 г.).

С модернизацией основных фондов и технологий управления прогнозируется последовательное наращивание объема отгруженных товаров собственного производства (с 93000,0 тыс. р. в 2007 г. до 137 500,0 тыс. р. в 2011 г. и 285 000,0 тыс. р. в 2020 г.) и благодаря ежегодному освоению двух–трех новых изделий и наращиванию объема инвестиций в основной капитал на развитие производства планируется повышение фондоотдачи основных производственных фондов (с 0,48 р./р. в 2007 г. до 0,65 р./р. в 2011 г. и 1,13 р./р. в 2020 г.). Предпосылкой такой прогрессивной динамики становится и прирост год от года вложений в информационные системы и технологии: с 1525,0 тыс. р. в 2007 г. до 2700,0 тыс. р. в 2015 г. и 5000,0 тыс. р. в 2020 г., что создаст условия для сохранения инновационного уровня выпускаемой продукции (прил. 3).

Но проблема состоит не только в угрозах деятельности предприятий противоречий институциональных преобразований в стране. У благополучных предприятий под влиянием перестроек в их деятельности параметры могут покидать «безопасный» диапазон и терять устойчивость, что отвечает экономической эволюции и синергетическим представлениям о процессе развития систем. Тогда выход величин параметров за рамки допустимого диапазона уже не носит аномального характера, хотя дальнейшие перспективы предприятия и остаются в «густом тумане». Чтобы рассеять его, особое значение приобретают слежение за параметрами предприятия, модельные эксперименты и анализ возможных сценариев будущего поведения предприятия.

С этой целью на инновационную технологию управления устойчивостью предприятия возлагается прогнозирование изменения его внешней среды, поиск адаптивного режима деятельности предприятия и обеспечение ее эффективного осуществления [308]. Соответственно такая технология выполняет формирование плана производства предприятия на прогнозном фоне, контроль за его реализацией и при необходимости советует, как отвести траекторию поведения предприятия от опасной зоны. Тем самым успех выверки и коррекции поведения предприятия зависит от информационного ресурса системы управления, его объема и достоверности. При таком понимании получить на

практике приращение ценных сведений – значит оказать информационную поддержку управлению устойчивостью предприятий.

Приближение кризиса побуждает внимательнее разобраться в его природе, для чего важно получить ответ на вопросы: в чем причины кризиса, какова его глубина, когда может наступить срыв устойчивости показателей и как его предотвратить? В этой связи по симптомам кризиса проводится диагностика деятельности предприятия, в результате которой раскрываются рискованные факторы, происхождение и характер угрожающих процессов и уязвимые места в ресурсном обеспечении предприятия.

Но выявить и измерить запредельное отклонение наблюдаемых показателей диагностика может лишь при задании поля их допуска, очерчиваемого рамками плановых решений, причем с учетом предполагаемого влияния в этом периоде помех, ухудшающих эффективность работы предприятия, поскольку игнорирование их может выхолостить реальное содержание плана. Вот почему для получения обоснованного плана целесообразно провести имитацию его выполнения («проиграть») в предстоящем периоде, для чего понадобится информация об истории разработки и реализации плана в прошлом.

Вместе с тем в условиях возрастающей подвижности окружения и неопределенной картины будущей ситуации адаптивная система управления должна быть восприимчивой как к количественной, так и трудно определяемой эвристической информации, которой владеет и свободно оперирует человек. Речь идет не только об активном человеко–машинном диалоге, но и о том, что компьютерные модели в надлежащей степени должны понимать наш естественный язык со свойственными ему расплывчатыми суждениями типа «несколько хуже», «вероятно, меньше», «примерно, столько-то» и др. Тогда при нехватке полезной информации о прогнозируемых параметрах среды в диалоге с компьютером процедура может выполнить нечеткую инструкцию, например, «оценить устойчивость показателя выручки от реализации продукции, если произойдет небольшое увеличение затрат на поставляемое сырье, а спрос на продукцию будет несколько ниже, чем в прошлом году». Подобное инновационное оснащение системы управления интеллектуальными средствами помогает отчасти восполнить дефицит исходной информации и получить практические результаты¹. Тем самым

¹ Размышляя о моделях инноваций, Р. Солоу полагал, что «наилучшие результаты, конечно, может дать сотрудничество между разработчиками моделей и исследователями, использующими неформальные методы – сотрудничество, которое поможет найти компромисс между определенностью, в которой нуждаются первые, и ощущением многосложности явлений, которое присуще вторым» [253, с. 75].

создание подобной адаптивной системы опирается на применение профессиональных знаний, алгоритмы поиска и поддержания устойчивого режима работы предприятия в условиях крайней неполноты располагаемых сведений [310].

Каким образом можно улучшить «прозрачность» среды и использовать приобретаемую информацию для насыщения ею системы управления устойчивостью предприятия? Приведем ключевые направления:

- максимально возможное извлечение и резервирование¹ информации из среды в процессе мониторинга за параметрами окружения и деятельности предприятия, отыскания, анализа и толкования тенденции их изменения;
- интеллектуализация компьютерных технологий с помощью модернизации и разработки новых аналитических и прогнозных алгоритмов (в частности, на базе средств общения на естественном языке с привлечением методов теории нечетких множеств [295]);
- ввод в систему управления количественной и эвристической информации для осуществления «грубой» (общей) и «тонкой» (уточняющей) ее настройки на параметры среды, вследствие чего в системе закладываются ожидаемые условия работы предприятия;
- получение дополнительной информации в ходе модельного эксперимента с претворением планов производства на прогнозном фоне;
- использование профессиональных знаний менеджеров в виде накопленной информации о плановых решениях и их реализации в предыдущих периодах, что позволит осваивать «самообучение» системы управления;
- информационно-аналитическая обработка отчетов о выполнении принятых решений и при необходимости обновление будущих планов для устранения последствий влияния помех и сохранения устойчивости предприятия.

Но, рассуждая о дефиците исходной информации, нельзя забывать и о ее избыточности, нередко привносимой методиками сбора и анализа данных. Например, когда финансовая диагностика предприятия проводится по широкому кругу показателей, в том числе и дублирующих друг друга [293]. Понятно, что такое наращивание информации не добавляет новых знаний о поведении предприятия, но увеличивает объем хранимых данных и количество аналитических операций над ними.

Вместе с тем существует проблема, вызванная избыточностью и «нестыковкой» пороговых значений показателей, относительно кото-

¹ С учетом уровня и диапазона компенсации влияния риска и скорости обработки информации [111].

рых судят об устойчивости деятельности предприятия: для взаимосвязанных показателей регламентируют несогласованные между собой нормативы, и тогда соблюдение одного из них влечет за собой выход за нормативные границы другого показателя. В прил. 4 диссертации приводится математическое доказательство противоречивости и необходимости уточнения распространенных нормативов показателей финансовой устойчивости предприятий (коэффициентов автономии, текущей ликвидности, обеспеченности и маневренности собственными средствами, мобильности оборотных средств). Решение этой проблемы требует не только отсеивания дублирующих показателей, но и учета системности и корректного определения их пороговых значений, для чего автором найдены зависимости между упомянутыми финансовыми коэффициентами и предложен один из вариантов уточненных нормативов, обусловленный общей областью допустимых значений этих коэффициентов (последняя колонка в табл. П4.2).

Подчеркивая, что успешное обеспечение устойчивости предприятия поддерживается структурой и инструментами технологии управления, становится очевидной возрастающая роль накопленных в системе управления профессиональных знаний и умений. Поэтому еще на стадии проектирования системы в ней формируется механизм инновационного развития: генерации и внедрения нововведений в деятельность менеджеров, производственные и компьютерные технологии и другие ресурсы предприятия. Научоемкость системы управления представляет собой доминирующую предпосылку ее эффективности, что находит выражение в способности достижения устойчивости и укрепления конкурентных позиций предприятий.

Какие резервы имеют первостепенное значение для эффективного управления устойчивостью предприятия?

Известно, что необходимость приобретения знаний и навыков квалифицированного управления в экстремальных экономических условиях вызвала потребность в появлении специальной области знаний – антикризисного менеджмента. Оригинальность ему придает сам феномен кризиса предприятия, обнаруживающий организационные, управленческие, экономические, финансовые, социальные, правовые и другие последствия для работы предприятия. Из-за органического переплетения этих процессов дестабилизирующее влияние помех на деятельность предприятия лишь усиливается, и, поскольку его свойство адаптации ограничивается запасами ресурсов, возрастает роль анализа их предельных возможностей.

Стремление избежать банкротства и восстановить платежные функции предприятия определило повышенное внимание к финансо-

вому аспекту его работы, что несколько не умаляет роли материально-технической, социально-трудовой, информационной, организационной, управленческой, экономической и иных сфер деятельности предприятия. Более того, взаимозависимость и единство этих аспектов дает основание подчеркнуть, что устойчивая работа предприятия не может быть достигнута без нормализации каждого из них. Важно учитывать это обстоятельство, поскольку упомянутые выше сферы деятельности предприятия нередко ускользают от финансового анализа потенциального банкрота. В результате задача преодоления кризиса сводится к обретению лишь финансовой устойчивости такого предприятия, что неоправданно упрощает проблему и сужает поле антикризисного управления, а значит, и осложняет вывод предприятия на долговременный устойчивый режим работы.

Между тем в диалоге с пытливыми менеджерами компьютерные технологии раскрывают динамические характеристики ресурсов предприятия и позволяют наблюдать за его устойчивостью, в зависимости от складывающейся конъюнктуры спроса на выпускаемую им продукцию и потребляемые ресурсы. Если структура ресурсов обладает достаточной гибкостью и маневренностью, предприятие имеет шансы сохранить устойчивую работу, несмотря на негативную для него спросовую динамику. В противном случае, когда ресурсы предприятия не позволяют осуществлять диктуемую средой реорганизацию и интенсификацию производства востребованной продукции, устойчивость его находится под угрозой. Тогда в центре ее исследования – анализ резервов ресурсов и условий срыва устойчивости предприятия. В моделировании переходного процесса необходимо получить дополнительную информацию: каковы границы диапазона допустимых возмущений, какие значения параметров являются для предприятия критическими, когда и как происходит нарушение его устойчивости и какова при этом динамика протекания процесса.

Становится ясно, что информационно насыщенный диалог менеджеров с компьютером взаимно обогащает их полученными знаниями и интеллектуализирует сам процесс исследования и сохранения устойчивости предприятия, организуя активный обмен количественными и трудно формализуемыми эвристическими сведениями об условиях его деятельности. Благодаря этому в ходе моделирования поведения предприятия воспроизводится экономическая ситуация, близкая к реальной и отвечающая ожиданиям менеджеров.

Между тем стремление к укреплению конкурентных преимуществ воплощается в наращивании наукоемкости и промышленных технологий, для чего проводятся структурные изменения и образуются хол-

динги с целью более полной реализации инновационного потенциала его участников. Интеграция в рамках корпорации ОАО НПК «Иркут» Иркутского авиационного завода, исследовательских и конструкторских фирм Таганрогского авиационного научно-технического комплекса им. Бериева, ОКБ «Русская авионика», ЗАО «Бета-Ир» и ЗАО «Итела» позволяет сформировать современный инновационно-производственный комплекс, обеспечивающий сквозной процесс от обоснования технических нововведений до их внедрения и высокую конкурентоспособность выпускаемой авиационной техники с ростом объемов продаж (к уровню предыдущего года): 105,8% (2008 г.) – 104,5% (2009 г.) – 101,3% (2010 г.).

Иллюстрацией инновационного развития может служить деятельность и ОАО «Иркутскмебель». Несмотря на обострение конкуренции на рынке мебельной продукции, предприятию удалось в 2003–2007 гг. не только удержаться в границах допустимого диапазона изменения экономических показателей, но и войти в режим позитивной тенденции повышения эффективной работы. Ежегодные инвестиции в развитие производства, технические средства и программные продукты для целей управления позволило предприятию осваивать от 10 до 14 новых изделий и за пять лет повысить уровень знаний системы управления в 2,18 раз. Тем самым были созданы предпосылки для удвоения производительности труда, увеличения добавленной стоимости в 1,75 раза и чистой прибыли в 1,38 раза (прил. 5).

Повышая компетентность менеджеров и модернизируя применяемые ими технологии, обсуждаемые меры и инновационные средства составляют резервы эффективности управления устойчивостью предприятий в процессе их эволюции в быстро меняющемся окружении. С использованием их в практической деятельности возрастает сопротивляемость предприятий к воздействию рискованных факторов и улучшается их адаптация к условиям трансформационной экономики.

5.2. Структура и инструменты технологии адаптивного управления производственными системами

Необходимость поддержания устойчивости предприятий была осознана специалистами еще до зарождения рыночных отношений в период ускорения научно-технического прогресса и создания гибких производственных систем. Эволюция и нестационарность производственных систем побуждала прививать адаптивные свойства системам управления предприятия, для чего проводились исследования в облас-

ти параметрической и структурной адаптации математического и программного обеспечения АСУП.

В рамках такого подхода требование устойчивости производственных систем формализуется следующим образом [241]. В момент времени t для периода $[t, t + \tau]$ управляющая система с учетом предполагаемого состояния среды в этом периоде $R_{t, t + \tau}$ вырабатывает управляющие воздействия u_t , исходя из условия достижения экстремума показателя эффективности (критерия оптимальности)

$$\Phi(\varphi(x_t, u_t, R_{t, t+\tau})),$$

где φ – функция перехода состояний производственной системы (задается совокупностью всех компонентов модели);

x_t – состояние производственной системы в момент времени t .

Производственная система будет являться устойчивой, если для любого наперед заданного $\varepsilon > 0$ существует $\delta > 0$, и при любых $\tilde{x}_t \in X_t, \tilde{R}_{t, t+\tau} \in R$ из выполнения условия:

$$\|(\tilde{x}_t, \tilde{R}_{t, t+\tau}) - (x_t, R_{t, t+\tau})\| \leq \delta$$

следует:

$$\|\Phi(Y_x(\bar{x}_{t+\tau})) - \Phi(\varphi(x_t, u_t, R_{t, t+\tau}))\| \leq \varepsilon$$

где $\| \cdot \|$ – некоторая норма,

$Y_x(\bar{x}_{t+\tau})$ – фактическое значение переменной $x_{t+\tau}$.

Смысл приведенной формализации требования устойчивости производственной системы довольно прост: при ограниченном отклонении (фиксируемых величиной δ) фактической траектории системы от расчетной показатель эффективности ее работы должен оставаться в пределах, определяемых ε . Величина δ обычно задана, либо определяется по статистическим сведениям, но, как отмечают авторы, она в большинстве случаев значительно превосходит уровень, допустимый с точки зрения обеспечения величины ε .

Между тем технология адаптивного управления производственной системой предполагала привлечение имитационных моделей для анализа функционирования систем при реализации управляющих воздействий с учетом влияния возмущений на состояние фонда ресурсов, движение материальных потоков, а также прогноза вмешательства помех в процесс выполнения плана и регулирующих воздействий. Принимая во внимание возмущения случайных факторов, постановка задачи приобретала вероятностный вид: производственная система устой-

чива, если для наперед заданных ε , α и любых возможных для данной системы возмущениях соблюдается условие:

$$P\left\{\left\|\Phi(Y_x(\bar{x}_{t+\tau})) - \Phi(\varphi(x_t, u_t, R_{t,t+\tau}))\right\| \leq \varepsilon\right\} \geq \alpha, \quad \alpha > 0,$$

где $P\{\cdot\}$ – вероятность.

Иными словами, при влиянии на производственную систему случайных возмущений вероятность того, что условие ограниченного изменения показателя эффективности будет выдержано, должна быть не меньше некоторого порогового значения α .

С этих позиций предлагаемая автором инновационная технология адаптивного управления предприятием обязана учитывать весь комплекс аспектов его функционирования, что будет отвечать закономерности развития структуры производственной системы и задаче обеспечения устойчивости предприятия в нестабильной рыночной среде. Поэтому построение такой технологии опирается на алгоритмы поиска и поддержания рационального режима работы предприятия в условиях неполноты располагаемой информации. Для этого осуществляется формирование и выполнение плана производства изделий с учетом ожидаемого (с возможной степенью определенности) будущего окружения предприятия и сохранения его устойчивости к воздействию внешних и внутренних помех. Последнее ориентирует на использование не только моделей планирования производства изделий, но и имитационных моделей производственных систем, которые «проигрывают» процесс реализации плана и сообщают о динамических свойствах этой системы.

Инновационная технология адаптивного управления производственными системами (ПС) включает комплекс взаимосвязанных блоков прогнозирования изменения внешней среды, структурной и параметрической адаптации системы управления по поступившей прогнозной информации, формирования плана производства ПС с применением адаптированных моделей планирования ПС и имитации ее функционирования, оценки и анализа устойчивости ПС при реализации разработанного плана производства, диагностики ПС и коррекции условий планирования (при обнаружении неустойчивости ПС) и обеспечения выполнения принятого плана производства [210; 241; 306] (рис. 5.1).

Прогнозирование изменения внешней среды дает возможность выявить доминирующие тенденции в движении спросовых и других параметров в рамках накопленного массива информации и благодаря этому представить условия деятельности предприятия в планируемом периоде. Исходя из полученного прогноза, генерируется набор внешних параметров (тип производства, длительность цикла изготовления изделий и др.), которые служат критериями адекватности модели планирова-

ния ПС и ее имитационной модели будущей экономической ситуации, с одной стороны, и задают для них общие допущения, с другой. На этом этапе аналитик указывает интересующие показатели, глубину прогнозирования, календарный период, по которому выявляется тенденция в динамике показателя, и линию (в общем случае группу линий) тренда. Кроме того, по итогам тенденциального анализа можно внести в прогноз поправку, продиктованную интуитивными ожиданиями аналитика.

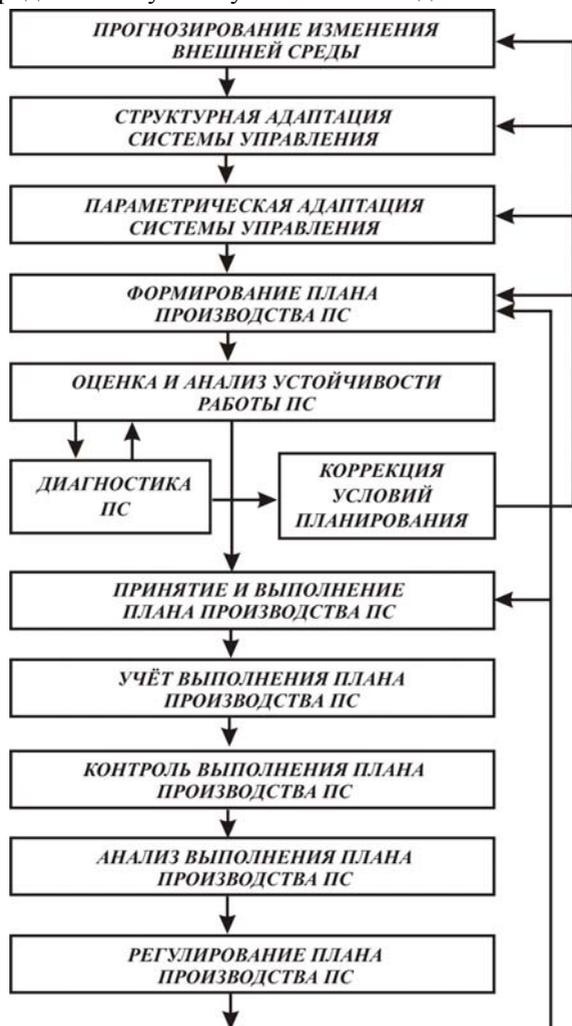


Рис. 5.1. Общая схема адаптивного управления производственными системами

Структурная адаптация системы управления состоит в выборе из множества моделей таких, которые принципиально соответствуют предполагаемым в плановом периоде условиям работы предприятия. Вслед за этим в выбранные модели вводится ряд значений внешних параметров (объем спроса, цены изделий и др.), с помощью чего математические модели наполняются первой «порцией» обрабатываемой информации и становятся более конкретными.

Параметрическая адаптация системы управления в дополнение к параметрам внешней среды обеспечивает «загрузку» модели внутренними параметрами ПС (конструктивно-технологическими данными об изделиях, экономических нормативами и др.), чем завершается информационное насыщение и настройка моделей. После этого они структурно и параметрически (в первом приближении) отвечают прогнозируемым условиям деятельности предприятия и готовы к работе.

Формирование плана производства ПС проводится комплексом из двух упомянутых выше взаимодействующих моделей: планирования производства ПС и имитации ее работы по реализации этого плана. Первая модель является инструментом расчета плана, вторая – экспериментальным средством проверки его осуществимости на фоне влияния внешних и внутренних помех, что «конструирует» процесс претворения плана, близкий к реальному.

В этом случае моделирование предстоящего поведения предприятия выполняется с учетом неизбежных в плановом периоде корректирующих мер, направленных на нейтрализацию или ослабление предполагаемых помех. Их генерация и прогнозная оценка вызываемых ими ресурсных затрат или потерь и составляет функцию имитационной модели, причем величина ухудшения наблюдаемого показателя, вследствие действия возмущающих факторов, позволит дать заключение о степени его устойчивости в ожидаемых условиях работы ПС. Такое планирование проходит в режиме многовариантных расчетов и «интеллектуального» диалога аналитика с компьютером, в ходе которого они ведут обмен исходными данными и промежуточными решениями. Тем самым численное моделирование плановых решений обогащается неформализуемыми профессиональными знаниями аналитика, а разрабатываемый план аккумулирует в себе как количественную, так и эвристическую информацию.

Действительно, неопределенность и высокая подвижность внешней среды ужесточают требования к модельному инструментарию, ввиду чего алгоритмы планирования и имитации должны быть восприимчивы к нарастающему разнообразию состояний среды и обладать достаточной гибкостью в отношении выдвигаемых целей и накладываемых ог-

раничений. В свойственной рыночному окружению неполноте информации и трудно определяемым условиям планирования возрастает значение экспертного суждения о факторах среды и максимального учета их в процессе разработки плана производства ПС. В связи с этим представляется перспективным применение математических моделей, построенных на основе аппарата теории нечетких множеств и оперирующих лингвистическими высказываниями.

Привлечение такого инструментария позволяет вводить в алгоритмы и обрабатывать эвристическую информацию и тем самым расширять диапазон возможностей моделирования плана, который будет содержать в себе уже как формализуемые, так и плохо формализуемые сведения. С другой стороны, включение знаний экспертов в математические модели не только наращивает их обоснованность и практичность, но и повышает доверие к ним со стороны персонала предприятий.

Оценка и анализ устойчивости работы ПС направлены на исследование протекающих в них динамических процессов при изменении внешних и внутренних параметров. Поэтому представляет интерес ответ на вопросы: какова область устойчивости наблюдаемых показателей, при каких обстоятельствах наступает срыв устойчивости и какова картина ее утрачивания (момент срыва устойчивости, плавность перехода от устойчивого состояния к неустойчивому и т.д.).

Для получения более полной картины ослабления устойчивости прибегают к серии экспериментов, раскрывающих факторы и специфике ухудшения стабильности показателей производства. В ходе их проведения появляется возможность оценить траекторию изменения показателя (или их группы) и при задании нормативных или пороговых (минимального и/или максимального) значений рассчитать степень устойчивости контролируемых показателей.

Диагностика ПС и коррекция условий планирования требуются в том случае, если наблюдаемые показатели демонстрируют неустойчивое поведение, т.е. выходят за границы диапазона допустимых отклонений. В такой ситуации система управления предприятием подвергается испытанию и ее адаптивные качества могут оказаться недостаточными для противодействия помехам. Вот почему диагностика ПС проводится в тесной двухсторонней связи с оценкой и анализом устойчивости работы ПС: выявление симптомов кризиса предприятия диктует необходимость углубленного изучения процесса утрачивания устойчивости ПС. С использованием факторного анализа формализуются зависимости, конкретизирующие причинно-следственные отношения в ресурсообеспечении предприятия, что подтверждает системность и взаимное влияние ресурсов предприятия, при которых любое

изменение какого-либо его ресурса вызывает структурные сдвиги в ресурсах предприятия в целом. Отражая противоречивое единство организационных, экономических, финансовых и других факторов, процесс диагностики вместе с тем предшествует принятию продуктивных решений, направленных на нормализацию структуры и режима воспроизводства ресурсов предприятия [312].

С компьютеризацией технологии мониторинга деятельности предприятия улучшаются возможности оперативной обработки, визуализации и осмысления динамики изменения наблюдаемых показателей. Благодаря этому персонал располагает программными инструментами хранения, оценки и анализа статистической информации о деятельности предприятия в разрезе выбранных показателей и периодов времени (по месяцам, кварталам, годам). Тем самым повышается информативность процесса изучения хронологического ряда и устойчивости показателей, что позволяет исследовать процесс их изменения, предвидеть будущее состояние и кризисное развитие предприятия.

В частности, в разработанной инновационной технологии на базе программного комплекса «Компьютерная поддержка мониторинга деятельности предприятия (версия 1.0)» (в дальнейшем просто ПК «Мониторинг»; руководитель проекта С.В. Чупров, алгоритмическое и программное обеспечение А.Б. Каневского) заложены как общепринятые, так и авторские методы чтения бухгалтерских отчетов¹ [315]. Практически все они используются ПК «Мониторинг» в процессе проведения комплексного производственно-финансового анализа, среди которых приемы горизонтального (временного), вертикального (структурного), трендового, факторного анализа и анализ относительных показателей.

На предварительном этапе в базу данных вводится перечень обзримых предприятий, показатели их деятельности, формулы рассчитываемых коэффициентов и часто применяемые виды диаграмм и графиков. Этим целям служат формы «Предприятия», «Показатели», «Коэффициенты» и «Диаграммы», выведенные в главное меню. Наиболее емкой среди информационно-справочных форм программы является форма «Коэффициенты» (рис. 5.2). Она позволяет пользователю оперативно заносить в файл новые коэффициенты, которые являются производными от показателей и определяются на их информационной базе. Для этого вводятся формулы их вычисления, а при необходимо-

¹ Свидетельство Роспатента об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2003610633 от 13.03.2003 г.

сти их описание и нормативные или пороговые (минимальный и/или максимальный) значения.

В целях упорядочения различных по содержанию коэффициентов было реализовано их структурирование по принадлежности к специализированным методикам комплексного анализа устойчивости предприятия. При этом каждая методика включает в себя разделы, которые сгруппированы в отдельные наборы. Процесс формирования коэффициента сопровождается «усиленной» системой предотвращения ошибок ввода, которая блокирует ввод некорректно указанной формулы в файл. Так инструмент контроля правильности задания формул исключает появление циклических ссылок. В процессе ввода формулы на вкладке «Расчет» отражается информация о показателях, участвующих в расчете коэффициента, которая даст возможность пользователю легко ориентироваться в математических выражениях с большим количеством переменных (рис. 5.2).

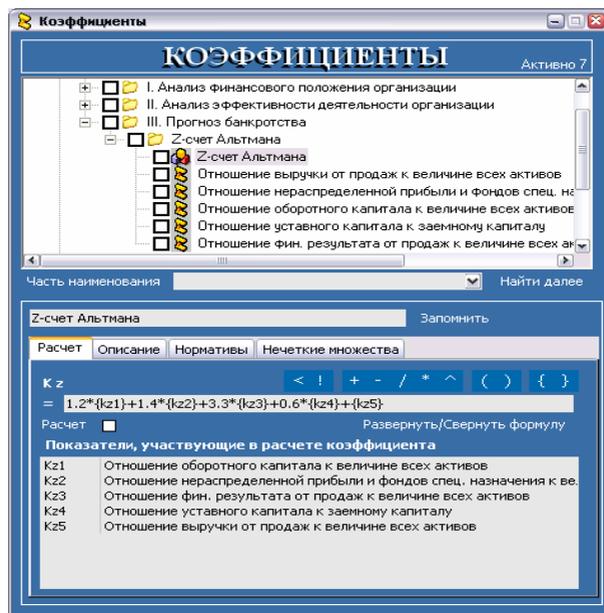


Рис. 5.2. Форма – справочник «Коэффициенты»
(фото с экрана: ПК «Мониторинг»)

Учитывая трудность классификации уровней вычисляемых показателей как для пользователя, так и для эксперта в ПК «Мониторинг» встроена функция оценки устойчивости предприятия с использованием

аппарата теории нечетких множеств. Цель ее состоит в формализации экспертных суждений об оценке уровня производственно-финансовых коэффициентов для придания им качественной определенности, для чего задается лингвистическая переменная уровня показателя на термножестве качественных значений: «очень низкий», «низкий», «средний», «высокий», «очень высокий». Узловые точки лингвистической переменной можно видеть на рис. 5.3.



Рис. 5.3. Узловые точки лингвистической переменной (фото с экрана: ПК «Мониторинг»)

Для получения достоверных результатов при проведении комплексного анализа устойчивости пользователю предлагается на выбор комплект методик (включают более 200 упорядоченных по разделам и группам коэффициентов): анализ финансового состояния и вероятности банкротства, методические указания по проведению анализа финансового состояния организации, спектр-балльный метод, а также факторный анализ показателей, построенный по авторской методике расчета интегрального показателя устойчивости «S» с применением методов главных компонент и теории нечетких множеств.

Технология анализа финансового состояния и вероятности банкротства предприятия позволяет осуществлять:

- анализ динамики значений каждого элемента активов и пассивов баланса и финансовых результатов деятельности предприятия (горизонтальный анализ финансовой отчетности);
- анализ структуры имущества предприятия и источников его формирования (измерять удельный вес каждого элемента активов и пассивов баланса) и, кроме того, влияния финансовых результатов различных видов деятельности предприятия на величину прибыли (вертикальный анализ финансовой отчетности);

- оценку платежеспособности предприятия (его способности погасить текущие обязательства и вероятности банкротства в ближайшее время), ликвидности предприятия (коэффициентов текущей, быстрой ликвидности и др.), финансовой устойчивости, характеризующей степень независимости предприятий от внешних источников финансирования (коэффициента автономии, соотношения заемного и собственного капитала, коэффициента покрытия внеоборотных активов собственным и долгосрочным заемным капиталом и др.), эффективности использования предприятием располагаемых ресурсов (оборачиваемости активов, запасов, собственных средств и др.), рентабельности предприятия (рентабельность активов, основной деятельности, продаж, собственного капитала) и т.д.;

- выявление и оценку тенденций развития предприятия с помощью диаграмм, иллюстрирующих динамику основных статей бухгалтерской отчетности и задаваемых коэффициентов. Используемый в программе графический пакет MS Graph обладает широким набором функций, высокой точностью и скоростью отображения данных. Интеграция его в программу позволяет формировать диаграммы различных типов (предусмотрено 73 типа диаграмм: обычная гистограмма, линейчатая диаграмма, график, круговая диаграмма, точечная диаграмма, диаграмма с областями, кольцевая диаграмма и др.).

Суть внедренного в технологию ПК «Мониторинг» спектр-балльного метода заключается в проведении анализа производственно-финансовых коэффициентов путем сравнения полученных значений с нормативными (пороговыми) величинами, для чего используется прием «разнесения» этих значений по зонам удаляемости от заданного уровня. Затем значение показателей сводится в соответствующий отчет. Для реализации в программе этой методики каждый коэффициент имеет свои нормативные (пороговые) значения в зависимости от зоны риска. Анализ коэффициентов выполняется посредством сравнения полученных значений с рекомендуемыми пользователем нормативными (пороговыми) величинами: чем дальше значения коэффициентов от нормативных (пороговых) уровней, тем ниже степень финансового благополучия предприятия и выше риск оказаться в категории несостоятельных предприятий. Таким образом, каждая сторона их деятельности квалифицируется некоторой обобщенной оценкой, на основе которых формулируются выводы о финансовом состоянии предприятия.

Для оценивания траекторий изменения фактических величин показателей, определения уравнений линий трендов указанного вида и расчета статистических характеристик показателей служит вкладка «Статистика» формы «Мастер «Аналитика» (рис. 5.4).

Рис. 5.4. Вкладка «Статистика» формы «Мастер «Аналитика» (фото с экрана: ПК «Мониторинг»)

После вызова формы пользователь получает приглашение выбрать интервал (месяц, квартал, год), отрезки времени, вычисляемые показатели и список предприятий, для которых будет осуществляться комплексный анализ устойчивости. На этой вкладке пользователю сообщаются рассчитанные статистические оценки показателя: средняя, вариационный размах, среднеквадратическое отклонение, медиана и др. Если величина показателя имеет нормативный (пороговый) уровень, вычисляются среднее и среднеквадратическое отклонения величины показателя от норматива.

Если величина показателя имеет нормативный (пороговый) уровень, вычисляются среднее и среднеквадратическое отклонения величины показателя от норматива. В том случае, когда для величины показателя вводится диапазон нормативных (допустимых, пороговых) значений (минимальный и/или максимальный пределы изменения), границы диапазона записываются в полях «Минимум» и «Максимум», и статистические характеристики рассчитываются относительно этих пределов. Благодаря этому можно наглядно и количественно оценивать характер изменения показателей и степень их устойчивости на протяжении выбранных календарных периодов. Появляется возможность не только локального, но и тенденциального анализа динамики показателей. Тем самым настоящий программный комплекс может служить прикладным инструментом предупреждения и преодоления последствий нарушения устой-

чивости предприятия, для которого свойственны высокая подвижность показателей, особенно в период институциональных преобразований национального хозяйства и освоения предприятиями инноваций.

Заметим, что в настоящее время диагностика проблемных ситуаций на предприятии как специальная процедура антикризисного управления проходит этап своего становления и потому в большинстве своем повторяет традиционные аналитические приемы. Такой подход вполне объясним, поскольку диктуется насущными задачами анализа и преодоления негативных процессов на отечественных предприятиях. А охваченные кризисом предприятия видят его источник в диспропорции финансовых ресурсов и прилагают свои усилия, прежде всего, на нормализацию их структуры, что имеет под собой веские экономические и правовые основания. Между тем подобный взгляд на природу кризисных процессов представляется одномерным, поскольку при этом уходят на задний план связанные с финансовым аспекты функционирования предприятия, в частности, материально-технический, социально-трудовой, информационный, организационный, управленческий, экономический и др. Лишь в единстве присущих предприятию аспектов деятельности можно познать истоки и характер поразивших его кризисных явлений и предложить действенные меры по упреждению неблагоприятных воздействий среды на работу предприятия и обеспечить его адаптацию.

Конструктивность такого подхода состоит не только в расширении «поля зрения» аналитика, но и выявлении зависимости финансовых индикаторов от других показателей, что позволяет провести факторный анализ выбранных показателей и способствует более полному пониманию генезиса кризиса и средств его предотвращения. Поэтому при разработке технологии диагностики необходимо обратить внимание на следующие исследовательские вопросы:

- формулирование концепции диагностики кризиса предприятия как информационно-аналитической процедуры, направленной на раннее обнаружение негативных процессов, анализ их симптомов и поиск причин возникновения кризиса [304];
- обоснование методологических принципов проведения диагностики, исходя из системных представлений о поведении предприятия в хозяйственной сфере страны, отмеченных ранее (макро- и микроподхода, гомеостазиса, самоорганизации, равновесия, устойчивости и др.);
- осмысление природы зарождения кризиса на предприятии. Не только в финансовом отношении, а во всем его многомерном проявлении в различных аспектах в их взаимообусловленности и связи;
- нахождение и изучение зависимостей между аспектными параметрами и раскрытие картины утрачивания устойчивости предприятия;

- разработка специального мониторинга устойчивости предприятия и его реализация на базе современных информационных технологий и апробация на материале предприятий [25; 313; 315].

Выводы диагностики предприятия могут потребовать изменения прежних представлений о его реальной деятельности и допущений, принятых при формировании плана производства. Коррекция условий планирования следует после выяснения причин и характера приближающегося кризиса предприятия и может включать в себя (см. рис. 5.1) уточняющее прогнозирование изменения внешней среды в будущем, пересмотр структурной и (или) параметрической адаптации системы управления (выбор иной модели планирования или имитации работы ПС, их модернизация, перенастройка и т.д.) или внесение поправки в модель формирования плана производства ПС (добавление или корректировка целевых функций, ресурсных ограничений и др.).

Принятие и выполнение плана производства ПС подразумевает активное участие управленческого персонала в анализе и обсуждении модельного варианта плана и его последующем претворении. На этом этапе привлекаемый персонал, согласно кибернетическому принципу внешнего дополнения, выступает в роли «неформального компенсатора» помех и прежде всего тех трудно формализуемых возмущений, которые остались за рамками моделирования и потому не учитывались на предыдущих этапах планирования.

Учет, контроль, анализ и регулирование выполнения плана производства ПС обеспечивают реализацию плана и, поскольку отклонения от него в ходе осуществления практически неизбежны из-за действия помех или по другой причине (низкая точность исходных данных, прогнозирования или имитации работы ПС, ошибки в задании параметров и др.), нельзя исключать возвращения на этап формирования плана производства ПС для его частичного или полного изменения. При допустимом отклонении от плана необходимость в этом обычно не возникает, т.к. оно может быть погашено в оперативном порядке без корректировки плана, в связи с чем происходит подтверждение его и выполнение в следующем плановом периоде (рис. 5.1).

Проведение такого поэтапного процесса, «интеллектуальное пространство» которого создается и поддерживается арсеналом профессиональных знаний менеджеров и современных компьютерных технологий, позволяет проводить прогнозирование, планирование, учет, контроль, анализ и регулирование показателей работы предприятий, стало быть, предвосхищать будущие сценарии поведения предприятия и обосновывать превентивные решения, способные минимизировать влияние возможных помех на его устойчивость.

Какие свойства обсуждаемой адаптивной системы управления ПС заслуживают внимания?

Во-первых, она открыта для любых параметров, независимо от их характера. Среди них могут быть представлены материально-технические, социально-трудовые, организационные, управленческие, экономические, финансовые и другие, что позволит комплексно анализировать работу предприятия, оценивать и предупреждать потерю его устойчивости.

Во-вторых, адаптивная система обладает достаточной гибкостью, которая обеспечивается широким набором моделей планирования производства, имитации работы ПС и их настройкой на параметры внешней и внутренней среды.

В-третьих, функционирование адаптивной системы предусматривает диалоговый режим работы: регулярный обмен информацией между ЭВМ и человеком, что дает возможность обогащения расчетных результатов неколичественными (вербальными) сведениями и тем самым последовательно повышать информативность управления ПС.

В-четвертых, успешная работа системы поддерживается высокой наукоемкостью ее структурных компонентов (информационной технологии, алгоритмов моделей, технических средств и др.), допускающие встраивание эвристических моделей, сконструированных на базе теории нечетких множеств.

Наконец, обратим внимание, адаптивная система как современное средство управления является не только потребителем информации, но и производителем ее. Она вырабатывает аналитическую информацию, которая способствует обеспечению устойчивости предприятия и «берет на себя» функции советника его персонала, осуществляя тем самым повышение интеллектуализации и роли инструментов управления предприятиями.

5.3. Методы анализа устойчивости эффективной деятельности предприятий

Достижение и сохранение устойчивой деятельности предприятия в подвижной рыночной среде поддерживается применением модельного аппарата, призванного воспроизвести процесс движения ресурсов предприятия и оценить последствия влияния на него возмущающих факторов. Благодаря этому управление устойчивостью предприятия насыщается ценными знаниями о свойствах его поведения перед лицом возрастающих внешних угроз и имеет возможность заблаговременно реагиро-

вать на них маневрированием своих ресурсов. Предлагаемая автором модель описывает взаимосвязь экономических и финансовых показателей работы предприятия и выводит условие повышения рентабельности его имущества, учитывая изменение показателей во времени.

Будем исходить из того, что стремление к обеспечению устойчивости предприятия в нестабильной среде находит свое выражение в динамическом процессе движения потоков потребляемых ресурсов, их накопления и использования. Принимая во внимание необходимость ресурсообмена предприятия со своим окружением, среди параметров входного потока цены, тарифы, налоги и другие затратные элементы, сопровождающие приобретение исходных ресурсов и аккумулируемые в затратах на производство и сбыт продукции. Выходной поток характеризуется, в частности, показателями выручки и извлеченной прибыли от реализации изготовленной продукции.

Как первые, так и вторые параметры обуславливают динамику эффективности использования ресурсов предприятия, что отражается в изменении с течением времени величины оборачиваемости собственных средств и рентабельности имущества предприятия. Вместе с тем последние зависят и от сдвигов в структуре финансовых ресурсов предприятия, в том числе от доли собственного капитала предприятия в его имуществе (коэффициента автономии), поскольку могут быть привлечены или использованы также и заемные средства. Нелишне подчеркнуть, что соотношение между собственными и заемными средствами – сигнальный индикатор финансовой устойчивости предприятия, укреплению которой способствует поступающая в его распоряжение прибыль.

Формализуем и проанализируем в динамике связь между затратами на производство и сбыт продукции, выручкой от реализации, коэффициентом автономии и показателями оборачиваемости собственных средств и рентабельности имущества предприятия [311]. Для этого введем обозначения и представим формулы расчета показателей, допуская, что они могут меняться с течением времени, т.е. в общем случае являются функциями аргумента времени t .

Пусть в наших символах:

$B(t)$ – выручка от реализации продукции предприятия;

$Z(t)$ – затраты на производство и сбыт продукции предприятия;

$Pr(t)$ – прибыль от реализации продукции, равная разности между выручкой от ее продажи и затратами на производство и сбыт продукции, т.е. $Pr(t) = B(t) - Z(t)$;

$Cc.c(t)$ – стоимость собственных средств предприятия;

$Cu(t)$ – стоимость имущества предприятия, включающая его собственные и заемные средства.

Пользуясь этими обозначениями, определим следующие показатели, необходимые для дальнейшего изложения:

- рентабельность имущества предприятия по прибыли от реализации продукции $Pu.n(t)$:

$$Pu.n(t) = \frac{Пp(t)}{Cu(t)}; \quad (5.1)$$

$$Pc.c(t) = \frac{Пp(t)}{Cc.c(t)}; \quad (5.2)$$

- эффективность (оборачиваемость) собственных средств предприятия $Эc.c(t)$:

$$Эc.c(t) = \frac{B(t)}{Cc.c(t)}; \quad (5.3)$$

- затраты на 1 р. собственных средств предприятия $Зc.c(t)$:

$$Зc.c(t) = \frac{З(t)}{Cc.c(t)}; \quad (5.3)$$

- доля собственных средств предприятия в общей стоимости его имущества (коэффициент автономии) $Kc.c(t)$:

$$Kc.c(t) = \frac{Cc.c(t)}{Cu(t)}. \quad (5.4)$$

Разложение показателя рентабельности имущества предприятия (5.1) с учетом формул (5.3)–(5.5) приводит к выражению:

$$Pu.n(t) = \frac{Пp(t)}{Cu(t)} = \frac{\frac{B(t) - З(t)}{Cc.c(t)}}{\frac{Cu(t)}{Cc.c(t)}} = \frac{\frac{B(t)}{Cc.c(t)} - \frac{З(t)}{Cc.c(t)}}{\frac{Cu(t)}{Cc.c(t)}} = [Эc.c(t) - Зc.c(t)]Kc.c(t).$$

Взяв производную по t от обеих частей этого равенства, получим:

$$\frac{dPu.n(t)}{dt} = \left[\frac{dЭc.c(t)}{dt} - \frac{dЗc.c(t)}{dt} \right] Kc.c(t) + [Эc.c(t) - Зc.c(t)] \frac{dKc.c(t)}{dt}.$$

Найдем условие, при котором будет иметь место рост показателя рентабельности имущества предприятия $Pu.n(t)$, для чего производная должна быть величиной положительной:

$$\frac{dPu.n(t)}{dt} = \left[\frac{d\mathcal{E}c.c(t)}{dt} - \frac{d\mathcal{Z}c.c(t)}{dt} \right] Kc.c(t) + [\mathcal{E}c.c(t) - \mathcal{Z}c.c(t)] \frac{dKc.c(t)}{dt} > 0.$$

Раскрывая скобки, после перегруппировки дробей придем к выражению относительно оборачиваемости собственных средств предприятия:

$$\frac{d\mathcal{E}c.c(t)}{dt} > \frac{d\mathcal{Z}c.c(t)}{dt} - \frac{\mathcal{E}c.c(t) - \mathcal{Z}c.c(t)}{Kc.c(t)} \cdot \frac{dKc.c(t)}{dt}.$$

Вместе с тем, т.к. дробь в правой части его с учетом (5.2)–(5.4) равна

$$\frac{\mathcal{E}c.c(t) - \mathcal{Z}c.c(t)}{Kc.c(t)} = \frac{\frac{Pr(t)}{Cc.c(t)}}{Kc.c(t)} = \frac{Pc.c(t)}{Kc.c(t)},$$

после ее замены окончательно находим искомое неравенство:

$$\frac{d\mathcal{E}c.c(t)}{dt} > \frac{d\mathcal{Z}c.c(t)}{dt} - \frac{Pc.c(t)}{Kc.c(t)} \cdot \frac{dKc.c(t)}{dt}. \quad (5.6)$$

Полученное выражение, как уже было отмечено, представляет собой условие повышения рентабельности имущества и связывает динамику оборачиваемости собственных средств предприятия с их рентабельностью, скоростями изменения затрат и коэффициента автономии. Оно задает нижний предел (критический уровень) для скорости оборачиваемости собственных средств, при котором сохраняется наращивание рентабельности имущества предприятия.

Выводы:

- критический уровень скорости $\mathcal{E}c.c(t)$ зависит от скорости изменения затрат $\mathcal{Z}c.c(t)$, величины и скорости изменения в имуществе предприятия доли собственных средств $Kc.c(t)$ и их рентабельности $Pc.c(t)$;
- для снижения критического уровня скорости изменения $\mathcal{E}c.c(t)$ выгодной является ситуация, когда растут скорость коэффициента $Kc.c(t)$ и величина рентабельности $Pc.c(t)$, а скорость изменения затрат $\mathcal{Z}c.c(t)$ уменьшается или остается постоянной, обращая в этом случае их производную в (5.6) в ноль;
- для критического уровня скорости $\mathcal{E}c.c(t)$ существенную роль играют не только численная величина рентабельности $Pc.c(t)$, но и результат реализации продукции предприятия: прибыльный, когда $Pc.c(t) > 0$, или убыточный, при котором $Pc.c(t) < 0$. Вследствие этого качественно различной выглядит картина динамики анализируемых показателей.

Уточняя приведенный выше вывод, необходимо заметить, что уменьшение скорости роста затрат $\mathcal{Z}c.c(t)$ и увеличение скорости изме-

нения коэффициента автономии $Kc.c(t)$ для предприятия предпочтительно лишь при положительной прибыли, т.к. только при $Pc.c(t) > 0$ однозначно снижается критический уровень скорости оборачиваемости $\mathcal{E}c.c(t)$. Однако, если происходит противоположный процесс – наращивание скорости изменения $Zc.c(t)$ и уменьшение скорости изменения $Kc.c(t)$, – критический уровень скорости $\mathcal{E}c.c(t)$ повышается, что осложняет поддержание тенденции наращивания рентабельности имущества предприятия $Pu.n(t)$. В иной ситуации, когда сбыт продукции предприятия является убыточным и $Pc.c(t) < 0$, для скорости $\mathcal{E}c.c(t)$ становится благоприятным уменьшение скоростей изменения как затрат $Zc.c(t)$, так и коэффициента автономии $Kc.c(t)$: в этом случае критический уровень скорости $\mathcal{E}c.c(t)$ снижается, и рост рентабельности $Pu.n(t)$ обеспечить легче. В целом влияние динамики величины затрат $Zc.c(t)$ и коэффициента автономии $Kc.c(t)$ на изменение критического уровня скорости оборачиваемости собственных средств предприятия $\mathcal{E}c.c(t)$ при положительной и отрицательной рентабельности $Pc.c(t)$ раскрывается в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Влияние динамики показателей $Zc.c(t)$ и $Kc.c(t)$
при прибыльной и убыточной деятельности на изменение
критического уровня скорости $\mathcal{E}c.c(t)$

Показатели и характер изменения их значений	Затраты на 1 р. собственных средств предприятия $Zc.c(t)$		Доля собственных средств в имуществе предприятия $Kc.c(t)$		Изменение критического уровня скорости оборачиваемости $\mathcal{E}c.c(t)$
	Скорость изменения $Zc.c(t)$ уменьшается	Скорость изменения $Zc.c(t)$ увеличивается	Скорость изменения $Kc.c(t)$ уменьшается	Скорость изменения $Kc.c(t)$ увеличивается	
Прибыль от реализации продукции положительная, т.е. $Pc.c(t) > 0$	✓		✓		Требуется дополнительный анализ
	✓			✓	Снижается
		✓	✓		Повышается ¹
		✓		✓	Требуется дополнительный анализ
Прибыль от реализации продукции отрицательная, т.е. $Pc.c(t) < 0$	✓		✓		Снижается
	✓			✓	Требуется дополнительный анализ
		✓	✓		Требуется дополнительный анализ
		✓		✓	Повышается

¹ Такая динамика встречается у показателей работы ОАО «Иркутскмебель» в 2003–2004 гг. и в 2004–2005 гг. (см. табл. в прил. 5).

Исследование динамических свойств процесса поддержания эффективности использования средств предприятия углубляет представления об условиях наращивания его ресурсов и устойчивости в нестабильной среде. С этой целью в продолжение предыдущего обсуждения проведем анализ устойчивости процесса накопления прибыли, полагая, что она образуется в результате взаимодействия потоков поступления выручки от реализации продукции и отвлечения денежных средств на покрытие затрат на ее производство. В этом случае скорость изменения запасаемой фактической прибыли $Пр.ф(t)$ будет равна разности между скоростями пополнения выручки $B(t)$ и расходования средств – затрат $З(t)$, т.е.

$$\frac{dПр.ф(t)}{dt} > \frac{dB(t)}{dt} - \frac{З(t)}{d(t)}. \quad (5.7)$$

Сущность управления этим процессом будет заключаться в следующем: в результате принимаемых решений и использования ресурсов не допускать снижения аккумулируемой прибыли ниже планируемого уровня $Пр.п > 0$ при любых колебаниях уровня затрат. Причем, в общем случае есть смысл ввести параметр β ($\beta > 0$), задавая который можно влиять на процесс обеспечения планируемого запаса прибыли $Пр.п$. В прил. 6 представлено решение (П6.8) дифференциального уравнения (5.7):

$$Пр.ф(t) = Пр.п + [Пр.ф(0) - Пр.п] \cdot e^{-\beta t}, \quad (5.8)$$

анализ которого приводит к следующим выводам:

- устойчивость показателя $Пр.ф(t)$ является асимптотической в целом (глобальной), поскольку не связана ограничением отклонения начального запаса прибыли $Пр.ф(0)$ от плановой $Пр.п$. Иными словами, какой бы ни была сумма прибыли в исходный момент времени, фактическая прибыль в ходе регулирования стремится к ее запланированному значению (рис. 5.5).

Обратим внимание: асимптотическая устойчивость в целом соблюдается и при отрицательной величине начального запаса прибыли, т.е. при $Пр.ф(0) < 0$. В последнем случае, несмотря на убыточность реализуемой продукции, при успешном регулировании продаж остается возможным не только обеспечение окупаемости затрат, но и достижение плановой величины прибыли $Пр.п$;

- коэффициент β влияет на скорость процесса приближения величины фактической $Пр.ф(t)$ прибыли к плановой $Пр.п$, поскольку с увеличением β ($\beta > 1$) уменьшается второе слагаемое в выражении (5.8), и этот процесс протекает быстрее. Следовательно, чем больше уровень β ,

тем скорее (разумеется, при надлежащем регулировании) осуществляется ее движение к плановой величине прибыли (рис. 5.5);

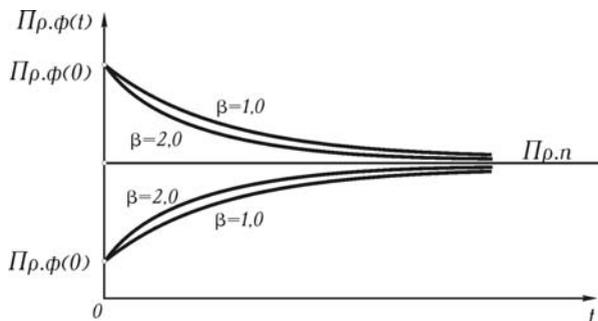


Рис. 5.5. Асимптотическая устойчивость в целом показателя $Pr.\phi(t)$

- с нулевым запасом фактической прибыли в начальный момент времени при $t = 0$, когда величина $Pr.\phi(0) = 0$, выражение (5.8) преобразуется к виду:

$$Pr.\phi(t) = Pr.n(1 - e^{-\beta t}),$$

которое формализует асимптотически устойчивую в целом систему и графически представляет собой соответствующую зависимость (рис. 5.6);

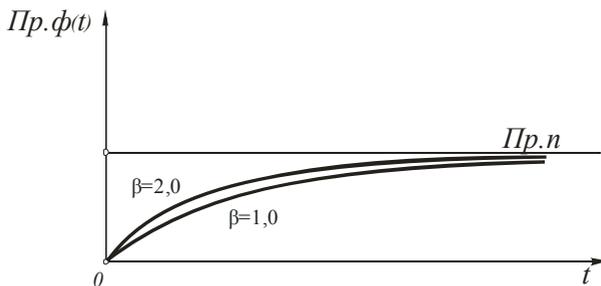


Рис. 5.6. Асимптотическая устойчивость в целом показателя $Pr.\phi(t)$ при нулевом запасе фактической прибыли при $t = 0$

- с совпадением величин начального запаса фактической и плановой прибыли при $Pr.\phi(0) = Pr.n$, согласно выражению (5.8), достигается намеченная цель: равенство фактической $Pr.\phi(t)$ и плановой $Pr.n$ прибыли, и необходимость регулирования описываемого процесса в этом случае отпадает.

Благодаря представленным аналитическим методам и инструментам, удастся своевременно принимать решения и обеспечивать наме-

ченную эффективность использования ресурсов предприятия. Становится возможным погашение недопустимых колебаний уровня эффективности, стабилизация ее траектории и сохранение устойчивости контролируемых показателей работы предприятий.

Правомерен и вопрос об эффективности самой системы управления устойчивостью предприятия. Проектирование и внедрение этой системы требуют привлечения информации и компьютерной техники, разработки алгоритмов и программного продукта, что связано с дополнительными затратами, покрываемыми поступлением устойчиво поддерживаемой прибыли. Полагаем, что эффективность системы зависит от ее структуры (комплекса программно-алгоритмических и технических средств) и стоимости, отдачи и окупаемости, имея в виду, что устойчивость прибыли предприятия обеспечивается всей совокупностью компонентов системы управления.

При сравнительном анализе эффективности системы управления примем допущение, что ее стоимость пропорциональна количеству информации, которую система генерирует для подавления помех, нарушающих устойчивую деятельность предприятия [268]. Действительно, увеличение объема управляющей информации требует модернизации системы – наращивания ее мощности и стоимости (каналов сбора данных, хранилища и процессоров для преобразования информации и т.д.). Поэтому, возвращаясь к равенству (3.3), можем записать для него подобное выражение:

$$\frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_{\max}} = 1 - e^{-\frac{C_y}{C_{y0}}},$$

где C_{y0} – стоимость системы управления в исходном состоянии,
 C_y – стоимость модернизированной системы управления.

Обозначая, как и прежде, коэффициентом $K_{\mathcal{E}} = \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_{\max}}$, имеем

$$K_{\mathcal{E}} = 1 - e^{-\frac{C_y}{C_{y0}}},$$

и после преобразований и логарифмирования получим

$$\frac{C_y}{C_{y0}} = \ln(1 - K_{\mathcal{E}})^{-1} \quad (5.9)$$

или

$$C_y = C_{y0} \ln(1 - K_{\mathcal{E}})^{-1} \quad (5.10)$$

График зависимости (5.9) изображен на рис. 5.7 и примечателен тем, что повторяет вид функции (3.4) на рис. 3.3.

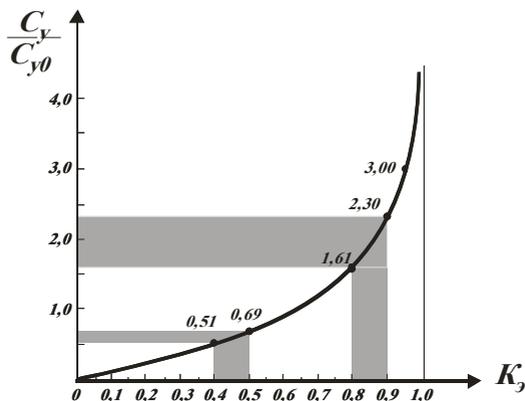


Рис. 5.7. Зависимость между относительными величинами эффекта деятельности предприятия и срока окупаемости его системы управления

Особенность зависимости (5.9) заключается в том, что с увеличением значений коэффициента (при $\mathcal{E} \rightarrow \mathcal{E}_{\max}$) стоимость модернизированной системы управления возрастает и с приближением $K_{\mathcal{E}} \rightarrow 1$ кривая «взмывает» вверх, демонстрируя ускоренный рост стоимости системы. Тем самым максимальные значения \mathcal{E} экономического эффекта предприятия реализуются лишь при стремительно нарастающей стоимости системы, что вполне согласуется с выводами § 3.4.

В результате поддержание устойчивого уровня \mathcal{E} экономического эффекта в области больших значений обходится предприятию увеличением срока окупаемости $T_{ок}$ его системы управления и в пределе $\mathcal{E} \rightarrow \mathcal{E}_{\max}$ срок $T_{ок}$ возрастает многократно. В частности, при модернизации системы управления с целью увеличения уровня \mathcal{E} экономического эффекта предприятия с 0,80 до 0,90 от максимально возможного \mathcal{E}_{\max} срок окупаемости $T_{ок}$ усовершенствованной системы управления возрастет в 1,71 раза по сравнению с наращиванием эффекта с 0,70 до 0,80 от \mathcal{E}_{\max} . При продолжении повышения уровня \mathcal{E} экономического эффекта предприятия с 0,90 до 0,95 срок окупаемости $T_{ок}$ его системы управления возрастет уже в 2,00 раза по сравнению с вариантом наращивания эффекта с 0,80 до 0,90 от \mathcal{E}_{\max} (см. прил. 7).

Проведем сравнительный анализ эффективности системы управления с позиций обеспечения *устойчивой* величины экономического

эффекта предприятия. Полагая, что в этом случае величина экономического эффекта \mathcal{E} должна находиться в заданном интервале от нижней K_3'' до верхней K_3^6 границы:

$$K_3'' \leq \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_{\max}} \leq K_3^6,$$

и налицо подобие формул (3.4) и (5.9), получаем аналогичное (3.5) выражение для относительной стоимости системы управления $\frac{C_y}{C_{y0}}$:

$$\ln(1 - K_3'')^{-1} \leq \frac{C_y}{C_{y0}} \leq \ln(1 - K_3^6)^{-1}. \quad (5.11)$$

Удовлетворение этому неравенству служит условием устойчивости величины экономического эффекта \mathcal{E} предприятия. График на рис. 5.7 подтверждает закономерность резкого увеличения и расширения диапазона стоимости системы управления (ширина горизонтальных затемненных полос) при стремлении обеспечить устойчивость эффекта \mathcal{E} , близкого к максимальному \mathcal{E}_{\max} .

Проведенные расчеты (прил. 7) показывают: повышение уровня устойчивого экономического эффекта деятельности предприятия с диапазона $0,80 \div 0,90$ до $0,90 \div 0,95$ от максимального возможного \mathcal{E}_{\max} достигается лишь при увеличении срока окупаемости системы управления в $1,64 \div 2,03$ раза по сравнению с вариантом модернизации системы управления, обеспечивающим переход от диапазона $0,70 \div 0,80$ к диапазону $0,80 \div 0,90$ от \mathcal{E}_{\max} .

5.4. Совершенствование технологии адаптивного управления производственными системами с использованием эвристических алгоритмов и знаний

В неопределенной экономической ситуации приоритет принадлежит разработке управленческих решений, направленных на обеспечение устойчивости предприятия в динамичной среде. С этих позиций уместно не только высказать предположение, но и подвести под него более убедительное обоснование: информационные ограничения, целевое пространство предприятия и искомые решения находятся во взаимосвязи, которая должна быть раскрыта и формализована в рамках проектирования адаптивной системы управления предприятием. Оче-

видно, что состав и количество накопленной информации зависят от профиля производственной деятельности и обуславливают устойчивость предприятия, поскольку уменьшение объема полезной информации ниже критического уровня влечет за собой разбалансированность и дефицит ресурсов, а значит, и потерю нормального режима работы. Ведь сохранение его в возмущенной среде невозможно без ресурсного обеспечения, компенсирующего влияние помех и поддерживающего допустимый режим производства и обмена ресурсов предприятия со своим окружением.

Проблематичность подобного рода задачи и принципиальная неустраняемость неопределенности будущего поведения субъектов рынка предполагают применение теории нечетких множеств для разработки управленческих решений с целью обеспечения устойчивости промышленных предприятий. Притягательность аксиоматики нечетких множеств состоит в применении лингвистических переменных, способных передать оттенки субъективных суждений человека и тем самым восполнить дефицит плохо формализуемой эвристической информации в системах принятия решений. По замыслу Л. Заде, родоначальника теории нечетких множеств, перед лицом ошеломляющей сложности приходится изучать возможность использования так называемых лингвистических переменных, значениями которых являются не числа, а слова или предложения в естественном или формальном языке. Провозглашая принцип несовместимости, он утверждал, что в гуманистических (с участием человека) системах высокая точность несовместима с большой сложностью, или более конкретно: они в первом приближении обратно пропорциональны друг другу [97; 354].

В нашей литературе отмечали общность методологических предпосылок и связь концепции нечеткости с проблемами устойчивости. Существуют два различных подхода к учету неопределенности: один из них не интересуется неопределенностью исходных данных и обращен к поиску точного модельного решения и лишь затем уже к оцениванию его вариации по отношению к колебаниям исходных данных, что представляет собой реализацию общей схемы устойчивости; второй подход, в отличие от первого, принимает во внимание неопределенность на всех этапах обработки, для чего допускает описание неопределенности исходных данных в терминах нечетких множеств (А.И. Орлов [195]).

Следуя второму подходу, лингвистическая переменная «устойчивость» может иметь лингвистические значения: «низкая», «пониженная», «умеренная», «достаточная», «высокая» и другие. И поскольку границы между этими значениями носят размытый характер, то и опи-

сывающие их множества также лишены строгих очертаний, являются нечеткими и напоминают «человекоподобный» стиль мышления. В результате моделируемое решение воплощает в себе не только количественные, но и качественные знания, благодаря чему становится более емким и интеллектуальным в ходе планирования деятельности предприятия в условиях информационного «разряжения».

Специалисты отмечают, что такой подход лучше всего соответствует психологии аналитиков, склонных часто оперировать эвристическими оценками и при дефиците информации вынужденных полагаться не на точные, а на приближенные решения. В этом отношении уместно привести категоричное мнение Н. Винера по поводу точности экономических величин: «Приписывать таким неопределенным по самой своей сути величинам какую-то особую точность бесполезно и нечестно, и, каков бы ни был предлог, применение точных формул к этим слишком вольно определяемым величинам есть не что иное, как обман и пустая трата времени» [51, с. 100].

Кроме того, поиск лучшего планового решения подразумевает исследование и учет психологических характеристик диалога, познания и личности пользователей систем поддержки принятия управленческих решений. Ввиду этого появляется необходимость представлять в этих системах не только знания о предметной среде, но и психологические знания о человеке («модель пользователя»), разрабатывать методы контроля за функционированием компьютера. Здесь в фокусе анализа оказываются, прежде всего, интеллектуальные решения, которые свойственны ситуациям со скрытыми, неявными альтернативами.

Вместе с тем компьютер как средство интеллектуальной деятельности выдвигает особые требования к мышлению аналитика, требует от него активного понимания проблемы и познавательной инициативы. Свою роль играют и мотивационные факторы, которые взаимодействуют с осознанной саморегуляцией стратегий, т.е. с процессом подготовки принятия решений в виде промежуточных микрорешений при следовании целям разной значимости и обоснованности в ходе диалога с компьютером [125].

Нельзя забывать и о том, что задачу нахождения решения формулирует и организует лицо, принимающее решение (ЛПР) и обладающее своими жизненными приоритетами, мотивами, опытом руководства производственной системой, что индивидуализирует систему поддержки принятия управленческих решений. От интеллекта ЛПР, его восприятия текущей ситуации, проницательности и умения предвидеть ее будущее зависит исход поиска решения. Поэтому глубина проработки решения определяется личностными свойствами ЛПР и его ресурс-

ным оснащением: объемом и достоверностью используемой информации и технологией управления (экономико-математическими моделями, программно-вычислительными, техническими и иными средствами ее обеспечения).

На этом фоне плановое решение и задает деятельности производственной системы «вектор» устойчивого движения к намеченным показателям с учетом располагаемых интеллектуальных, информационных, алгоритмических, программных, технических и других ресурсов. Условиями же разработки планового решения выступает информационно-интеллектуальная среда задачи, насыщенная отмеченными выше взаимосвязанными факторами воздействия на ход поиска и принятия плана.

Наряду с этим, вывод предприятия индустрии на устойчивый режим функционирования требует также разработки моделей гибкого планирования дискретного производства, способных варьировать ресурсными ограничениями в допустимых пределах, в отличие от жестких традиционных экономико-математических моделей. А они строго соблюдают выполнение формальных равенств и неравенств и лишены свойства ослаблять введенные ограничения, в то время как мозг человека, не располагая большой вычислительной мощностью, обычно без усилий находит приемлемое (но, разумеется, не всегда оптимальное) решение, удовлетворяющее только отчасти учитываемым условиям.

Однако, поскольку управление устойчивостью предприятия страдает отсутствием полноты исходных данных и тем самым оптимизация плана производства проводится на основе выдвинутых допущений, то и само решение неизбежно будет носить приближенный характер. Ввиду этого нехватка информации побуждает привить алгоритмам оптимизации способность воспринимать и обрабатывать как количественную, так и качественную (эвристическую) информацию. Тогда станет возможным органично увязать преимущества оптимизации и гибкого процесса отыскания решений в моделях планирования производства, что и будет удовлетворять требованиям управления устойчивостью промышленного предприятия в довольно неопределенной и подвижной среде.

Между тем следует сказать о том, что еще в дорыночный период наши экономисты ощутили необходимость повышения гибкости оптимизации планов дискретного производства. Дело в том, что на практике в моделях планирования производства подчас возникала противоречивость, вызванная несовместимостью вводимых в них ограничений, например, на располагаемые ресурсы и объем выпуска продукции. Поэтому моделируемое плановое решение в создавшейся ситуации заведомо блокировалось отсутствием общей области накладываемых огра-

ничений. Специалисты обращали внимание на причины такого аномального положения: ресурсный дефицит, завышенные плановые задания, неточность экономической информации и др. Конечно, подобные проблемы не всегда заводили в тупик, поскольку могли быть «развязаны» приведением несовместных ограничений к согласованности между ними. Но все же специалисты искали и предлагали методы математической коррекции противоречивых моделей линейного программирования (см., например, [44; 92]).

В задачах планирования производства продукции такая ситуация нередко появлялась, в частности, из-за необходимости найти рациональное сочетание таких порой противоречивых требований, как равномерность загрузки подразделений и изготовление в срок продукции. Ведь стремление обеспечить размеренный ход производства может обернуться срывом выгодного заказа, и, наоборот, ускорение его выполнения способно вызвать перегрузки в работе подразделений. Приобретающая в этой связи актуальность задача одновременной оптимизации производственной программы (объемного планирования) и ее распределения по календарным периодам (кварталам и месяцам), относящаяся к классу задач объемно-календарного планирования, имела несомненные экономические доводы. По оценке Н.П. Федоренко, решение такой задачи дает возможность примерно на 12–15% улучшить загрузку мощностей и, благодаря более равномерной загрузке рабочих мест, оптимизации заделов незавершенного производства, ускорению оборачиваемости оборотных средств сократить длительность производственного цикла изделий на 10 – 20% [273].

Ясно, что для сохранения устойчивости предприятия требуется обладать возможностью варьирования показателями в достаточно широком диапазоне, и потому подобного рода «некорректные» задачи должны найти математический способ решения и поиска разумного компромисса. С этих позиций наиболее типичные методы формирования производственной программы предприятий могут быть систематизированы следующим образом [299]:

- подход, ориентированный лишь на непревышение фонда времени работы оборудования С.А. Думлера [91];
- подходы, ориентированные на равномерную загрузку оборудования и не содержащие показатели недогрузки и перегрузки оборудования А.И. Неймарка и С.А. Соколицына [182], Р.М. Петухова и М.В. Нединой [203];
- подходы, ориентированные на равномерную загрузку оборудования и уже учитывающие показатели степени приближения трудоемкости месячной программы к среднемесячному объему работ Л.И. Смо-

ляра и Ф.И. Бинштока [247] или допустимого отклонения от расчетного фонда времени К.Г. Татевосова и Р.П. Шейнмана [263];

- подход, минимизирующий суммарные затраты и учитывающий показатели как недогрузки, так и перегрузки оборудования С.А. Соколицына [248];

- подход, минимизирующий сумму взвешенных перегрузок и недогрузок Б.Я. Курицкого, В.В. Персианова и Ю.А. Сокуренько [132], С.А. Соколицына [249] или учитывающий затраты от недогрузки оборудования В.А. Дуболазова [250].

Выстроенные в хронологическом порядке (по времени опубликования), эти подходы вместе с тем раскрывают тенденцию постепенного отхода от строгости выполнения ограничений и наращивания компромиссности задач. Такие методы, безусловно, повышающие гибкость планирования, отнюдь не затрагивают конструкцию самой модели формирования плана производства (МФПП). Иными словами, математическое неравенство или равенство в ограничении остается «непреклонным» и исключает любую возможность его нарушения в ходе планирования производства.

Но по мере роста разнообразия состояний производственной системы предприятия резонно ослабить их строгость и разрешить приближенное выполнение этих неравенств или равенств. Практически это выражалось бы в том, что ограничения в МФПП были бы «смягчены»: не превышение какого-то ресурса допускало в случае надобности «перерасход» его, ограничение снизу – снижение показателя за этот порог, а равенство выдерживать примерно. При этом по понятной причине степень размытости ограничений не может выходить за фиксированные пределы и должна быть величиной регулируемой.

Кстати, такой подход позволяет обойти и другую проблему, о которой нередко забывают при разработке моделей производственного планирования. Речь идет о том, что указание точных ограничений в оптимизационных моделях наталкивается на трудности, связанные с многомерностью математического описания и сопровождением его поиском большого объема информации. Об этой проблеме в свое время озабоченно писал В.М. Глушков: «В классических постановках оптимизационных задач труд, который необходимо затратить для точного задания границ области, не принимается во внимание. Между тем этот труд далеко не полностью поддается процессу формализации и автоматизации и зачастую оказывается гораздо более громоздким и длительным, чем последующее решение на ЭВМ самой оптимизационной задачи» [69, с. 2]. Возникающий в этом случае расход ресурсов на ин-

формационное обеспечение задачи не всегда оправдывает себя и лишь снижает достигаемый решением задачи эффект.

Для формирования таких размытых ограничений вместе с системой из m подсистем по n обычных двойных неравенств в каждой

$$\left\{ \left\{ a_{ji} \leq x_i < b_{ji} \right\}_{i=1}^n \right\}_{j=1}^m \quad (5.12)$$

задается скаляр $\alpha \in (0, 1]$, сообщающий степень удовлетворения решения $x \equiv (x_1, x_2, \dots, x_n)$ этой системе ограничений.

В результате модель приобретает желаемую гибкость, а ее способность к компромиссам (допускаемой мере нарушений ограничений) задается параметром α в полном диапазоне: от предельно жесткой МФПП до самой гибкой МФПП. Такая модель отвечает задаче математического программирования с линейной целевой функцией и размытыми ограничениями [289; 324].

Применение этой модели может осуществляться следующим образом. Для предприятий с относительно стабильным производственным процессом и умеренным разнообразием состояний формирование плана производства сравнительно просто, поскольку распределение выпуска продукции по интервалам года не влечет за собой заметных перегрузок и недогрузок производственной системы. В этом случае нет необходимости «размывать» ресурсные ограничения (5.12), которые остаются жесткими, т.е. ограничениями в обычном смысле, и вполне приемлем параметр $\alpha = 1,0$. По мере снижения степени стабильности производства и увеличения разнообразия состояний предприятия распределение выпуска продукции сопровождается появлением в отдельных интервалах перегрузок и недогрузок, в связи с чем $\alpha < 1,0$ и, уменьшаясь, удаляется от единицы в сторону нуля, и потому ограничения размываются сильнее и сильнее. Чем больше разнообразия состояний предприятия, что содержит в себе возможность нарастания неравномерности загрузки производственной системы, тем меньше задается значение α , вследствие чего ресурсные ограничения (5.12) раздвигают пределы возможных перегрузок и недогрузок групп оборудования. Причем даже в том случае, когда часть производственной программы уже предопределена и модель работает в режиме «досчета», задача нахождения оптимального варианта плана выпуска продукции не снимается и по-прежнему имеет смысл и математическое решение, на что указывали Л.В. Канторович и И.В. Романовский [107]. Благодаря этому удастся регулировать меру «размытости» ресурсных ограничений и находить компромиссное плановое решение, обеспечивая устойчивость производственных систем предприятия.

Подчеркнем, что применение теории нечетких множеств в экономических исследованиях пока еще не нашло широкого распространения и нуждается не только в теоретическом осмыслении, но и в анализе практических приложений. Вместе с тем не вызывает сомнений, что для гибкости планирования производства в условиях неполноты исходной информации необходимо добиваться синтеза обычных количественных и эвристических методов поиска и обоснования «интеллектуальных» плановых решений, а для этого алгоритмы нечетких множеств предоставляют богатые возможности, объединяя в себе математическую строгость и присущую нам эвристическую природу мышления.

Вышеизложенное обуславливает успех адаптивного управления производственными системами степенью приближения алгоритмов к специфике деятельности этих систем, что достигается на этапе структурной адаптации выбором адекватной модели планирования производства и ее последующей настройкой на ожидаемый режим на этапе параметрической адаптации системы управления. Для этого предварительно проводится параметризация производственных систем и задач планирования и с помощью параметров выделяются определенные типы базовых моделей планирования производства. Они и образуют логически выстроенный модельный ряд, который отвечает многообразию производственных систем и алгоритмическим особенностям управления ими.

При таком подходе движение от одного класса к другому протекает с изменением разнообразия состояний производственных систем непрерывно и постепенно, ввиду чего множество всех классов чрезвычайно велико. Но объективная классификация и требует, чтобы число возможных классов значительно превосходило число классифицируемых элементов. Тогда можно не опасаться, что разбиение совокупности систем будет определяться выбранными классами, и какой-то признак классификации окажется вне поля зрения.

Проведенное упорядочение классов производственных систем по степени их сложности позволяет прийти к заключению, что класс более сложных систем «покрывает» собой класс менее сложных. Иными словами, классы производственных систем с позиций формальной логики образуют последовательность вложенных множеств:

$$P_1 \subset P_2 \subset \dots \subset P_D,$$

и каждый класс, начиная со второго, включает в себя предыдущий. Таким образом, некоторый класс при процедуре упрощения может быть сведен к любому другому классу, который в этой последовательности занимает предшествующее положение. Под упорядочением в данном

случае понимается уменьшение разнообразия состояний производственных систем, что обеспечивается рациональным выбором, во-первых, числа запускаемых в производство типов изделий (заготовок, деталей, узлов, сборочных единиц и др.), технологических операций над ними и масштаба производства изделий, и, во-вторых, необходимых для их изготовления рабочих мест и связей между ними.

На этом основании в качестве первичной производственной системы примем рабочее место (РМ), которое «характеризуется пространственными, организационными, технологическими, техническими, социальными и экономическими параметрами, каждый из которых обладает множеством признаков и свойств, находящихся в системной взаимосвязи и взаимообусловленности» (В.Ф. Ершов [93, с. 6]). Для РМ снижение разнообразия состояний выполняется сокращением числа типов изготавливаемых изделий и обоюдным уменьшением неоднородности и нерегулярности состояний. В ходе этого процесса смена состояний РМ утрачивает хаотичность и обретает закономерность, что упрощает планирование деятельности РМ, а это уже говорит о том, что при условии сокращения многообразия деталяеопераций и гармоничного сочетания их, оно обращается в РМ меньшей сложности, которое, в свою очередь, может стать еще проще при том же условии.

Подобное свойство сложности следует признать и за моделями планирования производства промышленной продукции. Действительно, исходя из их адекватности классам предприятий, правомерно принять, что эти модели могут трансформировать свою структуру в соответствии с конкретным предприятием: МФПП со снижением степени интеграции моделей объемного планирования (ОП) и объемно-календарного планирования (ОКП) вырождается в МФПП менее сложной производственной системы, т. е. МФПП становятся проще в структурном отношении, что достигается опущением связей между моделями ОП и ОКП.

Как видим, структурное перестроение МФПП мотивируется необходимостью взаимоувязки ОП и ОКП из-за выполнения на РМ неоднородных и нерегулярных деталяеопераций. Чем больше таких РМ на предприятии¹, тем теснее переплетаются модели ОП и ОКП, поэтому согласимся с В.А. Петровым в том, что «тип производства отражает характер внутренних связей между основными элементами производ-

¹ В частности, на предприятиях электротехнической промышленности разные типы производства встречаются не только на одном заводе, но и в одном цехе и нередко на одном участке.

ственного процесса на каждом отдельном и всей совокупности рабочих мест. То или иное число связей выражает одновременно и степень постоянства производственных условий (состояния всех элементов) на рабочих местах при выполнении заданных работ (операций)» [202, с. 33]. Но чем сложнее взаимосвязи в организационно-технологической структуре предприятия, тем сложнее оказывается алгоритм принятия решений по планированию.

О тенденции роста разнообразия состояний предприятий свидетельствует сокращение удельного веса тех из них, которые выпускают продукцию массового и крупносерийного производства, и увеличение доли предприятий среднесерийного, мелкосерийного и единичного типа. По обследованию ряда машиностроительных предприятий Москвы уже в 70-х годах прошлого века их насчитывалось более половины (44 завода из 76), тогда как предприятий массового и крупносерийного производства всего лишь 18 (смешанный тип производства имели 14 предприятий). При этом среди обследованных предприятий не было ни одного, на котором производство можно было бы отнести к одному типу, поскольку на заводах сочетались различные типы производства (Н.А. Саломатин [118, с. 285–286]).

Между тем интегративность ОП и ОКП создает МФПП, отличную от ее составных частей, и поэтому правомерно ожидать появления у нее свойства, которое отсутствует у каждой из моделей ОП и ОКП в отдельности. Такое свойство эмерджентности МФПП подразумевает, что ее усложнение должно реализоваться в повышении гибкости процесса планирования производства.

Мы уже знаем, что с ростом разнообразия состояний производственной системы недостаток гибкости у МФПП отнюдь не компенсируется экстремальностью моделируемого плана. Ведь вводимые в задачу ограничения являются жесткими и не признают какого бы то ни было нарушения математических условий. А это не всегда диктуется смыслом решаемой задачи и практической целесообразностью. Порой благоразумно поступиться строгостью выполнения некоторых ограничений, чтобы не вызвать ухудшения других, более существенных показателей. «Чем многообразней состав изделий в производственной программе, чем больше в нем удельный вес нерегулярно повторяющейся и единичной продукции, – писал К.Г. Татевосов, – тем сложнее становится задача рационального распределения программы, а математические равенства объемов необходимых и имеющихся ресурсов в каждом отрезке планового года обосновать практически нельзя» [264, с. 35]. Для придания МФПП реалистического характера и меньшей жесткости рост разнообразия состояний производственной системы по кибернетическому зако-

ну необходимого и достаточного разнообразия должен поддерживаться наращиванием состояний МФПП: только разнообразие состояний управляющей подсистемы может справиться с разнообразием состояний управляемой подсистемы. Поэтому МФПП должна допускать требуемое разнообразие состояний и тем самым обеспечить отвечающую им сложность и гибкость планирования, что достигается совмещением ОП и ОКП в ряде предложенных методов, о чем шла речь выше.

Проведенное обсуждение (с учетом результатов исследования примечательных черт прогресса производственных систем в § 3.2) дает возможность прийти к следующему резюме: стремительный рост и частое обновление номенклатуры продукции привели к тому, что в течение более чем семидесяти лет, в нашей индустрии проходило и продолжается снижение серийности ее выпуска. Сопровождая этот процесс, задача формирования плана производства в своем историческом и логическом развитии прошла путь от конгломерата не связанных между собой моделей ОП и ОКП для массового производства до полной интеграции их для единичного производства.

С системных позиций это означает, что повышению разнообразия состояний производственной системы при переходе от массового к единичному типу необходимо противопоставить наращивание сложности и гибкости МФПП, в результате чего устанавливается адекватность специфики организации и планирования производства. Более сложная система включает в себя менее сложную и вместе с упрощением производственной системы происходит трансформация МФПП в более простую, что проявляется в степени строгости выполнения ресурсных ограничений в МФПП. В этом находит применение принцип сложности, согласно которому в процессе проектирования систем управления целесообразно обеспечить необходимое качество управления при минимальной сложности разрабатываемой системы (В.В. Солодовников, В.И. Тумаркин [252]).

Теперь осталось перенести представления об объективизации классификации производственных систем в сферу их типологии для использования в технологии адаптивного управления ими: речь пойдет о более тонкой параметрической адаптации МФПП. В роли параметра, вызванного микроподходом к исследованию предприятия и обеспечивающего привязку МФПП к условиям деятельности конкретной производственной системы, выступает ее тип производства (от РМ до предприятия). Определяемый однородностью и регулярностью состояний системы, тип производства системы динамичен и настраивает выбранную МФПП на требуемый режим работы, что улучшает адаптивные свойства модели.

Логично предположить, что по мере роста разнообразия состояний производственной системы, ее тип последовательно переходит от массового к серийному, а затем к единичному. При этом автор исходит из того, что массовому типу производства соответствуют максимальные однородность и регулярность деятельности производственной системы (изготовление изделий одного типа), строго серийному типу – неоднородность, но максимальная регулярность (изготовление разнотипных изделий равного масштаба производства), а единичному типу – максимальные неоднородность и нерегулярность деятельности системы [291]. И, поскольку параметры однородности и регулярности (или неоднородности и нерегулярности, что не меняет сути дела) состояний имеют непрерывный спектр значений, переход от одного типа производства к другому происходит не скачкообразно и мгновенно, а плавно и постепенно. Отсюда адекватно отражать характер изменения типа может лишь аналогичная сплошная мера, ввиду чего границы между смежными типами производства лишены четко фиксированных границ, а это диктует необходимость применения математического языка, формализующего нечеткость типизации производства.

Подобная особенность классификации типов производства естественным образом отражает континуум их изменения и распространена в измерительной практике. О нечеткости разграничительных линий писал еще Ф. Энгельс в «Диалектике природы», отмечая, что она не знает резких разграничительных линий, и «диалектика, которая... признает в надлежащих случаях, наряду с «или – или», также, «как то, так и другое», и опосредствует противоположности, – является единственным, в высшей инстанции, методом мышления» [334, с. 527–528]. Каждый тип производства, словно «вырастает» из предыдущего и сливается с ним, что прочитывается у одного из теоретиков отечественной школы организации машиностроительного производства О.И. Непорента. «Вместе с тем, – рассуждал он, – каждый последующий тип в своей организационной структуре вытекает из предыдущего в связи с введением в движение нового характерного обстоятельства, вызывающего соответствующие изменения» [187, с. 383].

Такая черта типа производства не встречает энтузиазма у некоторых экономистов, которые склонны видеть в непрерывности типов препятствие для внедрения типовых моделей планирования (см., например, [211; 326]). По-видимому, этот скепсис вызван не столько нечеткостью границ между типами, сколько спецификой МФПП, рассчитанных на применение в условиях одного или ряда смежных типов производства. Но «четкие» типы довольно редки в производственной деятельности и, к тому же точная их идентификация не всегда возмож-

на. Возникает противоречие между непрерывностью изменения типа производства и дискретностью моделей планирования. Преодоление этого несоответствия с помощью четкой классификации типов производства успеха не приносит. При этом искусственное навязывание типам производства того, что им внутренне не присуще, не только бесполезно, но и вредно: оно лишь уводит в сторону от решения проблемы.

Ясно, что полное описание типа производства достигается формализацией как количественной, так и качественной его составляющей. Мера принадлежности к типу, взятая в единстве этих параметров, и призвана обеспечить свойственную типам производства плавность и постепенность перехода. Но в научном обиходе качественные категории не имели той конструктивности, какой обладали количественные. А.И. Уемов полагал, что по точности качественные характеристики уступают количественным, а поскольку точность имеет большое практическое значение, преимущества качественных форм выражения интенсивностей кажутся слишком незначительными, для того чтобы этим формам отдавалось предпочтение перед количественными.

Вместе с тем получившие широкое применение качественные методы анализа не всегда приводили к убедительным результатам, особенно при изучении поведения сложных систем. По мнению Л. Заде, для систем, сложность которых превосходит некоторый пороговый уровень, справедлив принцип несовместимости. Напомним его содержание: для таких систем точность и практический смысл суждений об их поведении почти исключают друг друга. Это обстоятельство стимулировало исследования в области формализации эвристической информации, и лишь в 60-е годы прошлого века с появлением работ Л. Заде по теории нечетких множеств был создан аппарат для обращения с величинами, характеризующими качественную сторону явлений. «До работ Л. Заде, – констатировал Н.Н. Моисеев, – подобная качественная информация, по существу, просто терялась, было непонятно, как ее использовать в формальных схемах анализа альтернатив» [170, с. 13]. Теперь эта информация получила доступ в модели принятия решений и, наряду с количественной, может быть применена для целостного описания классифицируемых объектов и настройки МФПП в адаптивном управлении.

Теория нечетких множеств дает возможность описать ситуацию, когда переход объекта из одного класса в другой происходит не дискретно (скачком), а непрерывно, поскольку градации между классами размыты. Ее алгоритмы отходят от двuzначной логики и признают не только полную принадлежность или полную непринадлежность объекта к классу, но и промежуточные между ними степени принадлежно-

сти. «Центральным здесь является понятие нечеткого множества – класса с множеством различных степеней принадлежности к нему, которое может быть непрерывным бесконечным множеством.

Точнее говоря, пусть X – совокупность объектов (точек) x , т.е. $X = \{x\}$. Тогда нечеткое множество A на X задается функцией принадлежности $\mu_A(x)$ (или просто μ_A), которая сопоставляет каждому x число из интервалов $[0, 1]$, являющееся степенью принадлежности x к A . Чем ближе величина $\mu_A(x)$ к единице, тем выше степень принадлежности x к A , и, наоборот, чем меньше величина $\mu_A(x)$, тем ниже степень принадлежности x к A » (Л. Заде [95, с. 37]).

Запись нечеткого множества A совокупности объектов x_1, \dots, x_Ω имеет вид:

$$A = \mu_A(x_1)/x_1 + \mu_A(x_2)/x_2 + \dots + \mu_A(x_\Omega)/x_\Omega,$$

где $\mu_A(x_i)$ – значение функции принадлежности для x_i , т.е. степень принадлежности x_i к A , $i = \overline{1, n}$. Наклонная черта в этой записи разграничивает компоненты $\mu_A(x_i)$ и x_i , а знаком плюс обозначается объединение одноточечных нечетких множеств $\mu_A(x_i) / x_i$, но не арифметическое суммирование.

Дадим основные определения, относящиеся к нечетким множествам и необходимые для дальнейшего изложения [353].

Нечеткое множество A содержится в нечетком множестве B или является подмножеством B (обозначается $A \subset B$) тогда и только тогда, когда

$$\mu_A \leq \mu_B. \quad (5.13)$$

Пересечение двух нечетких множеств A и B (обозначается $A \cap B$) есть наибольшее нечеткое множество, содержащееся в A и B . Функция принадлежности к $A \cap B$ задается выражением:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)]. \quad (5.14)$$

Объединение двух нечетких множеств A и B (обозначается $A \cup B$) определяется как наименьшее нечеткое множество, содержащееся как в A , так и в B . Функция принадлежности к $A \cup B$ формализуется выражением:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)]. \quad (5.15)$$

Кроме того, для нечетких множеств справедлива теорема де Моргана $(A \cap B)' = A' \cup B'$:

$$\mu_{A \cup B}'(x) = \mu_{A'}(x) \vee \mu_{B'}(x) = \max[\mu_{A'}(x), \mu_{B'}(x)]. \quad (5.16)$$

В предлагаемом автором подходе применение теории нечетких множеств для определения типа производства позволяет ввести для него непрерывную меру и описать математическим языком плавный переход массового типа в серийный, а серийного – в единичный тип производства [302]. Исходя из параметров типа производства j -ой производственной системы ($ПС_j$) – однородности R_{oj} и регулярности R_{pj} ее состояний, – воспользуемся найденными (§ 4 и 8 прил. 2) их оценками для задания степени принадлежности $ПС_j$ к этим типам.

Принадлежность $ПС_j$ к массовому типу производства μ_{M_j} определяется пересечением R_{oj} и R_{pj} , поскольку степени однородности и регулярности состояний для него являются наивысшими, и, согласно (5.14),

$$\mu_{M_j} = R_{oj} \wedge R_{pj} = \min[R_{oj}, R_{pj}]. \quad (5.17)$$

Чем меньше однородность и регулярность состояний, тем ниже степень принадлежности типа производства к массовому. С учетом выкладок (см. прил. 2) показатель μ_{M_j} (5.17), согласно (П2.5) и (П2.14), вычисляется по выражению:

$$\mu_{M_j} = R_{oj} \wedge R_{pj} = \min[h_j, 1 - (h_j - n_j^{-1})]. \quad (5.18)$$

Единичный тип производства диаметрально противоположен массовому, ввиду чего по (5.16) и (5.17) функция принадлежности μ_{E_j} типа $ПС_j$ к единичному:

$$\mu_{E_j} = (R_{oj} \wedge R_{pj})' = R'_{oj} \vee R'_{pj} = \max[R'_{oj}, R'_{pj}]. \quad (5.19)$$

Этот результат напомнил о прямой связи неоднородности R'_{oj} и нерегулярности R'_{pj} состояний $ПС_j$ с единичным типом производства и формализовал ее: чем больше неоднородность и нерегулярность состояний, тем выше степень принадлежности типа к единичному. Принимая во внимание формулы (4.15) и (4.16), получим выражение для искомого показателя:

$$\mu_{E_j} = \max[1 - h_j, h_j - n_j^{-1}]. \quad (5.20)$$

Серийный тип производства занимает промежуточное положение между массовым и единичными типами. Было условлено, что строго серийному типу свойственна, с одной стороны, неоднородность, но, с другой, – максимальная регулярность состояний производственной

системы, близкая, по сути, максимальной неоднородности их (см. § 9 прил. 2). Поэтому функция принадлежности PC_j к серийному типу производства определяется отношением первой неоднородности ко второй, т.е. наличной неоднородностью относительно максимальной неоднородности состояний, которую могла бы иметь PC_j при заданном количестве типов изготавливаемой продукции:

$$\mu_{C_j} = \frac{R'_{oj}}{R'_{oj \max}},$$

и с учетом формул (4.15) и (П2.16) в прил. 2 функция μ_{C_j} определяется выражением:

$$\mu_{C_j} = \frac{1-h_j}{1-n_j^{-1}}. \quad (5.21)$$

Из последней формулы вытекает, что максимум $\mu_{C_j} = 1$ достигается при $h_j = n_j^{-1}$, когда масштабы производства q_{ij} изделий всех типов $i = \overline{1, n_j}$ равны друг другу (рис. 4.3).

Минимизация $\mu_{C_j} \rightarrow 0$ имеет место при $h_j \rightarrow 1$, что связано с ростом расхождения масштабов производства q_{ij} изделий. При изготовлении в PC_j изделий одного типа ($n_j = 1$) выражение (5.21) будет не определено.

Небезынтересна интерпретация этих выводов со статистических позиций. Если $\frac{q_{ij}}{q_j}$ рассматривать как значения полученных наблюдений, то

несмещенная оценка дисперсии величины $\frac{q_{ij}}{q_j}$ по формуле (4.8) равна

$$S_j^2 = \frac{h_j - n_j^{-1}}{n_j - 1}.$$

Последующие выкладки приводят формулу к виду:

$$S_j^2 = \frac{h_j - n_j^{-1}}{n_j - 1} = \frac{1}{n_j} \cdot \frac{h_j - n_j^{-1}}{1 - n_j^{-1}} = \frac{1}{n_j} \cdot \left[1 - \frac{1 - h_j}{1 - n_j^{-1}} \right],$$

и с заменой дроби в скобках на (5.21):

$$S_j^2 = \frac{1}{n_j} \cdot [1 - \mu_{C_j}] \quad \text{или} \quad \mu_{C_j} = 1 - n_j S_j^2 \quad (5.22)$$

получили выражение для функции принадлежности μ_{C_j} через несмещенную оценку дисперсии S_j^2 .

Оно подчеркивает, что степень принадлежности PC_j к серийному типу производства при постоянном количестве n_j типов изделий будет тем выше, чем меньше дисперсия S_j^2 удельных масштабов производства $\frac{q_{ij}}{q_j}$ и для поддержания μ_{C_j} на стабильном уровне рост n_j количества типов изделий должен компенсироваться соответствующим снижением дисперсии S_j^2 .

Наконец, обратим внимание на то, что произведение в правой части формулы (5.22) совпадает с выражением (4.14) для показателя относительной упорядоченности U_j состояний PC_j , и это вполне объяснимо. В самом деле, тогда равенство (5.22) можно записать в виде

$$\mu_{C_j} = 1 - U_j,$$

и μ_{C_j} интерпретировать как показатель, измеряющий степень неупорядоченности состояний PC_j . Иными словами, чем ближе тип производства к серийному, тем больше оснований для того, чтобы признать рост неупорядоченности состояний PC_j .

Подведем итоги. Следуя предыдущему изложению, разнообразие состояний PC_j минимально при массовом типе производства и максимально при единичном типе. В соответствии с § 4.2 при массовом типе производстве (рис. 4.2) параметры неоднородности $R'_{oj} = 0$ и нерегулярности $R'_{pj} = 0$ состояний PC_j минимальны, и поэтому суммативное разнообразие (4.19) $R_j = R'_{oj} + R'_{pj} = 0$ и функция принадлежности PC_j к единичному типу производства, согласно выражению (5.19), будет равна минимальному (нулевому) значению: $\mu_{E_j} = \max[R'_{oj}, R'_{pj}] = \max[0, 0] = 0$ Зато степень принадлежности PC_j к массовому типу μ_{M_j} с максимальными значениями параметров однородности $R_{oj} = 1$ и регулярности $R_{pj} = 1$ состояний PC_j равна по (5.17) $\mu_{M_j} = \min[R_{oj}, R_{pj}] = \max[1, 1] = 1$.

Рост неоднородности R'_{oj} и нерегулярности R'_{pj} состояний ведет сперва к серийному типу производства. По достижении $h_j = n_j^{-1}$ серий-

ность выражена наиболее рельефно (рис. 4.3) и по (5.21) степень принадлежности к серийному типу $\mu_{C_j} = 1$. С одновременным увеличением числа n_j типов изготавливаемых изделий и уменьшением значения функции h_j точки n_j^{-1} и h_j на числовой оси $[0,1]$ перемещаются в одном направлении влево (рис. 5.8) и не совпадут друг с другом, если выполняется неравенство $|\Delta h_j| < |\Delta R_j|$.

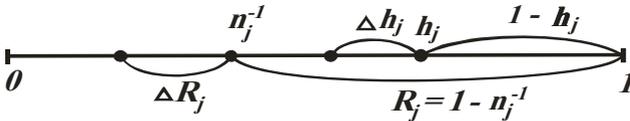


Рис. 5.8. Рост числа n_j типов изделий и уменьшение значения функции h_j

Нарастающее расхождение этих точек вызовет ослабление принадлежности μ_{C_j} к серийному типу производства, а условие $|\Delta h_j| < |\Delta R_j|$, как было доказано автором в [319, прил. 4], при монотонном уменьшении величины h_j свидетельствует об увеличении параметров и неоднородности R'_{oj} , и нерегулярности R'_{pj} состояний ПС_j. Приближение R'_{oj} и R'_{pj} к 1 сообщает о дальнейшем повышении разнообразия состояний ПС_j и переходе от серийного к единичному типу производства (рис. 5.9).

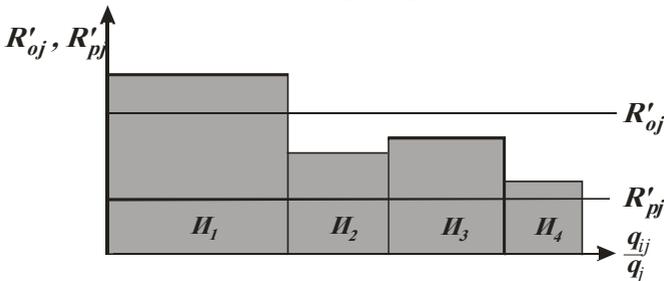


Рис. 5.9. Величины параметров R'_{oj} и R'_{pj} при единичном типе производства ПС_j

В том случае, когда неоднородность R'_{oj} и нерегулярность R'_{pj} особенно велики и потому $R'_{oj} \rightarrow 1$, $R'_{pj} \rightarrow 1$, их суммативное разнообразие по (4.19) $R_j = R'_{oj} + R'_{pj} \rightarrow 1$. Тогда по формуле (5.19) значение

функции принадлежности $ПС_j$ к единичному типу производства будет возрастать: $\mu_{E_j} = \max[R'_{oj}, R'_{pj}] \rightarrow 1$ В то время как противоположные им значения параметров однородности $R_{oj} \rightarrow 0$ и регулярности $R_{pj} \rightarrow 0$ состояний $ПС_j$ и функция принадлежности к массовому типу производства, согласно выражения (5.17) $\mu_{M_j} = \min[R_{oj}, R_{pj}] \rightarrow 0$.

Завершая обсуждение, можно схематически иллюстрировать непрерывную шкалу изменения типа производства (рис. 5.10), принимающего то или иное значение, в зависимости от величины параметров однородности (неоднородности) и регулярности (нерегулярности) состояний $ПС_j$ [298].



Рис. 5.10. Определение типа производства (ТП) $ПС_j$ по предельным значениям его параметров однородности R_{oj} (или неоднородности R'_{oj}) и регулярности R_{pj} (или нерегулярности R'_{pj}) состояний

В целом степень принадлежности $ПС_j$ к типу производства полностью описывается нечетким множеством:

$$v_j = \mu_{M_j} / M + \mu_{C_j} / C + \mu_{E_j} / E.$$

Это выражение формализует то обстоятельство, что каждая $ПС_j$ характеризуется той или иной степенью принадлежности к массовому (M), серийному (C) и единичному (E) типам производства, указываемой μ_{M_j} , μ_{C_j} , μ_{E_j} соответственно.

Приведем пример. Предположим, что на некоторой $ПС_j$ проходят обработку изделия, сведения о которых помещены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Исходные данные для оценки типа производства $ПС_j$

Тип изделия	Объем выпуска изделий, шт.	Трудоемкость изготовления изделия, н/час	Масштаб производства изделий, н/час (гр. 2 x гр. 3)	$\frac{q_{ij}}{q_j}$	$\left(\frac{q_{ij}}{q_j}\right)^2$
1	2	3	4	5	6
I_1	2500	0,20	500	0,3012	0,0907
I_2	2000	0,15	300	0,1807	0,0327
I_3	1000	0,40	400	0,2410	0,0581
I_4	2000	0,23	460	0,2771	0,0768
$q_j = \sum_{i=1}^{n_j} q_{ij}$			1660		
$h_j = \sum_{i=1}^{n_j} \left(\frac{q_{ij}}{q_j}\right)^2$					0,2583

По формулам (4.1), (5.18), (5.21) и (5.20) при заданном $n_j = 4$ соответственно получим:

$$h_j \approx 0,2583,$$

$$\mu_{M_j} = \min[(0,2583), 1 - (0,2583 - 0,2500)] = 0,2583,$$

$$\mu_C = \frac{1 - 0,2583}{1 - 0,2500} \approx 0,9889,$$

$$\mu_{E_j} = \max[(1 - 0,2583), (0,2583 - 0,2500)] = 0,7417.$$

В результате расчета найдем, что тип производства этой $ПС_j$ описывается нечетким множеством

$$v_j = 0,2583/M + 0,9889/C + 0,7417/E,$$

т.е. тип производства $ПС_j$ со степенью 0,2583 – массовый, со степенью 0,9889 – серийный и со степенью 0,7417 – единичный. Отсюда видно, что тип производства данной $ПС_j$ ближе всего к серийному (принадлежность к нему оценивается величиной 0,9889 – почти достигает 1,0), в меньшей мере (0,7417) она имеет единичный тип и весьма незначительна (0,2583) степень принадлежности $ПС_j$ к массовому типу производства.

Разумеется, не исключено, что в частном случае степень принадлежности к некоторому типу производства может оказаться нулевой или равной единице. Это произойдет тогда, когда производственная система имеет довольно отчетливый тип, не допускающий какой-либо двусмысленности.

ленности. В том же случае, когда ответить на вопрос, к какому типу производства относится данная производственная система, затруднительно, что бывает гораздо чаще, такое описание дает представление о степени ее принадлежности к отмеченным трем типам. Такой прием позволяет отойти от дискретной шкалы типа производства и ввести для него непрерывную меру, свойственную природе типа производства, и тем самым способствующую повышению адаптивности МФПП к условиям функционирования конкретной производственной системы.

Проведенное обсуждение типологии производственных систем и параметрической настройки моделей планирования их поведения не только продолжает анализ теоретико-методологических аспектов обеспечения устойчивости этих систем, но и совершенствует прикладные средства реализации адаптивного управления промышленными предприятиями.

Основные выводы:

1. Создание системы управления устойчивостью промышленных предприятий востребовано вступлением нашей экономики в период институциональных преобразований и инновационной модернизации отечественной индустрии. Разработка методологии, технологии и инструментария такой системы позволит не только осмыслить теоретические проблемы экономической эволюции и антикризисного менеджмента, но и добиться на практике сохранения устойчивости промышленных предприятий, благодаря проектированию и внедрению информационно и функционально развитой компьютерной технологии.

2. Концепция адаптивного управления производственными системами опирается на широкое применение профессиональных знаний, алгоритмы поиска и поддержания устойчивого режима работы предприятия в условиях высокой возмущенности среды и дефицита располагаемых о ней сведений. Структура технологии такого адаптивного управления включает блоки прогнозирования изменения внешней среды, структурной и параметрической адаптации системы управления, формирования плана производства и имитации его выполнения, оценки и анализа устойчивости производственных систем на прогнозном фоне, их диагностики, коррекции условий планирования и обеспечения реализации плана производства. Использование эвристических моделей, построенных с помощью алгоритмов теории нечетких множеств, дает возможность вводить и обрабатывать как количественную, так и плохо формализуемую качественную информацию, что лучше отвечает особенностям мышления аналитиков и традиции оперировать приближенными решениями.

3. Инновационная поддержка адаптивного управления программным комплексом мониторинга деятельности предприятия осуществляется благодаря аналитическим функциям и интеллектуализации участников компьютерного диалога, и, прежде всего, их способности воспринимать слабо структурированные проблемы и обмениваться эвристической информацией, которая содействует генерированию новых знаний о свойствах устойчивости производственных систем.

4. Для алгоритмического обеспечения адаптивного управления формализация и изучение в динамике связи между затратами на производство и сбыт продукции, выручкой от реализации, коэффициентом автономии и показателями оборачиваемости собственных средств и рентабельности имущества предприятия позволяет вывести условие повышения его эффективной деятельности. Проведенный автором анализ взаимодействия потоков поступления выручки от реализации продукции и отвлечения денежных средств на покрытие затрат на ее производство показал, что при определенном правиле регулирования и ресурсном потенциале достигается асимптотическая устойчивость в целом процесса накопления прибыли от продажи продукции предприятия.

5. Информационно-интеллектуальная среда задачи планирования производственной программы предприятия предусматривает увязку преимуществ оптимизации и гибкости поиска плановых решений в моделях с нечеткими ресурсными ограничениями, соответствующих неполноте информации и ожидаемому разнообразию состояний производственных систем.

6. В рамках реализации инновационной технологии управления устойчивостью предприятия структурная адаптация направлена на выбор адекватной модели планирования производства, а параметрическая адаптация – ее уточняющую настройку на предполагаемый режим работы. При этом исходим из того, что типовые модели планирования производства образуют логически выстроенный модельный ряд, который отражает закономерность поведения производственных систем и удовлетворяет принципу сложности: проектированию систем с заданными требованиями при минимальной их сложности.

7. Предложенная автором для параметрической адаптации типология производственных систем подразумевает определение их типа и построение для него непрерывной шкалы. В этой связи обосновывается применение параметров однородности (неоднородности) и регулярности (нерегулярности) состояний производственной системы, свойства которых согласуются с содержанием и характером изменения разнообразия этих состояний и типа производства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Продвижение возможностей концептуальных и методологических инструментов научного познания и потребности экономической практики вызвали к жизни задачу осмысления природы и условий обеспечения жизнеспособной деятельности хозяйствующих субъектов. Доминирующей закономерностью нашего времени стало нарастание скорости потока изменений и испытание им функционирования производственных систем предприятий. Ошеломляющий темп генерации и внедрения инноваций динамизирует поведение предприятия, создавая предпосылки для смены фаз устойчивого и неустойчивого функционирования его производственных систем.

Но не меньше угроз таит в себе и кардинальная трансформация российской экономики и порожденный ею сильно возмущенный фон переходных процессов. Охвативший российские предприятия глубокий кризис повлек за собой резкий спад объемов производства и деградацию их ресурсов, что обернулось нарушением устойчивости предприятий и для многих из них имело роковые последствия. Неудивительно поэтому, что в такой турбулентной ситуации немало предприятий было поражено системным кризисом и оказалось на грани банкротства.

Игнорирование базисных особенностей отечественного хозяйственного комплекса отозвалось кардинальными сдвигами в структуре ресурсного обеспечения промышленных предприятий, а дефицит релевантной информации только лишил товаропроизводителей сведений о реальных макроэкономических тенденциях. Сказалось отсутствие институциональных и инфраструктурных элементов рынка, способных парировать «удары» негативных исходов переходного периода и играющих роль «амортизаторов» запредельной динамики показателей предприятий индустрии. «Модели реформ, опирающиеся на общепринятые положения неоклассической теории скорее всего недооценивают роль информационных проблем, в том числе проблем корпоративного управления, социального и организационного капитала, а также институциональной и правовой инфраструктуры, необходимой для эффективного функционирования рыночной экономики», – признает Дж. Стиглиц [256, с. 4].

Между тем наложение закономерности ускорения темпа перемен на коренные преобразования российской экономики вылилось в хаотизацию среды предприятий и повышенный интерес к системологии, теории управления и синергетике для интерпретации поведения предприятий в неординарных условиях нарождающегося рынка. В связи с этим, сохраняя классический подход к исследованию равновесия и ус-

тойчивости экономических систем, автор следует традиции анализа институциональных и инновационных факторов деятельности предприятий и эволюции производственных систем, обосновывая применение ляпуновских критериев устойчивости в изучении характера движения потоков и структуры ресурсов предприятий. Доказано, что при достаточном ресурсном потенциале и компетентном управлении достигается глобальная устойчивость уровня прибыли от продажи продукции и коэффициента автономии для пассивов предприятий.

Объективизация картины их поведения логичным образом подвела к разбору информационного аспекта деятельности производственных систем, что не только отвечает парадигме их инновационного развития, но и поддается толкованию с позиций термодинамики, статистической физики и теории информации. В этом отношении, полагаем, что есть основания для применения диалектически парных вероятностной и детерминированной мер упорядоченности состояний производственных систем и содержащейся в них информации. Подобный вероятностно-детерминированный симбиоз придает целостность описанию информации в системе и дает возможность провести его интерпретацию в рамках физического принципа дополнительности Н. Бора. Со статистических соображений выводится и раскрывается математическое условие устойчивости экономического эффекта функционирования предприятия в зависимости от величины введенной в его систему количества управляющей информации.

Как показало проведенное автором исследование, разнообразие состояний производственной системы складывается под влиянием неоднородности и нерегулярности ее деятельности, что позволило их принять параметрами классификации систем и предложить типологию систем для целей адаптации моделей планирования производства. В результате формализации этих параметров аргументирована возможность оценки однородности и регулярности состояний как в количественном, так и качественном аспектах, и обращается внимание на аналогию с энтропийной и информационной мерами. При этом формулируется принцип достаточности, согласно которому в производственной системе поддерживается постоянная величина совокупной упорядоченности и неупорядоченности ее состояний.

В свою очередь, использование представлений о бифуркациях и катастрофах в нелинейных процессах приближает к пониманию сущности резких перемен в экономике, когда мерное течение процесса под воздействием малых возмущений сменяется «взрывным» и утрачивает прежнюю устойчивость. Такая эволюция поведения нередко отражает кризисное функционирование отечественных предприятий, которое

обычно сопровождается аритмией ресурсных потоков и затуханием хозяйственной деятельности с мягкой или жесткой потерей устойчивости. По-видимому, и перенос знаний с их воплощением в технологии, средствах и продуктах труда способен как укрепить устойчивый режим работы производственной системы, так и при определенных условиях увести ее в область будущих бифуркаций.

Вследствие этого в нынешней сильно возмущенной и неопределенной экономической ситуации целесообразно вести речь не только о разработке технологии адаптивного управления устойчивостью производственных систем, но и о том, чтобы она обладала «врожденной» способностью к инновационной модернизации и наращиванию «умения» поддерживать устойчивость основных показателей в назначенных границах при действии допустимых внешних и внутренних помех. А потому ей должно быть присуще свойство активного самообучения с приоритетом на добывание и материализацию новых знаний в профессиональном мастерстве персонала предприятий, производственных и компьютерных технологиях. Тем самым появляется необходимость в интеллектуализации алгоритмов управления эвристическими средствами и языком теории нечетких множеств, оперирующим с суждениями аналитиков на естественном языке, благодаря чему станет возможным отслеживать и корректировать устойчивость предприятия в зависимости от помех среды, их характера и интенсивности.

На этом основании специально спроектированная инновационная технология поддержки мониторинга деятельности предприятий и реализует все функции управления: прогнозирование, планирование, учет, контроль, анализ и регулирование работы предприятия. Возложение на мониторинг этих функций позволяет комплексно выполнять задачу управления устойчивостью предприятия и обеспечивать полноценной информацией прогностическую, плановую и регулируемую деятельность персонала. В итоге в ходе компьютерных экспериментов оценивается адаптивность предприятия и действенность претворяемых решений, что углубляет познание природы и закономерностей кризисных процессов, а значит, способствует овладению персоналом навыками диагностики и управления устойчивостью своего предприятия. В завершение автор приводит сравнительные оценки срока окупаемости модернизируемой системы управления предприятия, опираясь на статистическую связь устойчивого экономического эффекта его работы со стоимостью системы управления предприятия.

Предложенные концепция, методология и технология управления устойчивостью предприятия могут стать подспорьем менеджеров в борьбе за его выживание и успех в эпоху ускорения изменений в биз-

несе и рыночных преобразований в нашей стране. Разумеется, инструментарий этой технологии не исчерпывается разработанными в диссертации методами и средствами и лишь начинает проходить апробацию на практике. Поэтому автор представил лишь набросок адаптивной системы управления, создание и освоение которой требуют привлечения знаний и опыта всех, кто причастен к этой проблеме: менеджеров, экономистов, финансовых аналитиков, психологов, математиков, информационных технологов и др.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абалкин, Л.И. Размышления о стратегии и тактике экономической реформы / Л.И. Абалкин // Вопросы экономики. – 1993. – № 2. – С. 4–11.
2. Аганбегян, А.Г. О стратегии социально-экономического развития и направленности социальных реформ в России / А.Г. Аганбегян // Экономическая наука современной России. – 2003. – № 2. – С. 26–38.
3. Алиев, В.Г. Теория организации : учеб. / В.Г. Алиев, В.П. Варфоломеев, Э.А. Варфоломеева, С.В. Дохолян, В.С. Лапшин и др. ; под общ. ред. В.Г. Алиева. – 3-е изд., стереотип. – М. : ЗАО «Издательство «Экономика», 2005. – 431 с.
4. Алле, М. Единственный критерий истины – согласие с данными опыта / М. Алле // Мировая экономика и международные отношения. – 1989. – № 11. – С. 24–40.
5. Алле, М. Условия эффективности в экономике : пер. с франц. / М. Алле. – М. : Научно-издательский центр «Наука для общества», 1998. – 304 с.
6. Аллен, Р. Математическая экономия : пер. с англ. / Р. Аллен. – М. : Изд-во иностр. лит., 1963. – 667 с.
7. Алферов, Ж.И. Наука и общество / Ж.И. Алферов; Физико-технический ин-т им. А.Ф. Иоффе. – СПб. : Наука, 2006. – 383 с.
8. Алферов, Ж.И. Навстречу золотому веку / Ж.И. Алферов // Поиск. – 2008. – № 4 (974). – С. 11, 13.
9. Алфутов, Н.А. Устойчивость движения и равновесия : учеб. / Н.А. Алфутов, К.С. Колесников ; под ред. К.С. Колесникова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 256 с.
10. Амбросов, Н.В. Равновесные состояния в управлении экономической системой / Н.В. Амбросов. – Иркутск : Изд-во ИГЭА, 1998. – 111 с.
11. Амбросов, Н.В. Системный подход в управлении организованностью социально-экономических систем / Н.В. Амбросов. – Иркутск : Изд-во БГУЭП, 2007. – 191 с.
12. Амбросов, Н.В. Управление и самоорганизация в экономике и отраслях промышленности / Н.В. Амбросов. – Иркутск : Изд-во БГУЭП, 2007. – 252 с.
13. Андронов, А.А. Теория колебаний / А.А. Андронов, А.А. Витт, С.Э. Хайкин. – М. : Наука, 1981. – 568 с.
14. Анискин, Ю.П. Новая техника : повышение эффективности создания и освоения / Ю.П. Анискин, Н.К. Моисеева, А.В. Проскураков. – М. : Машиностроение, 1984. – 192 с.

15. Анискин, Ю.П. Корпоративное управление инновационным развитием / Ю.П. Анискин, Т.А. Аллавердиев, А.В. Быков и др. ; под ред. Ю.П. Анискина. – М. : Изд-во «Омега-Л», 2007. – 411 с.
16. Анохин, П.К. Философские аспекты теории функциональной системы : избр. тр. / П.К. Анохин. – М. : Наука, 1978. – 400 с.
17. Анчишкин, А.И. Наука–техника–экономика / А.И. Анчишкин. – 2-е изд. – М. : Экономика, 1989. – 383 с.
18. Арнольд, В.И. Математические методы классической механики : учеб. пособие / В.И. Арнольд. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Наука, 1989. – 472 с.
19. Арнольд, В.И. Теория катастроф / В.И. Арнольд. – 3-е изд., доп. – М. : Наука, 1990. – 128 с.
20. Афанасьев, В.Г. Системность и общество / В.Г. Афанасьев. – М. : Политиздат, 1980. – 368 с.
21. Афанасьев, В.Н. Математическая теория конструирования систем управления : учеб. / В.Н. Афанасьев, В.Б. Колмановский, В.Р. Носов. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Высш. шк., 2003. – 614 с.
22. Ашманов, С.А. Введение в математическую экономику / С.А. Ашманов. – М. : Наука, 1984. – 296 с.
23. Бабкин, А.В. Реструктуризация и устойчивое развитие экономических систем / Р.И. Акмаева, А.В. Бабкин, С.В. Чупров и др. ; под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2006. – 715 с.
24. Багриновский, К.А. Методы исследования устойчивости экономики в переходный период / К.А. Багриновский // Экономика и математические методы. – 1993. – Т. 29, вып. 4. – С. 564–569.
25. Бажуткина, Л.П. Методология управления изменениями и инновациями в экономических системах / Л.П. Бажуткина, А.В. Белоусов, Л.А. Белоусова, Е.Б. Володарская, С.В. Чупров и др. ; под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2007. – 576 с.
26. Барбашин, Е.А. Введение в теорию устойчивости / Е.А. Барбашин. – М. : Наука, 1967. – 224 с.
27. Бейтон, А. 25 ключевых книг по экономике : пер. с фр. / А. Бейтон, А. Казорла, К. Долло, А.М. Дре. – Челябинск : Изд-во «Урал LTD», 1999.– 559 с.
28. Беккер, Г. Человеческое поведение : экономический подход : избр. тр. по экономической теории : пер. с англ. / Г. Беккер. – М. : ГУ ВШЭ, 2003. – 672 с.
29. Беллман, Р. Введение в теорию матриц : пер. с англ. / Р. Беллман. – М. : Наука, 1969. – 368 с.

30. Беляева, И.Ю. Банкротство : от терминологической неопределенности к осознанию становления экономического института / И.Ю. Беляева, Г.С. Мерзликина // Финансы и кредит. – 2001. – № 9 (81). – С. 35–41.

31. Берг, А. Предисловие / А. Берг // Бир С. Кибернетика и управление производством : пер. с англ. – 2-е изд., доп. – М. : Наука, 1965. – С. 3–6.

32. Берг, А.И. Управление, информация, интеллект / А.И. Берг, В.М. Глушков, Н.Н. Воробьев и др. ; под ред. А.И. Берга, Б.В. Бирюкова, Е.С. Геллера, Г.Н. Поварова. – М. : Мысль, 1976. – 383 с.

33. Бернштейн, Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности / Н.А. Бернштейн. – М. : Медицина, 1966. – 350 с.

34. Блауберг, И.В. Становление и сущность системного подхода / И.В. Блауберг, Э.Г. Юдин. – М. : Наука, 1973. – 270 с.

35. Блэк, Дж. Экономика : Толковый словарь : Англо-русский / Дж. Блэк. – М. : ИНФРА-М, Изд-во «Весь мир», 2000. – 840 с.

36. Богданов, А.А. Тектология : (Всеобщая организационная наука) : в 2 кн. / А.А. Богданов. – М. : Экономика, 1989. – Кн. 1. – 304 с.

37. Богомолов, О.Т. Реформы глазами американских и российских ученых / Л. Клейн, Дж. Тобин, К. Эрроу, О.Т. Богомолов и др. ; общ. ред. О.Т. Богомолова. – М. : «Российский экономический журнал», Фонд «За экономическую грамотность», 1996. – 272 с.

38. Больцман, Л. Статьи и речи / Л. Больцман. – М. : Наука, 1970. – 406 с.

39. Большой энциклопедический словарь ; гл. ред. А.М. Прохоров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Большая рос. энцикл., 1998. – 1456 с.

40. Бор, Н. Жизнь и творчество : сб. статей ; отв. ред. Б.Г. Кузнецов. – М. : Наука, 1967. – 344 с.

41. Браверман, Э.М. Неравновесные модели экономических систем / Э.М. Браверман, М.И. Левин. – М. : Наука, 1981. – 304 с.

42. Бриллюэн, Л. Научная неопределённость и информация : пер. с англ. / Л. Бриллюэн. – М. : Мир, 1966. – 271 с.

43. Бугров, Я.С. Высшая математика. Дифференциальные уравнения. Кратные интегралы. Ряды. Функции комплексного переменного : учеб. / Я.С. Бугров, С.М. Никольский. – 4-е изд. – Ростов н/Д : Изд-во «Феникс», 1998. – 512 с.

44. Бункин, В.А. Справочник по оптимизационным задачам в АСУ / В.А. Бункин, Д. Колев, Б.Я. Курицкий и др. – Л. : Машиностроение, 1984. – 212 с.

45. Бусленко, Н.П. Лекции по теории сложных систем / Н.П. Бусленко, В.В. Калашников, И.Н. Коваленко. – М. : Сов. радио, 1973. – 440 с.

46. Вальтух, К.К. Информационная теория стоимости / К.К. Вальтух. – Новосибирск : Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 1996. – 413 с.

47. Ватник, П.А. Статистические методы оперативного управления производством / П.А. Ватник. – М. : Статистика, 1978. – 240 с.

48. Вернадский, В.И. Научная мысль как планетное явление / В.И. Вернадский. – М. : Наука, 1991. – 270 с.

49. Вестник Федеральной службы России по финансовому оздоровлению и банкротству. – 2001. – № 12.

50. Вестник Федеральной службы России по финансовому оздоровлению и банкротству. – 2003. – № 3.

51. Винер, Н. Творец и робот : пер. с англ. / Н. Винер. – М. : Прогресс, 1966. – 103 с.

52. Винер, Н. Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине : пер. с англ. / Н. Винер. – 2-е изд. – М. : Наука, 1983. – 341 с.

53. Виноградов, В.А. История социалистической экономики СССР : в 7 т. Создание фундамента социалистической экономики в СССР. 1926–1932 гг. / Ю.Ф. Воробьев, И.А. Гладков, Е.И. Капустин, АН СССР. Ин-т экономики ; отв. ред. И.А. Гладков. – М. : Наука, 1977. – Т. 3. – 535 с.

54. Винокуров, М.А. Экономика Иркутской области : в 2 т. / М.А. Винокуров, А.П. Суходолов. – Иркутск : Изд-во ИГЭА: Изд-во ОАО НПО «Облмашинформ», 1999. – Т. 2. – 312 с.

55. Владимиров, В.А. Управление риском : Риск. Устойчивое развитие. Синергетика / В.А. Владимиров, Ю.Л. Воробьев, С.С. Салов и др. – М. : Наука, 2000. – 431 с.

56. Воднев, В.Т. Математический словарь высшей школы : общ. часть / В.Т. Воднев, А.Ф. Наумович, Н.Ф. Наумович ; под ред. Ю.С. Богданова. – Мн. : Высш. шк., 1984. – 527 с.

57. Волконский, В.А. Проблемы совершенствования хозяйственного механизма / В.А. Волконский. – М. : Наука, 1981. – 208 с.

58. Воронов, А.А. Устойчивость, управляемость, наблюдаемость / А.А. Воронов. – М. : Наука, 1979. – 336 с.

59. Гальперин, В.М. Микроэкономика : учеб. : в 2 т. / В.М. Гальперин, С.М. Игнатъев, В.И. Моргунов ; под общ. ред. В.М. Гальперина. – СПб. : Экономическая школа, 1997. – Т. 2. – 503 с.

60. Гапоненко, А.Л. Теория управления : учеб. / Ю.П. Алексеев, Р.А. Белоусов, А.Н. Алисов и др. ; под общ. ред. А.Л. Гапоненко, А.П. Панкрухина. – М. : Изд-во РАГС, 2004. – 558 с.

61. Гейер, Г. Простые модели макроэкономики как системы автоматического регулирования / Г. Гейер // Процессы регулирования в

моделях экономических систем : сб. статей : пер. с англ. – М. : Изд-во иностр. лит., 1961. – С. 39–82.

62. Гейзенберг, В. Физика и философия. Часть и целое : пер. с нем. / В. Гейзенберг. – М. : Наука, 1989. – 400 с.

63. Гейл, Д. Теория линейных экономических моделей : пер. с англ. / Д. Гейл. – М. : Изд-во иностр. лит., 1963. – 419 с.

64. Гермейер, Ю.Б. Введение в теорию исследования операций / Ю.Б. Гермейер. – М. : Наука, 1971. – 384 с.

65. Гиббс, Дж.В. Термодинамика. Статистическая механика / Дж.В. Гиббс. – М. : Наука, 1982. – 584 с.

66. Гинзбург, Е.Г. Законы организации производственных систем / Е.Г. Гинзбург // Совершенствование организации производства в машиностроении : сб. науч. тр. – Воронеж : ВПИ, 1986. – С. 3–11.

67. Глушков, В.М. О кибернетике как науке / В.М. Глушков // Кибернетика, мышление, жизнь ; под ред. А.И. Берга и др. – М. : Мысль, 1964. – С. 53–61.

68. Глушков, В.М. Введение в АСУ / В.М. Глушков. – 2-е изд., испр. и доп. – Киев : Техніка, 1974. – 320 с.

69. Глушков, В.М. О диалоговом методе решения оптимизационных задач / В.М. Глушков // Кибернетика. – 1975. – № 4. – С. 2–6.

70. Глушков, В.М. Кибернетика. Вопросы теории и практики / В.М. Глушков. – М. : Наука, 1986. – 488 с.

71. Голиченко, О.Г. Об одном подходе к макроэкономическому моделированию процессов функционирования народного хозяйства в переходный период / О.Г. Голиченко // Экономика и математические методы. – 1995. – Т. 31, вып. 1. – С. 19–29.

72. Горский, Ю.М. Гомеостатика : модели, свойства, патологии / Ю.М. Горский // Гомеостатика живых, технических, социальных и экологических систем ; отв. ред. Ю.М. Горский. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-е, 1990. – С. 20–67.

73. Градов, А.П. Самостоятельность и управление производственным профилем предприятия / А.П. Градов, А.П. Вещунов, Н.Л. Вещунова, В.Н. Волкова, Э.А. Козловская и др. ; рук. авт. кол. А.П. Градов. – М. : Экономика, 1990. – 237 с.

74. Гранберг, А.Г. Математические модели социалистической экономики : учеб. пособие / А.Г. Гранберг. – М. : Экономика, 1978. – 351 с.

75. Гранберг, А.Г. Моделирование социалистической экономики : учеб. / А.Г. Гранберг. – М. : Экономика, 1988. – 487 с.

76. Грачев, А.В. Финансовая устойчивость предприятия : анализ, оценка и управление / А.В. Грачев. – М. : Дело и Сервис, 2004. – 192 с.

77. Гринберг, Р.С. Теоретические аспекты экономического развития России / Р.С. Гринберг, А.Я. Рубинштейн // Экономическое возрождение России. – 2004. – № 2. – С. 24–26.

78. Гринберг, Р. О «либеральной модернизации» и перспективах российской экономики / Р. Гринберг // Рос. экон. журнал. – 2004. – № 3. – С. 3–11.

79. Гришина, Н.А. Логическая структура изделий как обобщенный показатель уровня организации производства / Н.А. Гришина, Е.И. Попов // Совершенствование организации производства в машиностроении : сб. науч. тр. – Воронеж : ВПИ, 1986. – С. 32–35.

80. Грязнова, А.Г. Экономическая теория : учеб. / А.Г. Грязнова, Т.В. Чечелева, Т.Д. Бурменко и др. ; под ред. А.Г. Грязновой, Т.В. Чечелевой. – М. : Издательство «Экзамен», 2004. – 592 с.

81. Давыдова, Г.В. Равновесие и неравновесие социально-экономических систем / Г.В. Давыдова, А.И. Добрынин, Д.Ю. Миропольский, А.Н. Петров, С.В. Чупров и др. ; под ред. акад., д-ра экон. наук, проф. А.И. Добрынина, д-ра экон. наук, проф. Д.Ю. Миропольского. – СПб. : Изд-во СПбГУЭФ, 1998. – 342 с.

82. Данилов–Данильян, В.И. Устойчивое развитие (теоретико-методологический анализ) / В.И. Данилов–Данильян // Экономика и математические методы. – 2003. – Т. 39, № 2. – С. 123–135.

83. Дебре, Ж. Три функции цен в экономике / Ж. Дебре // Экономика и математические методы. – 1990. – Т. 26, вып. 1. – С. 157–164.

84. Демидович, Б.П. Лекции по математической теории устойчивости : учеб. пособие / Б.П. Демидович. – 2-е изд.–М. : Изд-во Моск. ун-та, 1998.– 480 с.

85. Демина, М.П. Теория ренты в современных условиях. Ее некоторые аспекты / М.П. Демина // Вестник Иркут. регион. отд-я АН ВШ России. – 2007. – № 1 (11). – С. 14–24.

86. Добрынин, А.И. Устойчивость, устойчивое развитие, экономическая устойчивость, устойчивый экономический рост / А.И. Добрынин, С.А. Дятлов // Реферативный сборник конкурсных проектов, получивших гранты на исследования в области фундаментальной экономики в 1999–2000 годах. – СПб. : Изд-во СПбГУЭФ, 2002. – С. 31–33.

87. Дорф, Р. Современные системы управления : пер. с англ. / Р. Дорф, Р. Бишоп. – М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 832 с.

88. Друкер, П. Энциклопедия менеджмента : пер. с англ. / П. Друкер. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2004. – 432 с.

89. Дубошин, Г.Н. Основы теории устойчивости движения / Г.Н. Дубошин. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1952. – 319 с.

90. Дудорин, В.И. Управление экономикой производства : учеб. / В.И. Дудорин. – М. : Изд-во «Экзамен», 2005. – 480 с.
91. Думлер, С.А. Линейное программирование и его применение на производстве / С.А. Думлер // Вестник машиностроения. – 1958. – № 10. – С. 70–74.
92. Еремин, И.И. Противоречивые модели производственного планирования / И.И. Еремин // Число и мысль : сб. – М. : Знание, 1987. – Вып. 10. – С. 28–53.
93. Ершов, В.Ф. Управление развитием производственных систем. Базовые понятия / В.Ф. Ершов // Организатор производства. – 2005. – № 2 (25). – С. 5–7.
94. Ершов, В.Ф. Бизнес–проектирование / В.Ф. Ершов. – СПб. : Питер, 2005. – 288 с.
95. Заде, Л.А. Тени нечетких множеств / Л.А. Заде // Проблемы передачи информации. – 1966. – Т. 2, вып. 1. – С. 37–44.
96. Заде, Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений: пер. с англ. / Л.А. Заде // Математика сегодня : сб. статей. – М. : Знание, 1974. – С. 5–49.
97. Заде, Л.А. Принятие решений в расплывчатых условиях / Р. Беллман, Л. Заде // Вопросы анализа и процедуры принятия решений : пер. с англ. – М. : Мир, 1976. – С. 172–215.
98. Занг, В.-Б. Синергетическая экономика. Время и перемены в нелинейной экономической теории : пер. с англ. / В.-Б. Занг. – М. : Мир, 1999. – 335 с.
99. Захарчук, Е.А. Экономическая устойчивость и теория катастроф : точки соприкосновения : препринт / Е.А. Захарчук. – Екатеринбург : Ин-т экономики УрО РАН, 2006. – 61 с.
100. Зельдович, Я.Б. Высшая математика для начинающих физиков и техников / Я.Б. Зельдович, И.М. Яглом. – М. : Наука, 1982. – 512 с.
101. Иванова, Н.И. Национальные инновационные системы / Н.И. Иванова. – М. : Наука, 2002. – 244 с.
102. Ивантер, В.В. Количественный анализ экономических последствий вступления России в ВТО (методика и результаты расчетов) / В.В. Ивантер, М.Н. Узяков, А.А. Широков и др. // Проблемы прогнозирования. – 2002. – № 5.– С. 94–113.
103. Инновационные процессы в промышленном производстве. 2006 : стат. сб. / Иркутскстат. – Иркутск, 2007. – 31 с.
104. Интрилигатор, М. Математические методы оптимизации и экономическая теория : пер. с англ. / М. Интрилигатор. – М. : Айрис-пресс, 2002. – 576 с.

105. Иркутская область. 70 лет. Юбилейное издание : стат. сб. / Иркутскстат. – Иркутск, 2007. – 272 с.
106. Канторович, Л.В. Оптимальные решения в экономике / Л.В. Канторович, А.Б. Горстко. – М. : Наука, 1972. – 231 с.
107. Канторович Л.В. Оптимизационные методы в экономике : результаты, трудности, перспективы / Л.В. Канторович, И.В. Романовский // Кибернетика. – 1977. – № 2. – С. 68–72.
108. Карлик, Е.М. Специализация и поточные методы производства / Е.М. Карлик, Я.Ш. Гельгор. – Л. : Машиностроение, 1974. – 208 с.
109. Карлин, С. Математические методы в теории игр, программировании и экономике : пер. с англ. / С. Карлин. – М. : Мир, 1964. – 838 с.
110. Касти, Дж. Большие системы. Связность, сложность и катастрофы : пер. с англ. / Дж. Касти. – М. : Мир, 1982. – 216 с.
111. Качалов, Р.М. Управление хозяйственным риском / Р.М. Качалов. – М. : Наука, 2002. – 192 с.
112. Кейнс, Дж.М. Общая теория занятости, процента и денег / Дж.М. Кейнс // Антология экономической классики : в 2 т. – М. : «ЭКОНОВ», 1993. – Т. 2. – С. 137–432.
113. Кирпичников, М.П. Переход к экономике инновационного типа / М.П. Кирпичников // ЭКО. – 1999. – № 5. – С. 16–18.
114. Клейн, Л. О переходе к рыночной экономике / Л. Клейн // Деньги и кредит. – 1996. – № 5. – С. 35–41.
115. Клейнер, Г.Б. Эволюция институциональных систем / Г.Б. Клейнер. – М. : Наука, 2004. – 240 с.
116. Ковалев, В.В. Финансовый анализ : методы и процедуры / В.В. Ковалев. – М. : Финансы и статистика, 2006. – 560 с.
117. Кован, С.Е. Практикум по финансовому оздоровлению неплатежеспособных предприятий / С.Е. Кован, В.В. Мерзлова ; под ред. М.А. Федотовой. – М. : Финансы и статистика, 2005. – 208 с.
118. Козлова, О.В. Автоматизированная система управления (Теория и методология) / О.В. Козлова, Н.А. Саломатин, В.И. Дудорин и др. ; под ред. О.В. Козловой. – М. : Мысль, 1972. – Т. 1. – 455 с.
119. Козловский, В.А. Производственный менеджмент : учеб. / В.А. Козловский, В.В. Кобзев, Б.И. Кузин, А.К. Казанцев и др. – М. : ИНФРА-М, 2005. – 574 с.
120. Колмогоров, А.Н. Теория информации и теория алгоритмов / А.Н. Колмогоров. – М. : Наука, 1987. – 304 с.
121. Кондратьев, Н.Д. Основные проблемы экономической статистики и динамики : Предварительный эскиз / Н.Д. Кондратьев. – М. : Наука, 1991. – 567 с.

122. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров : пер. с англ. / Г. Корн, Т. Корн. – М. : Наука, 1973. – 832 с.
123. Корнаи, Я. Дефицит : пер. с венг. / Я. Корнаи. – М. : Наука, 1990. – 608 с.
124. Корнаи, Я. Путь к свободной экономике : (Страстное слово в защиту экономических преобразований) : пер. с англ. / Я. Корнаи. – М. : Экономика, 1990. – 149 с.
125. Корнилова, Т.В. Принятие интеллектуальных решений в диалоге с компьютером / Т.В. Корнилова, О.К. Тихомиров. – М. : Изд-во МГУ, 1990. – 192 с.
126. Коуз, Р. Фирма, рынок и право : пер. с англ. / Р. Коуз. – М. : «Дело ЛТД» при участии изд-ва «Catallax», 1993. – 192 с.
127. Красовский, А.А. Справочник по теории автоматического управления / А.А. Красовский, В.Н. Афанасьев, Л.А. Растринин, В.А. Якубович и др. ; под ред. А.А. Красовского. – М. : Наука, 1987. – 712 с.
128. Краюхин, Г.А. Методология регулирования нововведений / Г.А. Краюхин // Вестник ИНЖЭКОНА. Серия «Экономика». – 2007. – Вып. 3 (16). – С. 53–59.
129. Кротов, В.Ф. Основы теории оптимального управления : учеб. пособие / В.Ф. Кротов, Б.А. Лагоша, С.М. Лобанов и др. ; под ред. В.Ф. Кротова. – М. : Высш. шк., 1990. – 430 с.
130. Курганский, С.А. Макроэкономика : курс лекций / С.А. Курганский, А.В. Луссе. – Иркутск : Изд-во БГУЭП, 2002. – 288 с.
131. Курдюмов, С.П. Новое в синергетике : Взгляд в третье тысячелетие / С.П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий, Д.С. Чернавский и др. – М. : Наука, 2002. – 478 с.
132. Курицкий, Б.Я. Оптимальное планирование машиностроительного производства на основе пакетов прикладных программ / Б.Я. Курицкий, В.В. Персианов, Ю.А. Сокурено. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1981. – 230 с.
133. Кучин, Б.Л. Управление развитием экономических систем : технический прогресс, устойчивость / Б.Л. Кучин, Е.В. Якушева. – М. : Экономика, 1990. – 157 с.
134. Лагранж, Ж. Аналитическая механика : в 2 т. : пер. с фр. / Ж. Лагранж. – 2-е изд. – М.-Л. : Гос. изд-во технико-теоретической лит., 1950. – Т. 1. – 594 с.
135. Ланге, О. Введение в экономическую кибернетику : пер. с польск. / О. Ланге. – М. : Прогресс, 1968. – 208 с.
136. Ландау, Л.Д. Курс общей физики. Механика и молекулярная физика / Л.Д. Ландау, А.И. Ахиезер, Е.М. Лифшиц. – М. : Наука, 1969. – 400 с.

137. Ландау, Л.Д. Физические тела / Л.Д. Ландау, А.И. Китайгородский. – 4-е изд., испр. и доп. – М. : Наука, 1978. – 208 с.
138. Ланкастер, К. Математическая экономика : пер. с англ. / К. Ланкастер. – М. : Сов. радио, 1972. – 464 с.
139. Ла-Салль, Ж. Исследование устойчивости прямым методом Ляпунова : пер. с англ. / Ж. Ла-Салль, С. Лефшец. – М. : Изд-во «Мир», 1964. – 168 с.
140. Лежен–Дирихле, П.Г. Об устойчивости равновесия (дополнение) / П.Г. Лежен–Дирихле // Лагранж Ж. Аналитическая механика : в 2 т. : пер. с фр. – 2-е изд. – М.-Л. : Гос. изд-во технико-теоретической лит., 1950. – Т. 1. – С. 537–540.
141. Ленин, В.И. К вопросу о диалектике / В.И. Ленин // В.И. Ленин : избр. соч. : в 10 т. Философские тетради. – М. : Политиздат, 1986. – Т. 5. – Ч. II. – С. 275–279.
142. Леонтьев, В.В. Экономические эссе. Теории, исследования, факты и политика : пер. с англ. / В.В. Леонтьев. – М. : Политиздат, 1990. – 415 с.
143. Летенко, В.А. Организация машиностроительного производства : Теория и практика / В.А. Летенко, О.Г. Туровец. – М. : Машиностроение, 1982. – 208 с.
144. Летов, А.М. Устойчивость нелинейных регулируемых систем / А.М. Летов. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Физматлит, 1962. – 484 с.
145. Лопатников, Л.И. Экономико-математический словарь : Словарь современной экономической лексики / Л.И. Лопатников. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Дело, 2003. – 520 с.
146. Львов, Д.С. Институциональная экономика : учеб. пособие / Д.С. Львов, В.Г. Гребенников, В.В. Зотов и др. ; под рук. Д.С. Львова. – М. : ИНФРА-М, 2001. – 318 с.
147. Львов, Д.С. О стратегических проблемах долгосрочного развития / Д.С. Львов // Экономическая наука современной России. – 2003. – № 2. – С. 17–25.
148. Ляпунов, А.М. Избранные труды : работы по теории устойчивости / А.М. Ляпунов ; [отв. ред. Д.В. Трещев] ; Математ. ин-т им. В.А. Стеклова РАН. – М. : Наука, 2007. – 574 с.
149. Маевский, В.И. Эволюционная теория и технологический прогресс / В.И. Маевский // Вопросы экономики. – 2001. – № 11. – С. 4–16.
150. Макаров, В.Л. Модели согласования экономических интересов : учеб. пособие / В.Л. Макаров. – Новосибирск : Изд-во НГУ, 1981. – 66 с.

151. Макаров, В.Л. Леонид Витальевич Канторович / В.Л. Макаров // Экономика и математические методы. – 1990. – Т. 26, вып. 1. – С. 38–40.
152. Макаров, В. Контуры экономики знаний / В. Макаров // Экономист. – 2003. – № 3. – С. 3 – 15.
153. Макаров, В.Л. Справочник экономического инструментария / В.Л. Макаров, Н.Е. Христолюбова, Е.Г. Яковенко. – М. : ЗАО «Издательство «Экономика», 2003. – 515 с.
154. Макарова, П.А. Статистическая оценка инновационного развития / П.А. Макарова, Н.А. Флуд // Вопросы статистики. –2008. – № 2. – С. 15–30.
155. Маленво, Э. Лекции по микроэкономическому анализу : пер. с фр. / Э. Маленво. – М. : Наука, 1985. – 392 с.
156. Малкин, И.Г. Теория устойчивости движения / И.Г. Малкин. – 2-е изд., стер. – М. : Едиториал УРСС, 2004. – 432 с.
157. Маркс, К. Капитал. Том первый / К. Маркс // К. Маркс, Ф. Энгельс. Соч. – 2-е изд. – М. : Политиздат, 1960. – Т. 23. – 907 с.
158. Маршалл, А. Принципы экономической науки : в 3 т. : пер. с англ. / А. Маршалл. – М. : Издательская группа «Прогресс», 1993. – Т. 2. – 310 с.
159. Математическая энциклопедия : в 5 т. ; гл. ред. И.М. Виноградов. – М. : «Советская энциклопедия», 1984. – Т. 5. – 1248 стб.
160. Менделеев, Д.И. Границ познанию предвидеть невозможно / Д.И. Менделеев. – М. : Сов. Россия, 1991. – 592 с.
161. Менеджмент : словарь-справочник ; автор-составитель С.Э. Саркисов. – М. : «Анкил», 2005. – 808 с.
162. Меркин, Д.Р. Введение в теорию устойчивости движения / Д.Р. Меркин. – 4-е изд., стер. – СПб. : Изд-во «Лань», 2003. – 304 с.
163. Мертон, Р. Финансы : пер. с англ. / Р. Мертон, З. Боди – М. : Издательский дом «Вильямс», 2005. – 592 с.
164. Месарович, М. Общая теория систем : математические основы : пер. с англ. / М. Месарович, Я. Такахара. – М. : Мир, 1978. – 311 с.
165. Милль, Дж.С. Основы политической экономии и некоторые аспекты их приложения к социальной философии : в 3 т. : пер. с англ. / Дж.С. Милль. – М. : Изд-во «Прогресс», 1980. – Т. 1. – 495 с.
166. Милль, Дж.С. Основы политической экономии и некоторые аспекты их приложения к социальной философии : в 3 т. : пер. с англ. / Дж.С. Милль. – М. : Изд-во «Прогресс», 1980. – Т. 2. – 480 с.
167. Минько, Э.В. Теория организации производственных систем : учеб. пособие / Э.В. Минько, А.Э. Минько. – М. : ЗАО «Издательство «Экономика», 2007. – 493 с.

168. Могилевский, В.Д. Методология систем : вербальный подход / В.Д. Могилевский. – М. : ОАО «Издательство «Экономика», 1999. – 251 с.
169. Моисеев, Н.Н. Математические задачи системного анализа / Н.Н. Моисеев. – М. : Наука, 1981. – 488 с.
170. Моисеев, Н.Н. Предисловие / Н.Н. Моисеев // Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. – М. : Наука, 1981. – С. 8 – 14.
171. Моисеев, Н.Н. Динамика биосферы и глобальные модели (концепции и проблемы) / Н.Н. Моисеев // Число и мысль : сб. – М. : Знание, 1982. – Вып. 5. – С. 56 – 113.
172. Моисеев, Н.Н. Алгоритмы развития / Н.Н. Моисеев. – М. : Наука, 1987. – 304 с.
173. Моисеева, Н.К. Гармонизация производства в условиях глобальной конкуренции / Н.К. Моисеева // Организатор производства. – 2003. – № 3 (18). – С. 5 – 8.
174. Моришима, М. Равновесие, устойчивость, рост (Многоотраслевой анализ) : пер. с англ. / М. Моришима. – М. : Наука, 1972. – 280 с.
175. Мыльник, В.В. Основные положения теории и методологии развития инновационно-инвестиционных процессов / В.В. Мыльник // Эффективность инновационно-инвестиционных процессов : сб. науч. тр. ; под общ. ред. В.В. Мыльника. – М. : Экономика и финансы, 2006. – С. 8 – 68.
176. Мэнкью, Н.Г. Макроэкономика : пер. с англ. / Н.Г. Мэнкью. – М. : Изд-во МГУ, 1994. – 736 с.
177. Найт, Ф.Х. Риск, неопределенность и прибыль : пер. с англ. / Ф.Х. Найт. – М. : Дело, 2003. – 360 с.
178. Народное хозяйство СССР за 70 лет : Юбилейный стат. ежегодник / Т.В. Артемова, Л.А. Уманский, Ю.С. Чупрова / Госкомстат СССР. – М. : Финансы и статистика, 1987. – 766 с.
179. Негойцэ, К. Применение теории систем к проблемам управления : пер. с англ. / К. Негойцэ. – М. : Мир, 1981. – 180 с.
180. Нейман, Дж., фон. Теория игр и экономическое поведение : пер. с англ. / Дж. фон Нейман, О. Моргенштерн. – М. : Наука, 1970. – 708 с.
181. Нейман, Дж., фон. Теория самовоспроизводящихся автоматов : пер. с англ. / Дж. фон Нейман. – М. : Мир, 1971. – 382 с.
182. Неймарк, А.И. Математические методы в организации и планировании машиностроительных и приборостроительных предприятий / А.И. Неймарк, С.А. Соколицын // Математические методы в технико-экономических расчетах. – М. : Изд-во АН СССР, 1961. – С. 23–34.

183. Некипелов, А. Российский кризис и рационализация экономической стратегии / А. Некипелов // Рос. экон. журнал. – 1999. – № 1. – С. 3–15.

184. Некипелов, А. Проблемы трансформируемой экономики / А. Некипелов // Общество и экономика. – 2003. – № 6. – С. 13 – 20.

185. Немчин, А.М. Понятие «надежность социально-экономических систем» (основная аксиоматика) / А.М. Немчин, А.Н. Фурманков // Вестник ИНЖЭКОНА. Серия «Экономика». – 2005. – Вып. 4 (9). – С. 11–17.

186. Немчин, А.М. Услуги как стратегический фактор успеха промышленного предприятия / А.М. Немчин, В.В. Кулибанова // Вестник ИНЖЭКОНА. Серия «Экономика». – 2005. – Вып. 4 (9). – С. 150–154.

187. Непорент, О.И. Технические основы календарного движения производства / О.И. Непорент. – М.; Л. : Гос. изд-во Станд-я и рац-я, 1933. – 414 с.

188. Нетушил, А.В. Теория автоматического управления : учеб. : в 2 ч. / А.В. Нетушил, Л.С. Гольдфарб, И.М. Александровский и др. ; под ред. А.В. Нетушила. – М. : Высш. шк., 1972. – Ч. 2. – 432 с.

189. Новик, И.Б. Негэнтропия и количество информации / И.Б. Новик // Вопросы философии. – 1962. – № 6. – С. 118–128.

190. Новожилов, В.В. Спорные вопросы применения метода вспомогательных множителей в социалистической экономике (к проблеме ее оптимальной организации) / В.В. Новожилов // Экономико-математические методы. Народнохозяйственные модели. Теоретические вопросы потребления. – М. : Изд-во АН СССР, 1963. – Вып. 1. – С. 107–144.

191. Норт, Д. Институциональные изменения : рамки анализа / Д. Норт // Вопросы экономики. – 1997. – № 3. – С. 6–17.

192. Нэш, Дж. Бескоалиционные игры / Дж. Нэш // Матричные игры. – М. : Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1961. – С. 205–221.

193. Озерникова, Т.Г. Особенности трудовой мотивации в переходной экономике / Т.Г. Озерникова. – Иркутск : Изд-во ИГЭА, 2001. – 278 с.

194. Оппельт, В. Процессы регулирования в технике и их описание / В. Оппельт // Процессы регулирования в моделях экономических систем : сб. статей : пер. с англ. – М. : Изд-во иностр. лит., 1961. – С. 18–38.

195. Орлов, А.И. Устойчивость в социально-экономических моделях / А.И. Орлов. – М. : Наука, 1979. – 296 с.

196. Основные экономические и социальные показатели. По данным Росстата // Экономика и жизнь. – 2008. – № 5 (9219). – С. 4.

197. Парин, В.В. Проблемы кибернетики. Некоторые итоги и проблемы философско-методологических исследований / В.В. Парин, Б.В. Бирюков, Е.С. Геллер, И.Б. Новик. – М. : Знание, 1969. – 176 с.
198. Паск, Г. Естественная история цепей // Г. Паск / Самоорганизующиеся системы : пер. с англ. – М. : Мир, 1964. – С. 318 – 357.
199. Первозванский, А.А. Курс теории автоматического управления : учеб. пособие / А.А. Первозванский. – М. : Наука, 1986. – 616 с.
200. Петраков, Н.Я. Кибернетические проблемы управления экономикой / Н.Я. Петраков. – М. : Наука, 1974. – 161 с.
201. Петраков, Н.Я. Проблемы формирования рынка в СССР / Н.Я. Петраков // Экономика и математические методы. – 1990. – Т. 26. – Вып. 3. – С. 389–397.
202. Петров, В.А. Организация, планирование приборостроительного производства и управление предприятием : учеб. / В.А. Петров, Л.П. Беликова, Э.В. Минько и др. ; под общ. ред. В.А. Петрова. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 424 с.
203. Петухов, Р.М. Использование линейного программирования для распределения производственной программы машиностроительного завода по месяцам года / Р.М. Петухов, М.В. Недлина // Применение математических методов и новейшей техники в планировании машиностроительного производства : тр. МИЭИ им. С. Орджоникидзе. – М., 1962. – Вып. 19. – С. 140 – 150.
204. Петухов, Р.М. Экономическая эффективность и организация производства / Р.М. Петухов, Е.С. Лазуткин. – М. : Экономика, 1972. – 220 с.
205. Полтерович, В.М. Экономическое равновесие и хозяйственный механизм / В.М. Полтерович. – М. : Наука, 1990. – 256 с.
206. Полтерович, В.М. Теория экономического равновесия : основные понятия / В.М. Полтерович // Экономическая школа. – 1999. – Вып. 5. – С. 487 – 499.
207. Полтерович, В.М. К руководству для реформаторов : некоторые выводы из теории экономических реформ / В.М. Полтерович // Экономическая наука современной России. – 2005. – № 1 (28). – С. 7–25.
208. Попов, Е.В. Минизэкономика / Е.В. Попов, А.И. Татаркин. – М. : Наука, 2003. – 487 с.
209. Понтрягин, Л.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения : учеб. / Л.С. Понтрягин. – 4-е изд. – М. : Наука, 1974. – 332 с.
210. Попов, Е.И. Развитие эффективной организации и управления производством : учеб. пособие / Н.А. Гришина, Е.И. Попов, Р.Л. Сатановский. – Иркутск : ИПИ, 1991. – 59 с.

211. Португал, В.М. Внедрение типовой системы управления предприятием / В.М. Португал, А.И. Семенов, А.А. Марголин. – М. : Наука, 1981. – 351 с.
212. Прангишвили, И.В. Системный подход и общесистемные закономерности / И.В. Прангишвили. – М. : СИНТЕГ, 2000. – 528 с.
213. Прангишвили, И. Системный подход, системное мышление и вопросы управления / И. Прангишвили // Общество и экономика. – 2003. – № 6. – С. 83–97.
214. Пригожин, И. Время, хаос, квант : пер. с англ. / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М. : Издательская группа «Прогресс», 1999. – 268 с.
215. Пригожин, И. Познание сложного. Введение / Г. Николис, И. Пригожин : пер. с англ. – 2-изд., стер. – М. : Едиториал УРСС, 2003. – 344 с.
216. Программа социально-экономического развития Иркутской области на 2006–2010 годы / Н.И. Воропай, М.А. Винокуров, Н.Н. Даниленко, В.И. Самаруха, С.В. Чупров и др. ; под ред. М.А. Винокурова, В.И. Самарухи. – Иркутск : Изд-во БГУЭП, 2007. – 360 с.
217. Промышленное производство Иркутской области. 2007 : стат. сб. / Иркутскстат. – Иркутск, 2008. – 15 с.
218. Промышленность России. 2005 : стат. сб. / Росстат. – М., 2006. – 460 с.
219. Пуанкаре, А. Избранные труды : 3 т. Новые методы небесной механики. Топология. Теория чисел / А. Пуанкаре. – М. : Наука, 1972. – Т. 2. – 1000 с.
220. Пуанкаре, А. О науке : пер. с фр. / А. Пуанкаре ; под ред. Л.С. Понтрягина. – 2-е изд., стер. – М. : Наука, 1990. – 736 с.
221. Путь инноваций : без оврагов // Поиск. – 2002. – № 50 (708). – С. 7–8.
222. Путятин, Л.М. Конкурентная устойчивость предприятий в современных условиях / Л.М. Путятин, А.Е. Путятин // Собственность и рынок. – 2005. – № 5. – С. 12–17.
223. Райзберг, Б.А. Курс управления экономикой / Б.А. Райзберг. – СПб. : Питер, 2003. – 528 с.
224. Рогов, В.Ю. Системологическая интерпретация инфраструктур и законы сохранения в экономике / В.Ю. Рогов // Современные проблемы экономики региона : сб. науч. тр. ; науч. ред. д-р экон. наук, проф. М.А. Винокуров. – Иркутск : Изд-во ИГЭА, 2000. – С. 97–109.
225. Родионова, В.Н. К вопросу о закономерностях развития методов и форм организации производства / В.Н. Родионова, А.Н. Осинцев // Организатор производства. – 2007. – № 3 (34). – С. 7–8.

226. Российский статистический ежегодник. 2005 : стат. сб. / Росстат. – М., 2006. – 819 с.
227. Россия в цифрах. 2009 : Крат. стат. сб. / Росстат.– М., 2009. – 525 с.
228. Саймон, Г. О применении теории следящих систем для изучения процессов регулирования производства / Г. Саймон // Процессы регулирования в моделях экономических систем : сб. статей : пер. с англ. – М. : Изд-во иностр. лит., 1961. – С. 221 – 254.
229. Саломатин, Н.А. Управление производством : учеб. / Н.А. Саломатин, М.А. Дьяченко, Е.Е. Панфилова, А.В. Фель ; под ред. Н.А. Саломатина. – М. : ИНФРА-М, 2001. – 219 с.
230. Самаруха, В.И. Выработка управленческих решений в целях обеспечения устойчивого социально-экономического развития муниципальных образований Байкальского региона / В.И. Самаруха, Н.М. Шодорова. – Иркутск : Изд-во БГУЭП, 2002. – 171 с.
231. Самаруха, В.И. Управление корпорацией : учеб. пособие / В.И. Самаруха, Т.Г. Краснова, Ю.А. Пурденко. – Иркутск : Изд-во БГУЭП, 2003. – 148 с.
232. Самуэльсон, П. Экономика : в 2 т. : пер. с англ. / П. Самуэльсон.– М. : НПО «Алгон», ВНИИСИ, 1992. – Т. 2. – 415 с.
233. Самуэльсон, П. Основания экономического анализа : пер. с англ. / П. Самуэльсон. – СПб. : Экономическая школа, 2002. – 604 с.
234. Сатановский, Р.Л. Методы снижения производственных потерь / Р.Л. Сатановский. – М. : Экономика, 1988. – 302 с.
235. Свиричев, Ю.М. Математические модели в экологии / Ю.М. Свиричев // Число и мысль : сб. – М. : Знание, 1982. – Вып. 5. – С. 16–55.
236. Сербиновский, Б.Ю. Теория и методы диагностики производственных систем / Б.Ю. Сербиновский. – Новочеркасск : ЮРГТУ, 2000. – 158 с.
237. Сербиновский, Б.Ю. Инноватика в промышленности : опыт и перспективные совершенствования экономического механизма управления инвестиционной и инновационной деятельностью / Б.Ю. Сербиновский, А.А. Афанасьев // Организатор производства. – 2007. – № 2 (33). – С. 68–72.
238. Сетров, М.И. Информационные процессы в биологических системах. Методологический очерк / М.И. Сетров. – Л. : Наука. Ленингр. отд., 1974. – 155 с.
239. Сигорский, В.П. Математический аппарат инженера / В.П. Сигорский. – Киев : Техніка, 1975. – 768 с.

240. Системный анализ и принятие решений : словарь-справочник : учеб. пособие ; под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. – М. : Высш. шк., 2004. – 616 с.

241. Скурихин, В.И. Адаптивные системы управления машиностроительным производством / В.И. Скурихин, В.А. Забродский, Ю.В. Копейченко. – М. : Машиностроение, 1989. – 208 с.

242. Словарь по кибернетике ; под ред. В.М. Глушкова. – Киев : Гл. ред. Украинской советской энциклопедии, 1979. – 624 с.

243. Слуцкий, Е.Е. К теории сбалансированного бюджета потребителя / Е.Е. Слуцкий // Экономико-математические методы. Народно-хозяйственные модели. Теоретические вопросы потребления. – М. : Изд-во АН СССР, 1963. – Вып. 1. – С. 241 – 277.

244. Смит, А. Исследование о природе и причинах богатства народов / А. Смит // Антология экономической классики : в 2 т. – М. : МП «ЭКОНОВ», 1993. – Т. 1. – С. 79 – 396.

245. Смит, О.Дж.М. Электронные модели экономики / О.Дж.М. Смит // Процессы регулирования в моделях экономических систем : сб. статей : пер. с англ. – М. : Изд-во иностр. лит., 1961. – С. 274–290.

246. Смит, О.Дж.М. Электронная модель–аналог экономической системы // О.Дж.М. Смит, Х.Ф. Эрдли // Процессы регулирования в моделях экономических систем : сб. статей : пер. с англ. – М. : Изд-во иностр. лит., 1961. – С. 255–273.

247. Смоляр, Л.И. Использование математических методов в календарном планировании мелкосерийного производства / Л.И. Смоляр, Ф.И. Биншток // Применение математических методов и новейшей вычислительной техники в планировании машиностроительного производства : тр. МИЭИ им. С. Орджоникидзе. – М., 1962. – Вып. 19. – С. 113–126.

248. Соколицын, С.А. Применение математических методов в экономике и организации машиностроительного производства / С.А. Соколицын. – Л. : Машиностроение, 1970. – 216 с.

249. Соколицын, С.А. Организация и оперативное управление машиностроительным производством : учеб. / С.А. Соколицын, Б.И. Кузин. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. – 527 с.

250. Соколицын, С.А. Многоуровневая система оперативного управления ГПС в машиностроении / С.А. Соколицын, В.А. Дуболазов, Ю.Н. Домченко ; под общ. ред. С.А. Соколицына. – СПб. : Политехника, 1991. – 208 с.

251. Солодова, Н.Г. Управление персоналом неустойчивых организаций / Н.Г. Солодова. – Иркутск : Изд-во БГУЭП, 2002. – 225 с.

252. Солодовников, В.В. Теория сложности и проектирование систем управления / В.В. Солодовников, В.И. Тумаркин. – М. : Наука, 1990. – 168 с.

253. Солоу, Р. Перспективы теории роста / Р. Солоу // Мировая экономика и международные отношения. – 1996. – № 8. – С. 69 – 77.

254. Сорос, Дж. Кризис мирового капитализма. Открытое общество в опасности : пер. с англ. / Дж. Сорос. – М. : ИНФРА-М, 1999. – XXVI, 262 с.

255. Стиглер, Дж. Совершенная конкуренция : исторический ракурс / Дж. Стиглер // Теория фирмы ; под ред. В.М. Гальперина. – СПб. : Экономическая школа, 1995. – С. 299–328.

256. Стиглиц, Дж. Куда ведут реформы? (К десятилетию начала переходных процессов) / Дж. Стиглиц // Вопросы экономики. – 1999. – № 7. – С. 4–30.

257. Стиглиц, Дж. Глобализация : тревожные тенденции : пер. с англ. / Дж. Стиглиц. – М. : Мысль, 2003. – 300 с.

258. Столерю, Л. Равновесие и экономический рост (Принципы макроэкономического анализа) : пер. с фр. / Л. Столерю. – М. : Статистика, 1974. – 472 с.

259. Стоянова, Е.С. Финансовый менеджмент : теория и практика : учеб. : 5-е изд., перераб. и доп. / Е.С. Стоянова, Т.Б. Крылова, И.Т. Балабанов, Е.В. Быкова, И.Г. Кукукина и др. ; под ред. Е.С. Стояновой. – М. : Перспектива, 2005. – 656 с.

260. Сэй, Ж.-Б. Трактат по политической экономии / Ж.-Б. Сэй // Ж.-Б. Сэй, Ф. Бастиа. Трактат по политической экономии. Экономические софизмы. Экономические гармонии. – М. : Дело, 2000. – 232 с.

261. Тарасевич, Л.С. Макроэкономика : учеб. / Л.С. Тарасевич, П.И. Гребенников, А.И. Леусский. – 6-е изд., испр. и доп. – М. : Высш. обр., 2007. – 654 с.

262. Татаркин, А.И. Построение инновационной экономики в РФ : проблемы и перспективы / А.И. Татаркин, А.Ф. Суховой // Инновации. – 2007. – № 7 (105). – С. 11–18.

263. Татевосов, К.Г. Построение календарно-объемного плана многономенклатурного машиностроительного производства с применением линейного программирования и электронно-вычислительных машин / К.Г. Татевосов, Р.П. Шейнман // Применение математических методов и новейшей вычислительной техники в планировании машиностроительного производства : тр. МИЭИ им. С. Орджоникидзе. – М., 1964. – Вып. 20. – С. 88–101.

264. Татевосов, К.Г. Основы оперативно-производственного планирования на машиностроительном предприятии / К.Г. Татевосов. –

2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 278 с.

265. Терехов, Л.Л. Кибернетика для экономистов / Л.Л. Терехов. – М. : Финансы и статистика, 1983. – 191 с.

266. Тихонов, А.Н. Дифференциальные уравнения : учеб. / А.Н. Тихонов, А.Б. Васильева, А.Г. Свешников. – 4-е изд. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 256 с.

267. Тишнер, Г. Количественное представление процессов регулирования в экономических системах / Г. Тишнер // Процессы регулирования в моделях экономических систем : сб. статей : пер. с англ. – М. : Изд-во иностр. лит., 1961. – С. 122 – 136.

268. Трапезников, В.А. Управление и научно-технический прогресс / В.А. Трапезников. – М. : Наука, 1983. – 224 с.

269. Трикоми, Ф. Дифференциальные уравнения : пер. с англ. / Ф. Трикоми. – М. : Изд-во иностр. лит., 1962. – 351 с.

270. Туровец, О.Г. Принципы реформирования производственных систем в условиях инновационной экономики / О.Г. Туровец, В.И. Боровиков // Организатор производства. – 2007. – № 3 (34). – С. 5–6.

271. Управление организацией : энциклопедический словарь ; под ред. А.Г. Поршнева, А.Я. Кибанова, В.Н. Гунина. – М. : Издательский Дом «ИНФРА-М», 2001. – 822 с.

272. Урсул, А.Д. Природа информации. Философ. очерк / А.Д. Урсул. – М. : Политиздат, 1968. – 288 с.

273. Федоренко, Н.П. Экономико-математические методы в планировании и управлении / Н.П. Федоренко // Автоматизированные системы управления (Применение вычислительной техники и автоматизированных систем управления на предприятиях и в отраслях промышленности). – М. : Экономика, 1972. – С. 164–174.

274. Федоренко, Н.П. Россия : уроки прошлого и лики будущего / Н.П. Федоренко. – М. : ЗАО «Издательство "Экономика"», 2000. – 489 с.

275. Физический энциклопедический словарь ; гл. ред. А.М. Прохоров. – М. : Сов. энциклопедия, 1983. – 928 с.

276. Финансово-кредитный энциклопедический словарь / Колл. авторов ; под общ. ред. А.Г. Грязновой. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 1168 с.

277. Форрестер, Дж. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика) : пер. с англ. / Дж. Форрестер. – М. : Прогресс, 1971. – 340 с.

278. Фридман, М. Могучая рука рынка / М. Фридман // Фридман и Хайек о свободе : пер. с англ. – Минск : Полифакт-Реферendum, 1990. – С. 26 – 68.

279. Хайек, Ф. Конкуренция как процедура открытия / Ф. Хайек // *Мировая экономика и международные отношения*. – 1989. – № 12. – С. 6–14.
280. Хакен, Г. Синергетика : Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах : пер. с англ. / Г. Хакен. – М. : Мир, 1985. – 423 с.
281. Хакен, Г. Информация и самоорганизация : Макроскопический подход к сложным системам : пер. с англ. : 2-е изд., доп. / Г. Хакен. – М. : КомКнига, 2005. – 248 с.
282. Хаксевер, К. Управление и организация в сфере услуг : пер. с англ. / К. Хаксевер, Б. Рендер, Р. Рассел, Р. Мердик. – СПб. : Питер, 2002. – 752 с.
283. Харкевич, А.А. Теория информации. Опознавание образов : избр. тр. : в 3 т. / А.А. Харкевич. – М. : Наука, 1973. – Т. 3. – 524 с.
284. Хартли, Дж. ГПС в действии : пер. с англ. / Дж. Хартли. – М. : Машиностроение, 1987. – 328 с.
285. Хикс, Дж.Р. Стоимость и капитал : пер. с англ. / Дж.Р. Хикс. – М. : Издательская группа «Прогресс», 1993. – 488 с.
286. Цыгичко, В.Н. Руководителю – о принятии решений / В.Н. Цыгичко. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ИНФРА-М, 1996. – 272 с.
287. Чернавский, Д.С. Синергетика и информация (динамическая теория информации) / Д.С. Чернавский. – 2-изд., испр. и доп. – М. : Едиториал УРСС, 2004. – 288 с.
288. Четаев, Н.Г. Устойчивость движения : учеб. рук-во / Н.Г. Четаев. – 4-е изд., испр. – М. : Наука, 1990. – 176 с.
289. Чупров, С.В. Формирование плана производства машиностроительного предприятия в размытых ограничениях / С.В. Чупров // *Роль научно-технического прогресса в интенсификации машиностроения области : тез. докл. конф.* – Иркутск, 1987. – С. 18–19.
290. Чупров, С.В. Производственная система : анализ разнообразия состояний с точки зрения их неоднородности и нерегулярности / С.В. Чупров ; ИПИ. – Иркутск, 1988. – 15 с. – Деп. в ВИНТИ 26.08.88, № 6734 – В88.
291. Чупров, С.В. Типология производственных систем при нечетких представлениях о степени однородности и регулярности их деятельности / С.В. Чупров // *Экономические проблемы научно-технического прогресса в машиностроении : межвуз. сб.* – Иркутск, 1988. – С. 150 – 156.
292. Чупров, С.В. Поведение параметров неоднородности и нерегулярности состояний производственной системы / С.В. Чупров ;

ИПИ. – Иркутск, 1992. – 8 с. – Библиогр.: с. 8. – Деп. в ВИНТИ 25.02.92, № 630 – В92.

293. Чупров, С.В. Мониторинг производственно-финансовой устойчивости промышленных предприятий / С.В. Чупров // ЭКО. – 1998. – № 3. – С. 75–81.

294. Чупров, С.В. Упорядоченность состояний и устойчивость поведения производственной системы / С.В. Чупров // Проблемы равновесия и устойчивости в экономических и социальных системах : сб. науч. тр. – Новосибирск : Наука. Сиб. предприятие РАН, 1999. – С. 124–129.

295. Чупров, С.В. Применение теории нечетких множеств в экономических задачах анализа и принятия решений (краткий обзор) / С.В. Чупров // Теория, методы и инструменты принятия решений в живых, социальных и технических системах : мат-лы к 19 засед. междунар. семинара «Гомеостатика живых, природных, технических и социальных систем». – Иркутск : Ирк. обл. адм., ИСЭМ СО РАН, ИрГТУ, 2001. – С. 77–84.

296. Чупров, С.В. Информационный ресурс и эффект работы производственной системы / С.В. Чупров // Экономика и управление. – 2002. – № 5 (49). – С. 71–74.

297. Чупров, С.В. Прогнозирование кризисного развития предприятий / С.В. Чупров // Проблемы прогнозирования. – 2002. – № 6. – С. 150–155.

298. Чупров, С.В. Влияние типа производственной системы на устойчивость ее функционирования / С.В. Чупров // Организатор производства. – 2003. – № 2 (17). – С. 10–12.

299. Чупров, С.В. Методы гибкого планирования дискретного производства в управлении устойчивостью предприятия / С.В. Чупров // Вестник Иркут. регион. отд-я АН ВШ России. – 2003. – № 1 (2). – С. 44–56.

300. Чупров, С.В. Равновесие и устойчивость промышленных предприятий под углом зрения трансформации российской экономики / С.В. Чупров // Известия Иркут. гос. экон. акад. – 2003. – № 1 (34). – С. 73–82.

301. Чупров, С.В. Анализ нормативов показателей финансовой устойчивости предприятия / С.В. Чупров // Финансы. – 2003. – № 2. – С. 17–19.

302. Чупров, С.В. Типы дискретного производства с размытыми границами между ними / С.В. Чупров // Организатор производства. – 2003. – № 3 (18). – С. 50–52.

303. Чупров, С.В. Генезис и закономерности экономических систем (равновесие, устойчивость, развитие) / С.В. Чупров ; БГУЭП. – Ир-

кутск, 2003. – 83 с. – Библиогр.: с. 77–82. – Деп. в ИНИОН Рос. акад. наук 13.01.04, № 58475.

304. Чупров, С.В. Диагностика устойчивости промышленного предприятия. Системно-методологические проблемы и подходы / С.В. Чупров. – Иркутск : Изд-во БГУЭП, 2004. – 282 с. (Серия «Управление устойчивостью производственных систем»).

305. Чупров, С.В. Допустимые значения финансовых показателей для обеспечения устойчивости предприятия / С.В. Чупров // Известия Иркут. гос. экон. акад. – 2004. – № 1 (38). – С. 77–81.

306. Чупров, С.В. Организация адаптивного управления производственной системой / С.В. Чупров // Вестник Иркут. гос. техн. ун-та. – 2004. – № 3 (19). – С. 41–45.

307. Чупров, С.В. Теоретико-системный взгляд на сущность кризиса и диагностики устойчивости предприятия / С.В. Чупров // Известия Иркут. гос. экон. акад. – 2004. – № 3 (40). – С. 55–62.

308. Чупров, С.В. Повышение эффективности управления устойчивостью предприятий / С.В. Чупров // Проблемы теории и практики управления. – 2004. – № 4. – С. 114–118.

309. Чупров, С.В. Процесс потери устойчивости равновесного режима экономической системы / С.В. Чупров // Вестник Иркут. регион. отд-я АН ВШ России. – 2004. – № 2 (5). – С. 77–82.

310. Чупров, С.В. Риск и управление устойчивостью промышленного предприятия / С.В. Чупров // Управление риском. – 2004. – № 2 (30). – С. 20–24.

311. Чупров, С.В. Динамическая модель «эффективность – структура ресурсов» для управления устойчивостью промышленного предприятия / С.В. Чупров // Организатор производства. – 2005. – № 2 (25). – С. 35–37.

312. Чупров, С.В. Организационные и экономические решения в управлении устойчивостью производственных систем // Экономика и производство. – 2005. – № 2. – С. 15–18.

313. Чупров, С.В. Мониторинг устойчивости производственных систем / С.В. Чупров. – Иркутск : Изд-во БГУЭП, 2005. – 232 с. (Серия «Управление устойчивостью производственных систем»).

314. Чупров, С.В. Принцип дополненности в исследовании организованности производственной системы / С.В. Чупров // Вестник Иркут. гос. техн. ун-та. – 2005. – № 3 (23). – Т. 1. – С. 129–134.

315. Чупров, С.В. Методы и технология мониторинга устойчивости промышленных предприятий / С.В. Чупров, А.Б. Каневский ; под общ. ред. С.В. Чупрова. – Иркутск : Изд-во БГУЭП, 2006. – 204 с. (Серия «Управление устойчивостью производственных систем»).

316. Чупров, С.В. Неустойчивое равновесие и устойчивое неравновесие экономической системы. От воззрений Н.Д. Кондратьева к современной парадигме / С.В. Чупров // Экономическая наука современной России. – 2006. – № 3 (34). – С. 112–120.

317. Чупров, С.В. Условие поддержания устойчивого уровня прибыли промышленного предприятия / С.В. Чупров // Научно-технические ведомости Санкт-Петербург. гос. тех. ун-та. – 2006. – № 6. – Т. 2. – С. 189–191.

318. Чупров, С.В. Анализ устойчивости динамической структуры пассивов предприятия / С.В. Чупров // Известия Иркутск. гос. экон. акад. – 2007. – № 3 (53). – С. 62–65.

319. Чупров, С.В. Теория управления и устойчивость производственных систем / С.В. Чупров. – Иркутск : Изд-во БГУЭП, 2007. – 440 с. (Серия «Управление устойчивостью производственных систем»).

320. Чупров, С.В. Методология планирования инновационного развития экономических систем / Н.Н. Арлашкина, А.В. Бабкин, А.Е. Бром, О.С. Гайфутдинова, С.В. Чупров и др. ; под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. – СПб., 2008. – 772 с.

321. Шамхалов, Ф.И. Государство и экономика. Основы взаимодействия : учеб. / Ф.И. Шамхалов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ЗАО «Экономика», 2005. – 727 с.

322. Шеннон, К. Работы по теории информации и кибернетике : пер. с англ. / К. Шеннон. – М. : Изд-во иностр. лит., 1963. – 829 с.

323. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука : пер с англ. / Р. Шеннон. – М. : Мир, 1978. – 418 с.

324. Шер, А.П. Решение задачи математического программирования с линейной целевой функцией в размытых ограничениях / А.П. Шер // Автоматика и телемеханика. – 1980. – № 7. – С. 137–143.

325. Шеремет, А.Д. Методика финансового анализа деятельности коммерческих организаций / А.Д. Шеремет, Е.В. Негашев. – М. : ИН-ФРА-М, 2006. – 237 с.

326. Шубкина, И.П. Экономико-математические модели в системе управления предприятиями / И.П. Шубкина, А.С. Плещинский, В.И. Данилин и др. ; под ред. Н.П. Федоренко и И.П. Шубкиной. – М. : Наука, 1983. – 390 с.

327. Шумпетер, Й. Теория экономического развития : пер. с нем. / Й. Шумпетер. – М. : Прогресс, 1982. – 455 с.

328. Шуплецов, А.Ф. Общее и частное в методологии оценки эффективности капиталовложений в НИОКР: прошлый опыт и новые возможности / А.Ф. Шуплецов // Современные проблемы экономики

региона : сб. науч. тр. ; науч. ред. д-р экон. наук, проф. М.А. Винокуров. – Иркутск : Изд-во БГУЭП, 2000. – С. 136–152.

329. Шустер, Г. Детерминированный хаос : Введение : пер. с англ. / Г. Шустер. – М. : Мир, 1988. – 240 с.

330. Эдельгауз, Г.Е. Достоверность статистических показателей / Г.Е. Эдельгауз. – М. : Статистика, 1977. – 278 с.

331. Экономико-математический энциклопедический словарь ; гл. ред. В.И. Данилов–Данильян. – М. : «ИНФРА-М», 2003. – 688 с.

332. Электроника : энциклопедический словарь ; гл. ред. В.Г. Колесников. – М. : Сов. энциклопедия, 1991. – 688 с.

333. Эльсгольц, Л.Э. Обыкновенные дифференциальные уравнения : учеб. / Л.Э. Эльсгольц. – СПб. : Изд-во «Лань», 2002. – 224 с.

334. Энгельс, Ф. Диалектика природы / Ф. Энгельс // К. Маркс, Ф. Энгельс. Соч. – 2-е изд. – М. : Политиздат, 1961. – Т. 20. – С. 339–626.

335. Энциклопедия кибернетики : в 2 т. ; отв. ред. В.М. Глушков. – Киев : Гл. ред. УСЭ, 1975. – Т. 1. – 608 с.

336. Энциклопедия кибернетики : в 2 т. ; отв. ред. В.М. Глушков. – Киев : Гл. ред. УСЭ, 1975. – Т. 2. – 623 с.

337. Эрроу, К.Дж. Исследование по линейному и нелинейному программированию : пер. с англ. / К.Дж. Эрроу, Л. Гурвиц, Х. Удзава. – М. : Изд-во иностр. лит., 1962. – 334 с.

338. Эрроу, К. Информация и экономическое поведение / К. Эрроу // Вопросы экономики. – 1995. – № 5. – С. 98–107.

339. Эрроу, К. К теории ценового приспособления / К. Эрроу // Теория фирмы ; под ред. В.М. Гальперина. – СПб. : Экономическая школа, 1995. – С. 432–447.

340. Эрроу, К.Дж. Неполное знание и экономический анализ / К. Эрроу // Истоки ; редкол. : Я.И. Кузьминов (гл. ред.), В.С. Автономов, О.И. Ананьин и др. – М. : ГУ ВШЭ, 2000. – Вып. 4. – С. 10–27.

341. Эшби, У.Р. Введение в кибернетику : пер. с англ. / У.Р. Эшби. – М. : Изд-во иностр. лит., 1959. – 432 с.

342. Эшби, У.Р. Принципы самоорганизации / У.Р. Эшби // Принципы самоорганизации : пер. с англ. – М. : Мир, 1966. – С. 314–343.

343. Allais, M. La science economique d'aujourd'hui et lesfaits / M. Allais // Revue des Deux Mondes. – 1990, juin. – P. 54–74.

344. Arrow, K.J. Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy / K.J. Arrow, G. Debreu // Econometrica. – 1954. – Vol. 22, No. 3. – P. 265–290.

345. Arrow, K.J. On the Stability of Competitive Equilibrium, I / K.J. Arrow, L. Hurwicz // Econometrica. – 1958. – Vol. 26, No. 3. – P. 522–552.

346. Arrow, K.J. General Economic Equilibrium: Purpose, Analytic Techniques, Collective Choice / K.J. Arrow // *The American Economic Review*. – 1974. – Vol. 64, No. 3. – P. 253–272.
347. Aumann, R. Agreeing to Disagree / R. Aumann // *Annals of Statistics*. – 1976. – Vol. 4, No. 6. – P. 1236–1239.
348. Chuprov, S.V. Forecasting the Crisis Development of Enterprises in a Crisis / S.V. Chuprov // *Studies on Russian Economic Development*. – 2002. – Vol. 13, No. 6. – P. 669–673.
349. Debreu, G. Valuation Equilibrium and Pareto Optimum / G. Debreu // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 1954. – Vol. 40, No. 7. – P. 588–592.
350. Debreu, G. New Concepts and Techniques for Equilibrium Analysis / G. Debreu // *International Economic Review*. – 1962. – Vol. 3, No. 3. – P. 257–273.
351. Downs, G.W. Designed experiments for classification problems / G.W. Downs, D.M. Rocke // *Journal of the Operational Research Society*. – 1983. – Vol. 34, No. 11. – P. 1069–1077.
352. Simon, H.A. Rationality as Process and as Product of Thought. Richard T. Ely Lecture / H.A. Simon // *American Economic Review*. – 1978. – Vol. 68, No. 2. – P. 1–16.
353. Zadeh, L.A. Fuzzy Sets / L.A. Zadeh // *Information and Control*. – 1965. – Vol. 8. – P. 338–353.
354. Zadeh, L.A. The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning. Parts 1 / L.A. Zadeh // *Information Sciences*. – 1975. – Vol. 8. – P. 199–249.
355. <http://www.economy.gov.ru/wps/wcm/myconnect/economylib/mert/welcome/economy/macroeconomy/administmanagementdirect/doc1176884004219>
356. http://www.gks.ru/free_doc/2006/b06_13/23-14.htm
357. http://www.gks.ru/scripts/db_inet/dbinet.cgi?pl=1904005
358. http://www.gks.ru/free_doc/new_site/prices/icpp_data.htm
359. http://www.gks.ru/bgd/regl/b07_13/IssWWW.exe/Stg/d05/22-56.htm
360. http://www.gks.ru/bgd/regl/b07_13/IssWWW.exe/Stg/d03/13-06.htm
361. http://www.gks.ru/bgd/free/B04_03/IssWWW.exe/Stg/d040/50.htm
362. <http://www.irz.irk.ru/>

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Анализ устойчивости динамической структуры пассивов (коэффициента автономии) предприятия

Исходная зависимость между коэффициентом $Kз.с(t)$ и скоростью изменения $Kс.с(t)$ формализуется с учетом коэффициента γ ($\gamma > 0$), который влияет на скорость протекания процесса [318]:

$$Kз.с(t) = \gamma \frac{dKс.с(t)}{dt}. \quad (\text{П1.1})$$

Учитывая, что коэффициенты автономии $Kс.с(t)$ и финансовой напряженности $Kз.с(t)$ взаимодополняют друг друга до единицы, и потому

$$Kз.с(t) = 1 - Kс.с(t) \quad (\text{П1.2})$$

с подстановкой этого равенства в выражение (П1.1) получим дифференциальное уравнение:

$$\gamma \frac{dKс.с(t)}{dt} + Kс.с(t) = 1. \quad (\text{П1.3})$$

Полное решение этого уравнения состоит из суммы общего решения $Kс.с_{об}(t)$ и частного решения $Kс.с_ч(t)$:

$$Kс.с(t) = Kс.с_{об}(t) + Kс.с_ч(t).$$

Общему решению однородного уравнения

$$\gamma \frac{dKс.с(t)}{dt} + Kс.с(t) = 0.$$

соответствует характеристическое уравнение:

$$\gamma p + 1 = 0,$$

откуда корень этого уравнения:

$$p = -\frac{1}{\gamma} \quad (\text{П1.4})$$

есть действительное число и общее решение $Kс.с_{об}(t)$ уравнения (П1.3) представляет собой выражение:

$$Kс.с_{об}(t) = \theta \cdot e^{pt} = \theta \cdot e^{-\frac{1}{\gamma}t}.$$

Частное решение $Kс.с_ч(t)$ уравнения (П1.3):

$$Kc.c_q(t) = 1,$$

и в итоге полное решение этого уравнения равно сумме:

$$Kc.c(t) = Kc.c_{об}(t) + Kc.c_q(t) = \theta \cdot e^{-\frac{1}{\gamma}t} + 1. \quad (\text{П1.4})$$

Постоянную θ определим, принимая во внимание, что в начальный момент времени при $t = 0$ предыдущее выражение:

$$Kc.c(0) = \theta \cdot e^{-\frac{1}{\gamma} \cdot 0} + 1 = \theta + 1,$$

откуда величина θ

$$\theta = Kc.c(0) - 1$$

и, возвращаясь к выражению (П1.5), искомое решение уравнения (П1.3) находим в виде:

$$Kc.c(t) = 1 + [Kc.c(0) - 1] \cdot e^{-\frac{1}{\gamma}t} = 1 - [1 - Kc.c(0)] \cdot e^{-\frac{1}{\gamma}t}.$$

В соответствии со свойством (П1.2) выражение в скобках можно заменить на эквивалентную ему величину коэффициента финансовой напряженности в начальный момент $Kз.c(0)$ и тогда приходим к окончательному решению:

$$Kc.c(t) = 1 - Kз.c(0) \cdot e^{-\frac{1}{\gamma}t}. \quad (\text{П1.4})$$

Полученное решение является асимптотически устойчивым в целом (глобально устойчивым), т.к. $\gamma > 0$ и корень p характеристического уравнения (П1.4) имеет отрицательное вещественное значение (критерий устойчивости приведен в § 1.1).

Приложение 2

Формализация и анализ изменения параметров неоднородности, нерегулярности и разнообразия состояний производственных систем

§ 1. Интерес к разнообразию состояний производственных систем (ПС)¹ – предприятия, цеха, участка, рабочего места – вызван, главным образом, двумя обстоятельствами: во-первых, присущий современному производству высокий темп обновления изготавливаемой продукции порождает динамизм состояний и возвращает вновь к оценке степени их сходства и различия; во-вторых, как и раньше, классическое понятие разнообразия, вводимое в кибернетике для этой цели, отвлекается от характера состояний и сводится к подсчету их количества. Подобная оценка последовательности состояний ПС малоинформативна, ибо вне ее остаются степени неоднородности и нерегулярности состояний, тогда как знание о них необходимо для управления ПС.

Коснувшись причин, побудивших обратиться к этой проблеме, повторим, что понимается под неоднородностью и нерегулярностью состояний ПС. Неоднородность состояний происходит от сближения величин масштабов (трудоемкости) производства изделий разных типов, когда отсутствие превалирования какого-либо из них снижает стабильность состояний ПС, и по мере выравнивания масштабов производства изделий беспорядочность и неоднородность состояний становится все больше. Нерегулярность состояний, наоборот, связана с расхождением масштабов производства, что ведет к смене состояний через неодинаковые промежутки времени, и она тем больше, чем заметнее отличаются масштабы производства разнотипных изделий.

Приведенные доводы послужили для автора основанием для введения мер неоднородности и нерегулярности состояний ПС [290; 292]. Очевидно, они не могут рассматриваться в отрыве от числа типов изготавливаемых изделий. В простейшем варианте производства изделий единственного типа нет нужды в какой-либо оценке разнообразия состояний: оно и так одно, поскольку изготавливаемые изделия одинаковы и разнообразие состояний отсутствует.

Ситуация осложняется, если ПС занята изготовлением изделий двух и более типов. Пусть, например, ПС выпускает изделия пяти типов, но в одном случае масштабы их производства близки (сравните

¹ Напомним, что за состояние ПС здесь принимается занятость ее изготовлением или обработкой изделий (заголовков, деталей, узлов, сборочных единиц, готового изделия и др.) определенного типа.

площади квадратов на рис. П2.1, отражающие величины масштабов производства изделий $I_1 - I_5$), а в другом различаются и притом значительно (рис. П2.2).

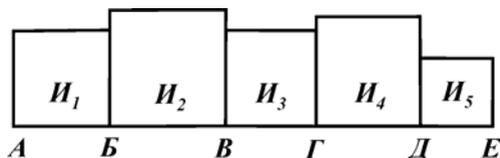


Рис. П2.1. Изготовление изделий примерно равных масштабов производства

В первом случае не превалирует ни одно из изделий, масштабы их производства соизмеримы по величине, и потому состояния ПС неоднороднее, чем во втором случае (там преобладает производство изделия I_1 и неоднородность состояний меньше), зато в последнем случае они нерегулярнее из-за разных промежутков времени, через которые меняются состояния ПС.

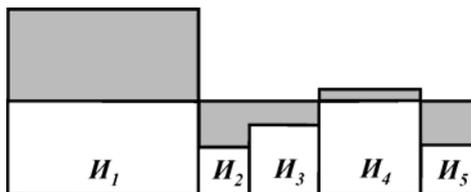


Рис. П2.2. Изготовление изделий, масштабы производства которых заметно отличаются

Но неоднородность и нерегулярность состояний кибернетический подход не анализирует: ведь количество состояний ничем не обнаруживает качественное отличие одной последовательности состояний от другой. Не оспаривая того, что количество разнообразия в обоих случаях может быть одно и то же, слагаемые этого количества могут иметь разную величину.

Это вытекает как из теоретических соображений о различии между вариантами, так и практических: специфики управления такими ПС. Если в первом случае управление должно поддерживать по возможности строгое чередование состояний через рассчитанный период времени и свести к минимуму перерывы в производственном процессе, то во втором обеспечить сопряжение различных состояний и выдержать равномерность загрузки мощностей ПС.

Возникает мысль провести анализ разнообразия состояний в аспекте не только числа различных состояний, но и взвешивания их по времени, т.е. длительности пребывания ПС в определенном состоянии. При производстве изделий только одного типа неоднородность и нерегулярность состояний минимальны, и в отсутствии иных состояний разнообразие их равно нулю. С изготовлением изделий двух типов появляется разнообразие состояний, и рост числа типов ведет к увеличению разнообразия состояний. При этом, чем продолжительнее занята ПС производством однотипных изделий, тем неоднородность состояний меньше, а чем беспорядочнее происходит смена изготавливаемых типов изделий и вслед за ними состояний, тем они нерегулярнее. Выравнивание масштабов производства влечет за собой повышение неоднородности состояний ПС, зато снижается их нерегулярность (см. рис. П2.1). Всякий же разброс масштабов производства типов изделий (рис. П2.2), с одной стороны, есть уменьшение неоднородности состояний, но, с другой, – рост их нерегулярности. Эти две противоречивые составляющие и создают разнообразие состояний, являющееся, по существу, результирующей их неоднородности и нерегулярности. Они же образуют и «слагаемые» количества разнообразия состояний ПС.

Если эти доводы выглядят убедительными, правомерно потребовать, чтобы оценки неоднородности и нерегулярности состояний отвечали им. И, как уже отмечалось, показатель неоднородности состояний, прежде всего, должен сообщать о сходстве величин масштаба производства типов изделий, в то время как показатель нерегулярности – о различии времени загрузки ПС производством изделий разных типов.

Другое условие заключается в учете влияния числа типов изготавливаемых изделий на степень неоднородности состояний и исключении подобного влияния на степень нерегулярности, когда масштабы производства изделий совпадают и смена состояний ПС происходит через равные промежутки времени.

Желательно также оговорить минимальное и максимальное значения обоих показателей и тем самым установить интервал изменения их величин, скажем, от 0 до 1, чтобы можно было судить о том, насколько далеки эти значения от своего минимального или максимального предела.

§ 2. Обобщим приведенные рассуждения и укажем на формальные требования к искомым функциям, которые введем для измерения степени неоднородности и нерегулярности состояний ПС:

а. Аргументами функций служат число типов и относительные масштабы (трудоемкости) производства изделий, изготавливаемые в данной ПС;

b. При изготовлении в ПС изделий одного типа значения функций неоднородности и нерегулярности состояний ПС и их разнообразия минимальны;

c. С наращиванием числа типов изготавливаемых изделий и выравниванием масштабов их производства величина функции неоднородности состояний ПС возрастает (рис. П2.1) и становится максимальной (для заданного числа типов изделий), когда масштабы производства изделий всех типов совпадают;

d. Величина функции нерегулярности состояний ПС уменьшается при выравнивании масштабов производства изделий (рис. П2.1) и увеличивается по мере их расхождения (рис. П2.2). Причем, когда масштабы производства изделий всех типов одинаковы, величина этой функции становится минимальной и не зависящей от числа типов изготавливаемых изделий;

e. С увеличением числа типов изготавливаемых изделий значение функции разнообразия состояний ПС монотонно возрастает;

f. Предельные значения функций неоднородности, нерегулярности и разнообразия состояний ПС положительны и ограничены интервалом от 0 до 1.

§ 3. Исходя из этого, в монографии [319, прил. 3] представлен вывод формулы, удовлетворяющей этим требованиям:

$$h_j = \sum_{i=1}^{n_j} \left(\frac{q_{ij}}{q_j} \right)^2, \quad (\text{П2.1})$$

где q_{ij} – масштаб (трудоемкость) производства изделий (заготовок, деталей, узлов, сборочных единиц, готовых изделий) i -го типа в j -ой ПС ($ПС_j$), нормо-часы;

$q_j = \sum_{i=1}^{n_j} q_{ij}$ – масштаб (трудоемкость) производства изделий всех n_j

типов в $ПС_j$, нормо-часы;

n_j – число изготавливаемых или обрабатываемых типов изделий в $ПС_j$, единиц.

Докажем, что функция h_j (П2.1) действительно подчиняется требованиям (а)–(f) и может быть использована для оценки последовательности состояний $ПС_j$, с точки зрения их упорядоченности и однородности¹.

¹ Функцию h_j можно рассматривать как комбинацию величин $\frac{q_{ij}}{q_j}$ с весами $\frac{q_{ij}}{q_j}$, вследствие чего она привлекает внимание специалистов в качестве критерия классификации [351].

Но прежде уместно дать наглядную геометрическую интерпретацию h_j . Ее математическое выражение (П2.1) представляет собой сумму удельных масштабов производства $\frac{q_{ij}}{q_j}$, возведенных во вторую степень, и если по горизонтали (рис. П2.1) отложить отрезки (АБ, БВ, ВГ и т. д.), равные значениям $\frac{q_{ij}}{q_j}$, $i = \overline{1, n_j}$, то площадь отдельного квадрата будет численно равна $\left(\frac{q_{ij}}{q_j}\right)^2$, а сумма площадей $\sum_{i=1}^{n_j} \left(\frac{q_{ij}}{q_j}\right)^2$ всех n_j квадратов – значению h_j .

§ 4. Проведем анализ свойств функции h_j , для чего прежде всего найдем область изменения этой функции. По ее математическому выражению $h_j = \sum_{i=1}^{n_j} \left(\frac{q_{ij}}{q_j}\right)^2$ видно, что величина h_j всегда положительна и ее максимальное значение равно единице. Ведь сумма всех дробей $\sum_{i=1}^{n_j} \frac{q_{ij}}{q_j} = 1$, и ее квадрат поэтому также $\left(\sum_{i=1}^{n_j} \frac{q_{ij}}{q_j}\right)^2 = 1$. Сравнивая это выражение с h_j (П2.1), убеждаемся, что

$$h_j = \sum_{i=1}^{n_j} \left(\frac{q_{ij}}{q_j}\right)^2 = \left[\left(\frac{q_{1j}}{q_j}\right)^2 + \left(\frac{q_{2j}}{q_j}\right)^2 + \dots + \left(\frac{q_{n_j j}}{q_j}\right)^2\right] \leq \left(\sum_{i=1}^{n_j} \frac{q_{ij}}{q_j}\right)^2 = 1,$$

и потому значения h_j не превышают единицу. Максимум $h_j = 1$ приходится на число типов изделий $n_j = 1$, когда $q_{1j} = q_j$ и

$$h_j = \left(\frac{q_{1j}}{q_j}\right)^2 = \left(\frac{q_j}{q_j}\right)^2 = 1,$$

Вместе с тем при равенстве масштабов производства изделий всех типов $q_{1j} = q_{2j} = \dots = q_{ij} = \dots = q_{n_j j}$ имеем $\frac{q_{ij}}{q_j} = n_j^{-1}$, и отсюда:

$$h_j = \sum_{i=1}^{n_j} \left(\frac{q_{ij}}{q_j}\right)^2 = n_j^{-1}. \quad (\text{П2.2})$$

Очевидно, при этом условии и непрерывном увеличении числа типов изделий ($n_j \rightarrow \infty$) значение функции $h_j = n_j^{-1} \rightarrow 0$.

Таким образом, показатель h_j оценивает степень упорядоченности и однородности состояний $ПС_j$, имея максимум

$$h_{j \max} = 1 \quad (\text{П2.3})$$

при производстве изделий одного типа ($n_j = 1$) и уменьшая свое значение (до бесконечно малых)

$$h_{j \min} = n_j^{-1} \rightarrow 0. \quad (\text{П2.4})$$

по мере наращивания числа типов изготавливаемых изделий, но одинакового масштаба производства. Данное значение функции h_j будет минимальным при заданном числе n_j типов изделий, что в итоге свидетельствует о соблюдении требований (а) – (ф) в отношении функции однородности состояний.

На этом основании примем, что параметр R_{oj} однородности состояний $ПС_j$ численно определяется величиной h_j , т.е.

$$R_{oj} = h_j. \quad (\text{П2.5})$$

§ 5. Если упорядоченность состояний производственной системы характеризует их однородность, и в формальном отношении их показатели h_j и R_{oj} совпадают (П2.5), то обратный по смыслу показатель неупорядоченности состояний сообщает об их неоднородности. Резонно поэтому, сохраняя единый подход к оценке и анализу разнообразия состояний производственной системы, признать и тождественность понятий неупорядоченности и неоднородности состояний, показатели которых обозначим соответственно h'_j и R'_{oj} .

Напомним, что по принятому соглашению мера неоднородности снижается до нуля при изготовлении изделий одного типа и стремится к максимуму (единице) при увеличении числа типов и выравнивании масштабов производства изделий. Уместно предположить, что уровень R'_{oj} неоднородности состояний $ПС_j$, связан с показателем однородности h_j состояний [319], и, поскольку их изменение имеет противоположный (разнонаправленный) характер, можно записать:

$$R'_{oj} = a_j - h_j,$$

где a_j – некоторая постоянная.

Для поиска величины a_j воспользуемся оговоренными в § 2 данного приложения условиями о том, что в частном случае при производ-

стве изделий одного типа ($n_j = 1$) неоднородность состояний минимальна (требование b) и имеет нулевое значение (требование f). Отсюда для случая $n_j = 1$ предыдущее выражение можем приравнять нулю:

$$R'_{oj} = a_j - h_j = 0,$$

откуда вытекает $a_j = h_j$. В продолжение заметим: в соответствии с (П2.3) в рассматриваемой ситуации при $n_j = 1$ величина $h_j = 1$, ввиду чего окончательно находим, что значение $a_j = 1$, и тем самым для показателя неоднородности R'_{oj} состояний ПС_{*j*} приходим к формуле:

$$R'_{oj} = 1 - h_j. \quad (\text{П2.6})$$

Понятно, что этот показатель удовлетворяет необходимым условиям, поскольку вывод его формулы преследовал цель найти адекватное требованиям (a), (b), (f) математическое выражение, и они учтены выше. Для проверки выполнимости требования (c) обратимся к формуле расчета наибольшего значения R'_{oj} .

Согласно (П2.6), максимуму R'_{oj} отвечает минимальная величина вычитаемого h_j , которая по (П2.4) равна n_j^{-1} , и потому

$$R'_{oj} = 1 - h_{j \min} = 1 - n_j^{-1}. \quad (\text{П2.7})$$

Как видим, с нарастанием числа типов изготавливаемых изделий ($n_j \rightarrow \infty$) и выравниванием масштабов их производства, как только что было установлено (П2.4), $h_j = n_j^{-1} \rightarrow 0$ и поэтому возрастает $R'_{oj} \rightarrow 1$, стремясь (для заданного числа n_j типов изделий) к своему максимальному значению (требование c).

§ 6. Отметим немаловажное обстоятельство. Принимая во внимание выражения (П2.5) и (П2.6), обнаруживаем ожидаемое свойство, которое формализует взаимосвязь показателей R_{oj} и R'_{oj} :

$$R'_{oj} = 1 - h_j = 1 - R_{oj}$$

или:

$$R_{oj} + R'_{oj} = 1. \quad (\text{П2.8})$$

Словом, сумма величин показателей однородности и неоднородности состояний производственной системы является неизменной и равна единице.

В разрезе упорядоченности состояний производственной системы выше было констатировано, что утрачивание порядка в системе происходит из-за неоднородности состояний, и с этой точки зрения последняя есть не что иное, как неупорядоченность поведения системы. Сле-

для такому пониманию и определению (П2.5), выражение (П2.8) можно записать в терминах упорядоченности (h_j) и неупорядоченности (h'_j) состояний $ПС_j$:

$$h_j + h'_j = 1. \quad (\text{П2.9})$$

Повторяя предыдущее равенство в математическом отношении, полученное выражение придает количественную форму характеру изменения упорядоченности и неупорядоченности состояний производственной системы. Смысл ее прост: совокупная величина упорядоченности и неупорядоченности состояний системы всегда постоянна, их показатели h_j и h'_j охвачены однозначной зависимостью и дополняют друг друга до единицы.

§ 7. На этом оставим обсуждение неоднородности состояний и переведем внимание на нерегулярность состояний $ПС_j$. Ее показатель (обозначим его R'_{pj}), повторим, должен оценивать степень расхождения масштабов производства типов изделий, и тогда логично ожидать (требование d): нерегулярность $R'_{pj} = 0$ при равенстве масштабов производства друг другу, и становится тем больше, чем сильнее они разбросаны относительно некоторого уровня (рис. П2.2).

Для определения этого уровня будем исходить из отклонения удельных масштабов производства от некоторой постоянной b_j , считая ее величиной искомого уровня. Поскольку удельные масштабы

$\frac{q_{ij}}{q_j}$ некоторых изделий могут превосходить уровень b_j (изделия I_1 и

I_4 на рис. П2.2), во избежание отрицательных отклонений возведем их в квадрат и получим выражение для нерегулярности R'_{pj} по всем n_j типам изделий:

$$R'_{pj} = \sum_{i=1}^{n_j} \left(b_j - \frac{q_{ij}}{q_j} \right)^2.$$

Раскрыв скобки, суммируем, и, учитывая (П2.1) и свойство суммы дробей $\frac{q_{ij}}{q_j}$ (равна 1), имеем равносильное:

$$R'_{pj} = b_j^2 \cdot n_j - 2b_j + h_j. \quad (\text{П2.10})$$

При отыскании b_j не забудем, что, согласно нашим требованиям (d) и (f), $R'_{pj} = 0$ при одинаковых масштабах производства и тем

самым не зависит от числа типов изготавливаемых изделий. В этом случае по выражению (П2.4) $h_j = n_j^{-1}$ и решение квадратного уравнения $R'_{pj} = b_j^2 \cdot n_j - 2b_j + n_j^{-1} = 0$ даст оба корня $b_j = n_j^{-1}$. Найденное значение b_j есть (и это понятно) величина среднего уровня удельных масштабов производства, подставив которую в выражение (П2.10), окончательно получим с учетом (П2.4) для нерегулярности R'_{pj} состояний $ПС_j$:

$$R'_{pj} = h_j + n_j^{-1} = h_j + h_{j\min}. \quad (\text{П2.11})$$

Свойства R'_{pj} согласуются с представлениями о нерегулярности состояний $ПС_j$. О том, что при равенстве масштабов производства всех типов изделий $R'_{pj} = 0$ минимально и равно нулю (требование f), а также не зависит от числа типов изделий (требование d), уже говорилось, и эти условия выдержаны при выводе формулы (П2.11).

Рост нерегулярности состояний связан с увеличением расхождения масштабов производства значительного числа типов изделий. И чем больше разнятся масштабы производства q_{ij} и отсюда $h_j \rightarrow 1$, с одной стороны, и чем больше при этом находится в производстве типов изделий ($n_j \rightarrow \infty$, а $n_j^{-1} \rightarrow 0$) с другой, тем ближе нерегулярность R'_{pj} по (П2.11) к единице (требования d и f).

§ 8. Проведем поиск формулы для показателя регулярности состояний $ПС_j$, который обозначим R_{pj} . По аналогии с показателями однородности и неоднородности состояний системы введем показатель регулярности R_{pj} как полярно противоположный показателю нерегулярности R'_{pj} состояний производственной системы, что означает иной характер изменения величины R_{pj} по сравнению с R'_{pj} . Речь идет о том, что с нарастанием нерегулярности (R'_{pj}) состояний уменьшается их регулярность (R_{pj}), и, наоборот, рост регулярности (R_{pj}) состояний сопровождается снижением их нерегулярности (R'_{pj}). И, поскольку в соответствии с требованием (f) величина показателя нерегулярности R'_{pj} ограничена интервалом от 0 до 1, уместно, если такому же свойству будет следовать и величина показателя регулярности R_{pj} . Как результат сумма величин показателей регулярности R_{pj} и нерегулярности R'_{pj} состояний системы также является величиной ограниченной, что математически можно формализовать выражением:

$$R_{pj} + R'_{pj} = c_j, \quad (\text{П2.12})$$

где c_j – некоторая константа.

Для нахождения величины c_j перепишем это равенство в виде разности:

$$R_{pj} = c_j - R'_{pj},$$

а затем вместо R'_{pj} подставим в нее выражение (П2.11), что нам дает:

$$R_{pj} = c_j - R'_{pj} = c_j - (h_j - n_j^{-1}).$$

Вновь прибегнем к частному случаю изготовления в $ПС_j$ изделий одного типа, когда $n_j = 1$ и, согласно (П2.3), величина $h_j = 1$. Полагая, что при этом регулярность состояний системы достигает своего максимума и потому в рамках требования (f) $R_{pj} = 1$, с подстановкой в предыдущее выражение этих значений ($n_j = 1$, $h_j = 1$, $R_{pj} = 1$):

$$R_{pj} = c_j - (1 - 1) = 1,$$

находим вполне очевидную величину $c_j = 1$. Отсюда выражение (П2.12) принимает вид:

$$R_{pj} + R'_{pj} = 1, \quad (\text{П2.13})$$

символизирующий взаимосвязь показателей регулярности и нерегулярности состояний системы, и с учетом (П2.11) для показателя регулярности состояний $ПС_j$ получаем расчетную формулу:

$$R_{pj} = 1 - R'_{pj} = 1 - (h_j - n_j^{-1}). \quad (\text{П2.14})$$

§ 9. Теперь определим максимальное значение показателя регулярности состояний R_{pj} . В соответствии с (П2.4) $h_{j \min} = n_j^{-1}$, и поэтому в общем случае имеет место неравенство $h_j \geq n_j^{-1}$. Но тогда из формулы (П2.14) вытекает, что при строгом чередовании состояний $ПС_j$ через одинаковые промежутки времени (рис. 4.3), когда $h_j = n_j^{-1}$, достигается максимум:

$$R_{pj \max} = 1. \quad (\text{П2.15})$$

Кроме того, в этом случае при нарастающем увеличении числа типов изделий ($n_j \rightarrow \infty$) по формуле (П2.7):

$$R'_{oj \max} = 1 - n_j^{-1} \rightarrow 1, \quad (\text{П2.16})$$

что по содержательным и формальным соображениям сближает показатели максимальной неоднородности $R'_{oj \max}$ (П2.16) и максимальной регулярности $R_{pj \max}$ (П2.15) состояний $ПС_j$.

Более точную оценку связи величин R_{pj} и R'_{oj} можно получить, если принять во внимание, что выражение (П2.14) можно свести к следующему виду:

$$R_{pj} = 1 - (h_j - n_j^{-1}) = (1 - h_j) + n_j^{-1} = R'_{oj} + n_j^{-1},$$

учитывая формулу (П2.6). Отсюда видно, что при $n_j \rightarrow \infty$, когда $n_j^{-1} \rightarrow 0$, налицо приближение $R_{pj} \rightarrow R'_{oj}$ и их максимальных значений $R_{pj \max}$ и $R'_{oj \max}$ при выравнивании масштабов производства всех типов изделий.

§ 10. В попытке дать обобщенную оценку разнообразию состояний $ПС_j$ можно представить ее суммой значений показателей неоднородности и нерегулярности состояний, для чего, сложив арифметически R'_{oj} (П2.6) и R'_{pj} (П2.11), найдем суммативную величину разнообразия R_j :

$$R_j = R'_{oj} + R'_{pj} = h_{j \max} - h_{j \min} = 1 - n_j^{-1}, \quad (\text{П2.17})$$

имея в виду (П2.3) и (П2.4).

Тем самым получили результат, который свойствен кибернетической трактовке разнообразия: оно определяется лишь количеством различных состояний, порождаемых у нас числом n_j типов изготавливаемых изделий.

Выводы:

- при изготовлении в $ПС_j$ изделий одного типа $n_j = 1$ величина разнообразия ее состояний R_j (П2.17) минимальна (требование *b*) и равна нулю (требование *f*);
- с ростом числа типов изделий ($n_j \rightarrow \infty$) монотонно увеличивается и разнообразие состояний R_j (требование *e*), асимптотически приближаясь к единице (требование *f*);
- суммативная величина разнообразия R_j состояний $ПС_j$ лежит в интервале $R_j \in [0, 1)$, что соответствует требованию (*f*).

В заключение следует еще раз подчеркнуть, что анализ разнообразия состояний ПС в общем случае не должен ограничиваться лишь подсчетом их общего количества. Более полная характеристика разнообразия состояний требует найти степень их неоднородности и нерегулярности, учет которых позволит индивидуализировать процесс управления поведением ПС и тем самым повысить эффективность управления ими.

Приложение 3
Динамика основных показателей деятельности
ОАО «Иркутский релейный завод»

ОАО «Иркутский релейный завод» – современное промышленное предприятие, специализирующееся на разработке и изготовлении коммутационной техники: электромагнитных реле, соединителей, переключателей, которые применяются в промышленных установках автоматики, автомобилях, бытовой и военной технике, связи, транспортном машиностроении, авиационной и аэрокосмической технике, приборостроении и на железнодорожном транспорте. Основные фактические и прогнозируемые экономические показатели деятельности ОАО «Иркутский релейный завод» в 2006 – 2020 гг. представлены в табл.

Основные фактические и прогнозируемые показатели деятельности
ОАО «Иркутский релейный завод» в 2006–2020 гг.

Показатели	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2015	2020
Объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами, тыс. р.	87972,0	93000,0	101500,0	112500,0	124000,0	137500,0	192000,0	285000,0
Освоение новых видов продукции, ед.	4	4	2	2	2	2	3	3
Среднегодовая стоимость основных производственных фондов, тыс. р.	183770,0	193000,0	203000,0	206000,0	209000,0	212500,0	224000,0	253000,0
Объем инвестиций в основной капитал на развитие производства, тыс. р.	7570,0	19000,0	9800,0	8500,0	10500,0	11500,0	14000,0	30000,0
Численность промышленно-производственного персонала, чел.	445	460	485	494	502	510	544	586
Затраты на развитие информационных систем и технологий, тыс. р.	107,2	1525,0	1395,0	1055,0	1230,0	1450,0	2700,0	5000,0
Фондоотдача основных производственных фондов, р./р.	0,48	0,48	0,50	0,55	0,59	0,65	0,86	1,13

Располагая достаточным инновационным потенциалом и планируя осуществление инвестиционных проектов в 2008–2020 гг. для модернизации технологии производства и управления, ОАО «Иркутский релейный завод» связывает свои перспективы с освоением наукоемких изделий. Среди его новых разработок промежуточные реле РП–Ир2 на одно замыкание и на два переключения и реле РП–Ир3, предназначенные для коммутации электрических цепей постоянного тока напряжением до 250В и переменного тока напряжением до 400В частотой 50Гц [362]. Приоритетным направлением развития производства завода служит развертывание выпуска фотоэлектрических преобразователей тока и кварцевых тиглей.

С этой целью предполагается энергичное инвестиционное сопровождение инновационных проектов, для чего объем инвестиций в основной капитал на развитие производства планируется наращивать ежегодно с тем, чтобы выйти к 2020 г. на уровень 30 млн р. Благодаря этому среднегодовая стоимость основных производственных фондов также будет последовательно повышаться и, учитывая темп роста численности промышленно - производственного персонала, фондовооруженность предполагается поднять с 417,0 тыс. р./чел. (2009 г.) до 431,7 тыс. р./чел. (2020 г.).

В рамках реализуемой инвестиционной программы финансовые вложения в оснащение информационных систем и технологий современными техническими и программно-алгоритмическими средствами обеспечивают наращивание инноваций и уровня знаний в системе управления заводом. В этом отношении затраты на ее развитие были достаточно значительными в 2007 г. и, уже начиная со следующего года, они будут прирастать по объему, достигнув к 2015 г. почти трехкратного (в 2,56 раза), а к 2020 г. – пятикратного (в 4,74 раза) увеличения по сравнению с 2009 г.

В результате осуществления этих мероприятий прогнозируется увеличить (по сравнению с 2007 г.) объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами, к 2015 г. в 2,06 раза и к 2020 г. – в 3,06 раза, а фондоотдачи основных производственных фондов в 1,79 раза и в 2,35 раза соответственно.

Приложение 4

Уточнение допустимых значений финансовых показателей для обеспечения устойчивости предприятия

Управление устойчивостью промышленных предприятий обуславливает необходимость аргументированного определения областей допустимых значений финансовых показателей, в границах которых деятельность предприятий сохраняет нормальный режим. И, наоборот, выход за пределы допуска свидетельствует о подверженности предприятия неустойчивому поведению и требует принятия оперативных и действенных антикризисных решений. Тем самым корректное задание допустимого диапазона величин показателей повышает достоверность результатов мониторинга поведения предприятия, что способствует успеху ранней диагностики и предотвращению его возможного банкротства.

Проблема нормирования финансовых показателей устойчивости предприятий достаточно широко и подробно освещается в зарубежной и отечественной литературе. Однако из поля зрения аналитиков часто выпадает системность показателей, вытекающая из общности их информационной базы и взаимосвязи друг с другом. В результате предлагаемые нормативные диапазоны (нормальные, критические или пороговые значения) страдают рассогласованностью и на практике ведут к дезориентации аналитиков [301; 305]. Поэтому и появляется потребность в поиске областей допустимых значений финансовых показателей с учетом существующих между ними зависимостей.

С этой целью автор полагает необходимым провести анализ структуры бухгалтерского баланса предприятия и определяемой ею связи коэффициентов друг с другом. Для формализации зависимости между ними введем следующие обозначения стоимости средств: имущества предприятия в целом – *С_и*, в том числе внеоборотных – *С_{в.с}* и оборотных средств – *С_{о.с}*, собственных – *С_{с.с}* и заемных средств – *С_{з.с}*, причем последние складываются ныне, за редким исключением, из краткосрочных пассивов, что примем во внимание при оперировании величиной *С_{з.с}*.

Структурную динамику в составе ресурсов предприятия будем оценивать общепринятыми коэффициентами, измеряющими долю тех или иных средств в стоимости имущества предприятия, либо соотношение их между собой. Необходимые для этого коэффициенты с формулами их определения (исходной и расчетной на базе коэффициентов *К_{с.с}* и *К_{о.с}*) приведены в табл. П4.1.

Таблица П4.1

Финансовые коэффициенты и формулы их расчета

Наименование коэффициента	Исходная формула (по определению)	Формула расчета посредством коэффициентов $Kc.c$ и $Ko.c$
Коэффициент автономии (называемый также коэффициентом концентрации собственных средств, общей платежеспособности, собственности, финансовой независимости) $Kc.c$	$\frac{Cс.с}{Cи}$	$Kc.c$
Коэффициент мобильности, оценивающий долю оборотных средств предприятия в стоимости его имущества $Ko.c$	$\frac{Co.c}{Cи}$	$Ko.c$
Коэффициент, оценивающий долю внеоборотных средств предприятия в стоимости его имущества $Kв.с$	$\frac{Cв.с}{Cи}$	$1 - Ko.c$
Коэффициент текущей ликвидности $Kт.л$	$\frac{Co.c}{Cз.с}$	$\frac{Ko.c}{1 - Kc.c}$
Коэффициент маневренности собственных оборотных средств предприятия $Kм.о.с$	$\frac{Cс.с - Cв.с}{Cс.с}$	$\frac{Kс.с - (1 - Ko.c)}{Kс.с}$
Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами $Kо.о.с$	$\frac{Cс.с - Cв.с}{Co.c}$	$\frac{Kс.с - (1 - Ko.c)}{Ko.c}$

Эти коэффициенты являются индикаторами финансового состояния предприятий [76; 116; 117; 259; 276; 325] и нередко приводятся в литературе с нормативными значениями¹, хотя и не имеют абсолютного стандарта для оценки их уровня [163]. К тому же коэффициенты $Kт.л$ и $Kо.о.с$ служат критериями удовлетворительности структуры баланса, и при $Kт.л < 2,0$ или $Kо.о.с < 0,1$ появляются основания для признания предприятия неплатежеспособным.

С введением финансовых коэффициентов открывается возможность для проведения количественного анализа взаимосвязи между ними, проверки согласованности их нормативов и определения границ области допустимых значений коэффициентов. Заметим, что, согласно определению коэффициентов $Kв.с$ и $Ko.c$ (табл. П4.1), они дополняют друг друга до единицы, т.е.

$$Kв.с + Ko.c = 1, \quad (П4.1)$$

¹ Анализ и обобщение нормативов финансовых коэффициентов, предложенных в отечественной и зарубежной литературе, см. в монографии [304].

и, накладывая нормативное ограничение $K_{o.o.c} \geq 0,1$ на формулу расчета этого коэффициента (табл. П4.1), приходим с учетом (П4.1) к неравенству:

$$K_{c.c} \geq 0,1 + 0,9K_{в.с}. \quad (\text{П4.2})$$

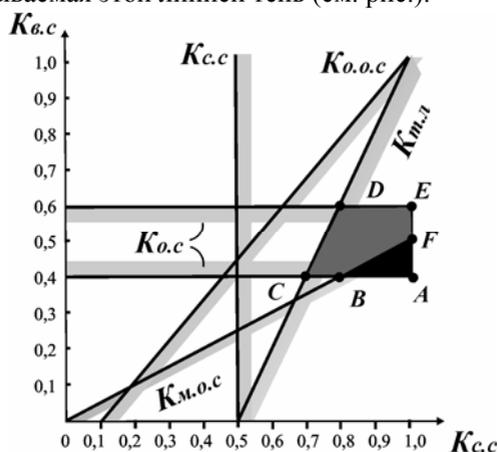
По определению (табл. П4.1) коэффициент $K_{м.о.с.}$ можно выразить через коэффициенты $K_{в.с.}$ и $K_{с.с.}$, и, полагая, что его значения должны удовлетворять рекомендуемому в литературе пороговому ограничению (0,5), запишем:

$$K_{м.о.с.} = 1 - \frac{K_{в.с.}}{K_{с.с.}} \geq 0,5,$$

и после преобразований приходим к формальному требованию:

$$K_{с.с.} \geq 2K_{в.с.} \quad (\text{П4.3})$$

В целях наглядного отображения полученных результатов можно воспользоваться двухмерной плоскостью координат и очертить на ней области исходных (до уточнения) нормативных диапазонов коэффициентов. Откладывая по оси абсцисс величину коэффициента $K_{с.с.}$, а по оси ординат – $K_{в.с.}$, построим на плоскости прямые, соответствующие граничным условиям коэффициентов. При этом прямые будут отвечать пороговым значениям тех коэффициентов, которые помечены рядом с линиями. И, поскольку математически граничные условия имеют вид нестрогих неравенств, нормативные значения коэффициентов находятся на линии и примыкающей к ней части плоскости, куда обращена отбрасываемая этой линией тень (см. рис.).



Область допустимых значений (треугольник ABF) финансовых коэффициентов

Так нормативные значения коэффициента $Kc.c$ принадлежат вертикали $Kc.c = 0,5$ и правой от нее половине плоскости, поскольку их точки удовлетворяют неравенству: $Kc.c \geq 0,5$. Допуск коэффициента $Ko.c$ определяется его нормативным диапазоном: $0,4 \leq Ko.c \leq 0,6$ и представляет собой горизонтальную полосу, ограниченную, согласно (П4.1), снизу прямой $Kв.с = 0,4$ и сверху прямой $Kв.с = 0,6$. Граничное условие коэффициента $Kт.л \geq 2,0$ равносильно соблюдению неравенства $Kв.с \leq 2Kc.c - 1$, полученного из формулы расчета коэффициента $Kт.л$ (табл. П4.1) заменой $Ko.c$ на разность (П4.1) $Ko.c = 1 - Kв.с$.

Наложенные на коэффициенты $Ko.o.c$ и $Kм.o.c$ ограничения ($Ko.o.c \geq 0,1$ и $Kм.o.c \geq 0,5$) задают области их нормативных значений, которые отвечают неравенствам (П4.2) и (П4.3) соответственно и на плоскости расположены на обозначенных ими прямых и ниже их.

Общий вывод: взаимосвязь финансовых коэффициентов приводит к тому, что установленные для них нормативы претерпевают изменения, за исключением коэффициента $Kм.o.c$. Пороговое значение $Kт.л$ повышается с 2,0 до 3,0, $Ko.c$ с 0,4 до 0,5, а рекомендуемые нормативные диапазоны коэффициентов $Kc.c$ и $Ko.o.c$ существенно сужаются, что видно из сравнения исходных (до корректировки) и уточненных по итогам анализа значений коэффициентов (табл. П4.2).

Таблица П4.2

Исходные и уточненные диапазоны нормативных значений
финансовых коэффициентов

Коэффициент	Исходный норматив	Уточненный норматив
Коэффициент автономии	$Kc.c \geq 0,5$	$0,8 \leq Kc.c \leq 1,0$
Коэффициент мобильности	$0,4 \leq Ko.c \leq 0,6$	$0,5 \leq Ko.c \leq 0,6$
Коэффициент текущей ликвидности	$Kт.л \geq 2,0$	$Kт.л \geq 3,0$
Коэффициент маневренности собственных оборотных средств предприятия	$Kм.o.c = 0,5$	$Kм.o.c = 0,5$
Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами	$Ko.o.c \geq 0,1$	$0,67 \leq Ko.o.c \leq 1,0$

Подведем итог. Проведенный анализ обнаруживает некорректность допусков рассмотренных финансовых коэффициентов. Предложенные для каждого из коэффициентов в отдельности, в комплексе нормативы противоречат друг другу и потому должны быть согласованы между собой. Иначе оценивание величины этих коэффициентов относительно принятых для них пороговых значений может дать искаженное представление о степени финансовой устойчивости предприятия.

Приложение 5
Динамика основных показателей деятельности
ОАО «Иркутскмебель»

Открытое акционерное общество «Иркутскмебель» является старейшим производственным объединением г. Иркутска. Предприятие изготавливает современную мебель в широком ассортименте: корпусная, мягкая, мебель для кухни и спальни, а также мебель по индивидуальным заказам. В цехах установлено технически прогрессивное европейское оборудование, в больших объемах проводится закупка высококачественных импортных материалов. Новое оборудование позволяет выпускать мебель из экологически чистой массивной древесины, не уступающей по качеству импортной мебели, но значительно выгодной по цене. Фирменная торговая и дилерская сеть охватывает Сибирь, Бурятию, Дальний Восток, Якутию, Алтайский край, Узбекистан. Основные экономические показатели деятельности ОАО «Иркутскмебель» в 2003–2007 гг. и рассчитанные на их основе величины находятся в табл.

Основные экономические показатели деятельности
ОАО «Иркутскмебель» в 2003–2007 гг.

№	Показатели	2003	2004	2005	2006	2007
1	Выручка от реализации продукции, тыс. р.	356247,0	415635,0	496489,0	528658,0	598532,0
2	Добавленная стоимость (выручка от реализации продукции без налогов минус материальные затраты и амортизация), тыс. р.	99154,1	119180,1	145874,5	154591,6	173609,8
3	Стоимость основных производственных фондов и нормируемых оборотных средств, тыс. р.	153210,8	163486,9	179889,5	214132,3	246265,6
4	Стоимость собственных средств предприятия, тыс. р.	204781,7	224517,5	249914,0	282900,4	315161,6
5	Стоимость имущества (валюта баланса) предприятия, тыс. р.	220151,5	246451,6	280594,2	324134,5	367526,4
6	Средняя численность промышленно- производственного персонала, чел.	272	281	286	285	228

Продолжение табл.

№	Показатели	2003	2004	2005	2006	2007
7	Фондоотдача основных производственных фондов и нормируемых оборотных средств, р./р. (стр. 1 : стр. 3)	2,33	2,54	2,76	2,47	2,43
8	Эффективность (оборачиваемость) собственных средств, Эс.с, р./р. (стр. 1 : стр. 4)	1,74	1,85	1,99	1,87	1,90
9	Производительность труда (по добавленной стоимости), ПТч, тыс. р./чел. (стр. 2 : стр. 6)	364,54	424,13	510,05	542,43	761,45
10	Удельный вес основных производственных фондов и нормируемых оборотных средств в стоимости имущества предприятия, Ко.ф, р./р. (стр. 3 : стр. 5)	0,70	0,66	0,64	0,66	0,67
11	Коэффициент автономии, Кс.с, р./р. (стр. 4 : стр. 5)	0,93	0,91	0,89	0,87	0,86
12	Уровень знаний, УЗ, тыс. р./чел. (стр. 7 х стр. 9)	849,38	1077,29	1407,74	1339,80	1850,32
13	Прибыль от реализации продукции, тыс. р.	106577,9	118562,7	140166,8	132728,7	138826,0
14	Рентабельность собственных средств предприятия (по прибыли от реализации продукции), р./р. (стр. 13 : стр. 4)	0,52	0,53	0,56	0,47	0,44
15	Рентабельность имущества предприятия (по прибыли от реализации продукции), р./р. (стр. 13 : стр. 5)	0,48	0,48	0,50	0,41	0,38
16	Себестоимость проданных товаров, тыс. р.	249016,7	296347,8	355486,1	394907,5	458475,5
17	Затраты на 1 р. собственных средств, р./р. (стр. 16 : стр. 4)	1,22	1,32	1,42	1,40	1,45

Окончание табл.

№	Показатели	2003	2004	2005	2006	2007
18	Количество наименований освоенных новых видов продукции, ед.	10	12	14	11	13
19	Чистая прибыль (после налогообложения) отчетного периода, тыс. р.	69247,0	76649,4	87720,5	90498,6	95622,9
20	Общий объем инвестиций в развитие производства, тыс. р.	3050,0	5608,0	4187,0	16534,0	3283,0
21	Управленческие расходы, тыс. р.	652,4	724,5	836,1	1021,8	1230,5
22	Стоимость технических средств (компьютеров и др.) и программных продуктов для целей управления, тыс. р.	189,0	601,0	1387,0	1793,0	2070,0

В течение 2003–2007 гг. выручка от реализации продукции возросла в 1,68 раза, добавленная стоимость в 1,75 раза, а прибыль от продажи продукции в 1,30 раза и чистая прибыль в 1,38 раза. Производительность труда (по добавленной стоимости) в этом периоде повысилась более, чем в 2 раза (2,09 раза), тогда как фондоотдача основных производственных фондов и нормируемых оборотных средств увеличилась лишь в 1,04 раза и затраты на 1 р. собственных средств в 1,19 раза. Вместе с тем последние имели тенденцию к росту (от 1,22 до 1,45 р./р.), а показатели рентабельности собственных средств и имущества предприятия варьировали в диапазонах $0,44 \div 0,56$ р./р. и $0,38 \div 0,50$ р./р. соответственно, причем меньшие из них датированы 2007 г. Монотонно уменьшалась и величина коэффициента автономии от 0,93 до 0,86, что связано с опережающим наращиванием доли краткосрочных пассивов в имуществе предприятия.

Для сохранения конкурентных позиций ОАО «Иркутскмебель» каждый год осваивало производство от 10 до 14 новых изделий и инвестировало в его развитие от 3050,0 тыс. р. (2003 г.) до 16534,0 тыс. р. (2006 г.), в результате чего значительно возросла стоимость основных производственных фондов и снизились показатели рентабельности собственных средств и имущества предприятия в 2006–2007 гг. Кроме того, предприятие с каждым годом направляло больше средств на управленческую деятельность, а также наращивание стоимости технических средств (компьютеров и др.) и программных продуктов для целей управления: за 2003–2007 гг. она возросла почти в 11 раз. Благо-

даря этому была проведена модернизация не только вычислительной техники менеджеров, но и технологии их деятельности, и рассчитанный по методике В.А. Трапезникова [268] уровень знаний системы управления вырос в 2,18 раз.

Представляет интерес провести факторный анализ зависимости коэффициента автономии $K_{с.с}$ от показателей удельного веса основных производственных фондов и нормируемых оборотных средств в стоимости имущества предприятия $K_{о.ф}$, уровня знаний $УЗ$, производительности труда по добавленной стоимости $ПТч$ и эффективности (оборачиваемости) собственных средств $Эс.с$ по формуле [313]:

$$K_{с.с} = \frac{K_{о.ф}УЗ}{ПТчЭс.с}. \quad (П5.1)$$

Таким образом, существует прямая зависимость между коэффициентом автономии $K_{с.с}$ и показателями доли основных производственных фондов и нормируемых оборотных средств $K_{о.ф}$ и уровня знаний $УЗ$, с одной стороны, и обратная связь с показателями производительности труда $ПТч$ и эффективности собственных средств $Эс.с$, с другой стороны. Динамику показателей в течение 2003–2007 гг. можно оценить по данным вышеприведенной таблицы. В частности, видим, что тенденции изменения величин коэффициента автономии $K_{с.с}$ (стр. 11) и уровня знаний $УЗ$ (стр. 12) носили преимущественно противоположный характер (лишь в 2006 г. они одновременно снизились) ввиду того, что прирост производительности труда $ПТч$ был весьма ощутимым и сопровождался сравнительно низкой неравномерностью показателя эффективности (оборачиваемости) собственных средств $Эс.с$. При этом показатели $ПТч$ и $Эс.с$ испытывали положительное воздействие повышения уровня знаний (насыщения полезной информацией) системы управления предприятием, а $K_{с.с}$ – сдерживающее влияние накопления краткосрочных пассивов.

Примечательно, что снижение уровня знаний в 2006 г. происходило одновременно с уменьшением количества наименований освоенных в том году новых видов изделий и сокращением прибыли от реализации продукции. Однако после того, как почти в 4 раза возрос общий объем инвестиций в развитие производства, в следующем, 2007 г., заметно прибавил уровень знаний и увеличились объемы добавленной стоимости и выручки от реализации продукции.

Аналитическая ценность предложенного факторного анализа состоит в том, что он позволяет раскрыть и оценить взаимодействие информационных, организационных, управленческих, экономических, финансовых и иных процессов на предприятии.

Приложение 6

Анализ устойчивости уровня прибыли от продажи продукции предприятия

На основании уравнения, которое связывает скорость аккумулируемой фактической прибыли от продажи продукции предприятия $Пр.ф(t)$ и разность между скоростями пополнения выручки $B(t)$ и расходования средств $Z(t)$:

$$\frac{dПр.ф(t)}{dt} = \frac{dB(t)}{dt} = \frac{dZ(t)}{dt}, \quad (П6.1)$$

проведем вывод условия, при выполнении которого фактическая прибыль будет не ниже планируемого уровня $Пр.п > 0$ при любых колебаниях уровня затрат $Z(t)$, а затем проанализируем устойчивость этого процесса [317].

По-видимому, для решения этой задачи в качестве управляемого параметра лучше подходит выручка от продажи продукции, поскольку затраты на ее изготовление и сбыт относительно менее подвижны и потому хуже поддаются оперативному регулированию. Чувствительным индикатором в задаче является разность между фактическим $Пр.ф(t)$ и планируемым $Пр.п$ уровнями прибыли [$Пр.ф(t) - Пр.п$], и, в зависимости от соотношения этой разности со скоростью изменения затрат $Z(t)$, будет формироваться и управляющее воздействие на выручку $B(t)$. Введем параметр β ($\beta > 0$), задавая который можно влиять на процесс обеспечения планируемого запаса прибыли $Пр.п$. Тогда, если, например, скорость нарастания затрат превышает приемлемое отклонение показателя фактической прибыли от планируемой с учетом параметра β

$$\frac{dZ(t)}{dt} \geq \beta [Пр.ф(t) - Пр.п],$$

скорость увеличения выручки должна опередить угрожающий рост затрат и не допустить снижения уровня прибыли ниже планируемого. И, наоборот, если складывается благоприятное соотношение, когда скорость нарастания затрат уступает соответствующему расхождению показателей фактической и планируемой прибыли с поправкой на параметр β :

$$\frac{dZ(t)}{dt} < \beta [Пр.ф(t) - Пр.п],$$

то выручка от продаж должна оставаться постоянной. В этом случае рост затрат до поры до времени не создает проблемы для предприятия, поскольку компенсируется «излишком» накопленной прибыли.

Объединяя оба неравенства, при такой постановке задачи скорость поступления выручки от продажи продукции $\frac{dB(t)}{dt}$ должна отвечать требованию:

$$\frac{dB(t)}{dt} = \begin{cases} \frac{dZ(t)}{dt} - \beta[Пр.ф(t) - Пр.н], & \text{если } \frac{dZ(t)}{dt} \geq \beta[Пр.ф(t) - Пр.н], \\ 0, & \text{если } \frac{dZ(t)}{dt} < \beta[Пр.ф(t) - Пр.н]. \end{cases}$$

Задача упрощается, если принять во внимание то обстоятельство, что регулирование запаса прибыли наступает в том случае, когда затраты $Z(t)$ повышаются ($\frac{dZ(t)}{dt} > 0$), а уровень фактической прибыли

$Пр.ф(t)$ ниже, чем плановой $Пр.н$, и поэтому их разность отрицательна: $[Пр.ф(t) - Пр.н] < 0$. Вследствие этого скорость нарастания затрат начинает превышать допустимое отклонение показателя фактической прибыли от планируемой. В такой нежелательной ситуации для целей управления существенно лишь условие, «включающее» механизм увеличения выручки от продажи продукции. В результате задача сводится к решению уравнения:

$$\frac{dB(t)}{dt} = \frac{dZ(t)}{dt} - \beta[Пр.ф(t) - Пр.н].$$

С подстановкой в выражение (Пб.1) полученного равенства приходим к дифференциальному уравнению:

$$\frac{dПр.ф(t)}{dt} = -\beta[Пр.ф(t) - Пр.н].$$

Для дальнейшего анализа представим данное уравнение в виде:

$$\frac{1}{\beta} \frac{dПр.ф(t)}{dt} + Пр.ф(t) = Пр.н \quad (Пб.2)$$

и приступим к поиску его решения, которое складывается из суммы произвольного частного решения $Пр.ф_ч(t)$ и общего решения $Пр.ф_{общ}(t)$ этого уравнения, т.е.

$$Пр.ф(t) = Пр.ф_ч(t) + Пр.ф_{общ}(t). \quad (Пб.3)$$

Частное решение уравнения (Пб.2) представляет собой плановую прибыль $Пр.н$ и поэтому принимаем

$$Пр.ф_ч(t) = Пр.н. \quad (Пб.4)$$

Теперь найдем общее решение однородного дифференциального уравнения:

$$\frac{1}{\beta} \frac{d\text{Пр.}\phi(t)}{dt} + \text{Пр.}\phi(t) = 0,$$

для чего составим его характеристическое уравнение:

$$\frac{1}{\beta} p + 1 = 0,$$

откуда корень этого уравнения

$$p = -\beta \quad (\text{П6.5})$$

есть действительное число. Ввиду этого общее решение будет иметь вид:

$$\text{Пр.}\phi_{\text{об}}(t) = \theta \cdot e^{pt} = \theta \cdot e^{-\beta t}, \quad (\text{П6.6})$$

а полное решение (П6.3) уравнения объединит частное (П6.4) и общее (П6.6) решения

$$\text{Пр.}\phi(t) = \text{Пр.}\phi_{\text{ч}}(t) + \text{Пр.}\phi_{\text{об}}(t) = \text{Пр.}n + \theta \cdot e^{-\beta t}. \quad (\text{П6.7})$$

Постоянную θ найдем, полагая, что в начальный момент времени имеем некоторый запас прибыли $\text{Пр.}\phi(0)$, и поэтому в соответствии с выражением (П6.7) при $t = 0$ начальное условие

$$\text{Пр.}\phi(0) = \text{Пр.}n + \theta \cdot e^{-\beta \cdot 0} = \text{Пр.}n + \theta.$$

нам дает значение постоянной:

$$\theta = \text{Пр.}\phi(0) - \text{Пр.}n.$$

Оно обладает прозрачным экономическим смыслом: величина постоянной θ есть не что иное, как отклонение исходного запаса фактической прибыли от ее планового значения.

Таким образом, согласно (П6.7), находим искомое решение уравнения (П6.2) в виде

$$\text{Пр.}\phi(t) = \text{Пр.}n + [\text{Пр.}\phi(0) - \text{Пр.}n] e^{-\beta t}, \quad (\text{П6.8})$$

которое приводит к заключению о том, что, независимо от начального условия, с течением времени ($t \rightarrow \infty$) налицо тенденция: $\text{Пр.}\phi(t) \rightarrow \text{Пр.}n$. Тем самым при любом «стартовом» запасе фактической прибыли $\text{Пр.}\phi(0)$ ее величина $\text{Пр.}\phi(t)$ неуклонно приближается к плановой прибыли $\text{Пр.}n$, свидетельствуя об асимптотической устойчивости в целом (глобальной устойчивости) показателя фактической прибыли при выбранном условии ее регулирования. Заметим, что с математической точки зрения этот вывод следует уже из того, что при положительном β действительный корень (П6.5) характеристического уравнения $p = -\beta$ имеет отрицательный знак (см. § 1.1).

Приложение 7

Оценка срока окупаемости модернизируемой системы управления предприятия

Предположим, что в настоящее время экономический эффект предприятия характеризуется величиной \mathcal{E}_1 , и оно находится перед выбором варианта модернизации системы управления, полагая в результате его внедрения достигнуть эффект предприятия $\mathcal{E}_2 > \mathcal{E}_1$. Оценим условный срок окупаемости такой системы при различных соотношениях между величинами \mathcal{E}_2 и \mathcal{E}_1 , принимая во внимание дополнительные вложения и возрастание стоимости системы управления с C_{y1} до C_{y2} [320, с. 342–353]. Срок окупаемости внедряемой системы с учетом (5.10) рассчитаем по выражению:

$$T_{ок} = \frac{C_{y2} - C_{y1}}{\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1} = \frac{C_{y2} - C_{y1}}{\mathcal{E}_{\max}(K_{\mathcal{E}2} - K_{\mathcal{E}1})} = \frac{C_{y0} \ln(1 - K_{\mathcal{E}2})^{-1} - C_{y0} \ln(1 - K_{\mathcal{E}1})^{-1}}{\mathcal{E}_{\max}(K_{\mathcal{E}2} - K_{\mathcal{E}1})}, \quad (\text{П7.1})$$

где коэффициенты $K_{\mathcal{E}1}$ и $K_{\mathcal{E}2}$ равны: $K_{\mathcal{E}1} = \frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_{\max}}$ и $K_{\mathcal{E}2} = \frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_{\max}}$. Выполняя действия в числителе дроби, найдем, что срок окупаемости системы управления определяется формулой:

$$T_{ок} = \frac{C_{y0}}{\mathcal{E}_{\max}(K_{\mathcal{E}2} - K_{\mathcal{E}1})} \ln \frac{(1 - K_{\mathcal{E}1})}{(1 - K_{\mathcal{E}2})}.$$

Если принять, что для данного предприятия и проекта модернизации его системы управления величины C_{y0} и \mathcal{E}_{\max} остаются постоянными, получим следующие относительные показатели срока окупаемости $T_{ок}$ модернизированной системы управления. При наращивании уровня экономического эффекта деятельности предприятия с $K_{\mathcal{E}1} = 0,70$ до $K_{\mathcal{E}2} = 0,80$ (с $\mathcal{E}_1 = 0,70\mathcal{E}_{\max}$ до $\mathcal{E}_2 = 0,80\mathcal{E}_{\max}$ включительно) срок окупаемости системы управления:

$$T_{ок} = \frac{C_{y0}}{\mathcal{E}_{\max}(0,80 - 0,70)} \ln \frac{(1 - 0,70)}{(1 - 0,80)} = \frac{4,06C_{y0}}{\mathcal{E}_{\max}},$$

а при увеличении с $K_{\mathcal{E}1} = 0,80$ до $K_{\mathcal{E}2} = 0,90$

$$T_{ок} = \frac{C_{y0}}{\mathcal{E}_{\max}(0,90 - 0,80)} \ln \frac{(1 - 0,80)}{(1 - 0,90)} = \frac{6,93C_{y0}}{\mathcal{E}_{\max}}$$

или в $\frac{6,93C_{y0}}{\mathcal{E}_{\max}} : \frac{4,06C_{y0}}{\mathcal{E}_{\max}} \approx 1,71$ раз больше. Ясно, что чем ближе экономический эффект предприятия к предельно возможному \mathcal{E}_{\max} , тем

продолжительнее срок окупаемости модернизированной системы управления.

Аналогичные расчеты для варианта модернизации системы управления с целью дальнейшего повышения уровня экономического эффекта деятельности предприятия с $K_{Э1} = 0,90$ до $K_{Э2} = 0,95$ (с $Э1 = 0,90Э_{\max}$ до $Э2 = 0,95Э_{\max}$ включительно) показывают, что срок ее окупаемости равен:

$$T_{ок} = \frac{C_{y0}}{\mathcal{E}_{\max}(0,90-0,95)} \ln \frac{(1-0,90)}{(1-0,95)} = \frac{13,86C_{y0}}{\mathcal{E}_{\max}},$$

и будет в $\frac{13,86C_{y0}}{\mathcal{E}_{\max}} : \frac{6,93C_{y0}}{\mathcal{E}_{\max}} \approx 2,00$ раза больше по сравнению с вариантом наращивания уровня экономического эффекта с $K_{Э1} = 0,80$ до $K_{Э2} = 0,90$.

Теперь определим условные показатели срока окупаемости системы управления, модернизируемой с целью повышения *устойчивого* уровня более высокого экономического эффекта деятельности предприятия: перехода от диапазона $0,70 \div 0,80$ ($K_{Э1}^H = 0,70$ и $K_{Э1}^G = 0,80$) к диапазону $0,80 \div 0,90$ ($K_{Э2}^H = 0,80$ и $K_{Э2}^G = 0,90$) и от него к диапазону $0,90 \div 0,95$ ($K_{Э3}^H = 0,90$ и $K_{Э3}^G = 0,95$) от максимально возможного \mathcal{E}_{\max} . Для этого, исходя из формулы (5.10), найдем выражения для расчета стоимости системы управления для всех трех диапазонов экономического эффекта:

- для первого диапазона (от $K_{Э1}^H = 0,70$ до $K_{Э1}^G = 0,80$) получим $C_{y1}^H = C_{y0} \ln(1 - K_{Э1}^H)^{-1} = C_{y0} \ln(1 - 0,70)^{-1} = 1,19C_{y0}$ для $K_{Э1}^H = 0,70$ и $C_{y1}^G = C_{y0} \ln(1 - K_{Э1}^G)^{-1} = C_{y0} \ln(1 - 0,80)^{-1} = 1,61C_{y0}$ для $K_{Э1}^G = 0,80$;

- для второго диапазона (от $K_{Э2}^H = 0,80$ до $K_{Э2}^G = 0,90$) получим $C_{y2}^H = C_{y0} \ln(1 - K_{Э2}^H)^{-1} = C_{y0} \ln(1 - 0,80)^{-1} = 1,61C_{y0}$ для $K_{Э2}^H = 0,80$ и $C_{y2}^G = C_{y0} \ln(1 - K_{Э2}^G)^{-1} = C_{y0} \ln(1 - 0,90)^{-1} = 2,30C_{y0}$ для $K_{Э2}^G = 0,90$;

- для третьего диапазона (от $K_{Э3}^H = 0,90$ и $K_{Э3}^G = 0,95$) получим $C_{y3}^H = C_{y0} \ln(1 - K_{Э3}^H)^{-1} = C_{y0} \ln(1 - 0,90)^{-1} = 2,30C_{y0}$ для $K_{Э3}^H = 0,90$ и $C_{y3}^G = C_{y0} \ln(1 - K_{Э3}^G)^{-1} = C_{y0} \ln(1 - 0,95)^{-1} = 3,00C_{y0}$ для $K_{Э3}^G = 0,95$.

В соответствии с формулой (П7.1) срок окупаемости модернизированной системы управления, обеспечивающей повышение уровня ус-

тойчивого экономического эффекта деятельности предприятия (переход от первого ко второму диапазону), составит:

$$Tок^H = \frac{C_{y2}^H - C_{y1}^H}{\mathcal{E}_{\max}(K_{\mathcal{E}2}^H - K_{\mathcal{E}1}^H)} = \frac{(1,61 - 1,91)C_{y0}}{(0,80 - 0,70)\mathcal{E}_{\max}} = \frac{4,20C_{y0}}{\mathcal{E}_{\max}}$$

для нижних и

$$Tок^G = \frac{C_{y2}^G - C_{y1}^G}{\mathcal{E}_{\max}(K_{\mathcal{E}2}^G - K_{\mathcal{E}1}^G)} = \frac{(2,30 - 1,61)C_{y0}}{(0,90 - 0,80)\mathcal{E}_{\max}} = \frac{6,90C_{y0}}{\mathcal{E}_{\max}}$$

для верхних границ первого и второго диапазонов.

Подобным же образом при переходе от второго к третьему диапазону уровня экономического эффекта предприятия срок окупаемости его модернизированной системы управления будет равен:

$$Tок^H = \frac{C_{y3}^H - C_{y2}^H}{\mathcal{E}_{\max}(K_{\mathcal{E}3}^H - K_{\mathcal{E}2}^H)} = \frac{(2,30 - 1,61)C_{y0}}{(0,90 - 0,80)\mathcal{E}_{\max}} = \frac{6,90C_{y0}}{\mathcal{E}_{\max}}$$

для нижних и

$$Tок^G = \frac{C_{y3}^G - C_{y2}^G}{\mathcal{E}_{\max}(K_{\mathcal{E}3}^G - K_{\mathcal{E}2}^G)} = \frac{(3,00 - 2,30)C_{y0}}{(0,95 - 0,90)\mathcal{E}_{\max}} = \frac{14,00C_{y0}}{\mathcal{E}_{\max}}$$

для верхних границ второго и третьего диапазонов.

Сравнивая показатели сроков окупаемости $Tок^H$ ($\frac{6,90C_{y0}}{\mathcal{E}_{\max}} : \frac{4,20C_{y0}}{\mathcal{E}_{\max}} = 1,64$) и $Tок^G$ ($\frac{14,00C_{y0}}{\mathcal{E}_{\max}} : \frac{6,90C_{y0}}{\mathcal{E}_{\max}} = 2,03$) для ниж-

них и верхних границ диапазонов соответственно, приходим к выводу о том, что повышение уровня устойчивого экономического эффекта деятельности предприятия с диапазона $0,80 \div 0,90$ от максимального возможного \mathcal{E}_{\max} до диапазона $0,90 \div 0,95$ от \mathcal{E}_{\max} сопровождается увеличением срока окупаемости системы управления в $1,64 \div 2,03$ раз по отношению к варианту модернизации системы управления, обеспечивающему переход от диапазона $0,70 \div 0,80$ к «умеренному» диапазону $0,80 \div 0,90$ от \mathcal{E}_{\max} . Тем самым, несмотря на то, что длина интервала $0,90 \div 0,95$ в два раза меньше, чем у исходных ($0,70 \div 0,80$ и $0,80 \div 0,90$), переход к нему (с максимальным приближением $\mathcal{E} \rightarrow \mathcal{E}_{\max}$) влечет за собой резкое нарастание затрат на совершенствование системы управления и продолжительности срока их окупаемости.

Научное издание

Чупров Сергей Витальевич

**УПРАВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТЬЮ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ:
ТЕОРИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ, ПРАКТИКА**

Корректор

Т. Г. Толмачева

Подготовка оригинал-макета

Т. А. Лоскутовой

ИД № 06318 от 26.11.01.

Подписано в печать 11.12.09. Формат 60х90 1/16. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 18,9. Тираж 500 экз. Заказ 15.

Издательство Байкальского государственного университета
экономики и права
664003, Иркутск, ул. Ленина, 11.

Отпечатано в РИО ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН
Иркутск, ул. Борцов Революции, 1. Тел. (395-2) 29-03-37
E-mail: arleon@rol.ru