

**Научно-технический  
журнал**  
**6 номеров в год**

**УЧРЕДИТЕЛЬ**

Институт проблем управления  
им. В.А. Трапезникова РАН

**Главный редактор**  
**И.В. Прангишвили**

**Заместители главного  
редактора**

**А.Н. Шубин, Ф.Ф. Пащенко**

**Ответственный секретарь**  
**Л.П. Боровских**

**Выпускающий редактор**  
**Л.В. Петракова**

**Региональные редсоветы  
(руководители)**

<b>Владивосток</b>	— О.В. Абрамов (4232) 31-02-02
<b>Воронеж</b>	— С.А. Баркалов (0732) 76-40-07
<b>Липецк</b>	— Л.А. Кузнецов (0742) 32-80-44
<b>Минск</b>	— А.В. Тузиков (37517) 284-21-40
<b>Тирасполь</b>	— С.И. Берилл (10-373553) 9-44-87
<b>Уфа</b>	— Б.Г. Ильясов (3472) 23-78-35

**Издатель**  
**ООО «СенСидат-Контрол»**

**Ген. директор Н.Н. Кузнецова**

Адрес редакции  
117997, ГСП-7, Москва,  
ул. Профсоюзная, д. 65, к. 104.  
Тел./факс (095) 330-42-66,  
тел. (095) 334-92-00

E-mail: datchik@ipu.ru  
www.ipu.ru/period/pu

Оригинал-макет  
и электронная версия  
подготовлены  
ООО «ЭЛЕКТРОНИФОРМ»

Отпечатано с готовых диапозитивов  
в типографии ГКС

Подписано в печать  
16.09.2005 г.

Заказ № РВ505

Журнал зарегистрирован  
в Министерстве  
Российской Федерации  
по делам печати,  
телерадиовещания  
и средств массовых  
коммуникаций

Свидетельство о регистрации  
ПИ №77-11963  
от 06 марта 2002 г.

Журнал входит в Перечень ВАК  
(Бюл. ВАК. — 2004. — № 3)

Подписные индексы:  
**81708** в каталоге Роспечати  
**38006** в объединенном каталоге  
«Пресса России»

© СенСидат-Контрол, 2005 г.

# ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

**5.2005**

## СОДЕРЖАНИЕ

### Прогнозы

Эпштейн В. Л. Электронная гиперкнига — новая эпоха в истории науки и обучения . . . . .	2
Пащенко Ф. Ф., Гусев В. Б., Антипов В. И. Последствия вступления России в ВТО . . . . .	9

### Обзоры

Антонова Г. М., Цвиркун А. Д. Оптимизационно-имитационное моделирование для решения проблем оптимизации современных сложных производственных систем . . . . .	19
---	----

### Общие вопросы теории управления

Прангишвили И. В. Повышение эффективности управления сложными организационными и социально-экономическими системами . . . . .	28
---	----

### Управление развитием крупномасштабных систем

Кульба В. В., Кононов Д. А., Чернов И. В., Янич С. С. Сценарии управления государством (на примере Союза Сербии и Черногории) . . . . .	33
Пантелеев Е. А. Роль государства в формировании благоприятной институциональной среды, обеспечивающей развитие промышленного комплекса региона (на примере г. Москвы) . . . . .	42
Цыганов В. В., Багамаев Р. А. Механизмы формирования центров капитала . . . . .	51

### Управление в социально-экономических системах

Иващенко А. А., Нижегородцев Р. М., Новиков Д. А. Инновационная и инвестиционная политика: модель смены технологий . . . . .	55
Коврига С. В. Методические и аналитические основы когнитивного подхода к SWOT-анализу . . . . .	58
Бараненко С. П. Стратегические цели компаний: их связь с тактикой и ресурсами . . . . .	64

### Моделирование систем

Кочкаров А. А., Малинецкий Г. Г. Управление безопасностью и стойкостью сложных систем в условиях внешних воздействий . . . . .	70
Абрамова Н. А. Логический подход к анализу достоверности идентификации . . . . .	77
Бунич А. Л. Системы управления с идентификатором. Ч. I . . . . .	83

### Управление в медико-биологических системах

Дартау Л. А. Феномен здоровья: концепция и прикладные аспекты . . . . .	92
---	----

### Хроника

Вадим Александрович Трапезников (к 100-летию со дня рождения) . . . . .	99
Евгений Анатольевич Микрин (к 50-летию со дня рождения) . . . . .	105
Мероприятия IFAC — Международной федерации по автоматическому управлению . . . . .	107

\* \* \*

Contents and abstracts . . . . .	108
----------------------------------	-----

УДК 655.55.681.3

# ЭЛЕКТРОННАЯ ГИПЕРКНИГА – НОВАЯ ЭПОХА В ИСТОРИИ НАУКИ И ОБУЧЕНИЯ

В. Л. Эпштейн

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова, г. Москва

Рассмотрены разновидности электронных книг, их недостатки, преимущества, добавленная потребительская стоимость, востребованность и выгоды для различных категорий пользователей. Введено понятие “электронная гиперкнига”, описаны схема и примеры реинкарнации бумажных книг. Приведены данные зарубежных маркетинговых опросов. Для повышения эффективности процессов производства, распространения, приобретения и использования научных знаний предложено создавать электронные гиперкниги и оперативные проблемно ориентированные библиотеки электронных гиперкниг.

...наступающий период лучше всего характеризовать способами использования информации, способами как бы усиления умственной деятельности человека.

В. А. Трапезников [1]

## ВВЕДЕНИЕ

На протяжении 500 лет — с тех пор как в середине XV в. Гутенберг изобрел печать с наборных литер, типографский сплав (гарт) и печатный пресс — знания и информация распространялись посредством произведений печати.

Появление электронных носителей информации, персональных компьютеров и гипертекстовых информационных технологий положило начало новой “пост-гутенберговской” эпохе, зримые приметы которой — электронные книги и электронные научные журналы.

В работах [2, 3] мы рассмотрели вопросы, касающиеся предвидимого будущего научных журналов. Данная статья посвящена электронным книгам.

В 2004 г. в США было продано электронных книг на сумму выше 2,5 млрд. долл. США. Издательство “National Academies Press”, опубликовавшее 2500 книг одновременно в виде платных бумажных и бесплатных электронных книг, сообщает, что бесплатные электронные книги увеличивают продажу платных бумажных. Ожидается, что к 2010 г. мировое производство электронных изданий в стоимостном выражении достигнет 25—30 % общего объема издательской продукции. Издательство “MIT Press” сообщает, что бесплатно загружаемые электронные копии издаваемых ими учебников увеличивают продажи бумажных.

В России эта ниша еще не занята...

Это дает шанс передовым ученым и научным институтам поднять свой рейтинг и благосостояние, а предпринимателям создать стратегически перспективный бизнес.

## 1. РАЗНОВИДНОСТИ ТРАДИЦИОННЫХ И ЭЛЕКТРОННЫХ КНИГ

### 1.1. Общая закономерность

Исторически сложилось так, что в европейских и переднеазиатских языках содержание термина *книга* (его понятие, смысл) одинаково. Греческое *билио*, латинское *либер*, семитическое *сефер*, арабское *китаб*, подобно славяно-балтийскому *книга*, трактуются одинаково: предмет; произведение; часть сочинения. Однажды появившись, как бы давно это ни было, термин этот сохраняет свою корневую неприкословенность и до наших дней [4].

Если не принимать в расчет ненаучных толкований, весь основной смысл слова *книга* так или иначе, связан с ученостью, с информацией и распространением сведений среди себе подобных, т. е. с распространением информации и знаний. “Книги, — писал Ф. Бэкон — корабли мысли, странствующие по волнам времени и бережно несущие свой драгоценный груз от поколения к поколению”.

Эта метафора наводит на мысль рассматривать *книгу* как особого рода транспортное средство, предназначенное для перемещения во времени и в пространстве не-

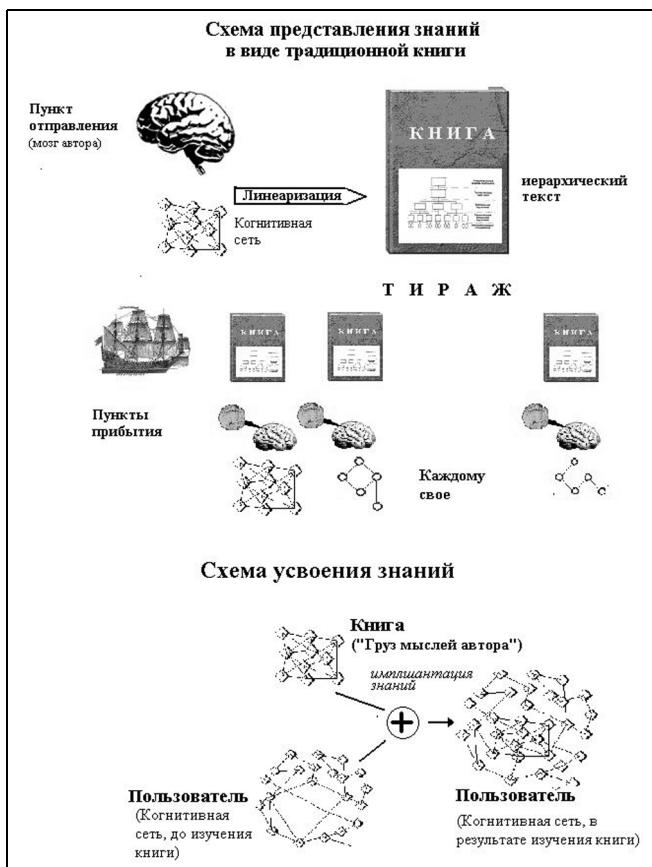


Рис. 1. Схемы представления и усвоения знаний

материальных объектов (мыслей) из пункта отправления (мозга автора) в пункт прибытия (мозг читателя) и позволяет лучше понять движущие силы истории книги и ее предвидимое будущее (рис. 1).

Общая закономерность состоит в том, что новое транспортное средство, способное доставлять груз дешевле и быстрее, неотвратимо вытесняет предшествующее.

Подобно тому, как на смену гребным судам пришли парусные, затем паровые, дизельные и атомоходы, на смену книгам в виде рукописных свитков<sup>1</sup> пришли книги в виде кодексного блока<sup>2</sup>, затем печатные книги и, уже в наше время, неотвратимо наступают электронные

<sup>1</sup> Свиток — рукопись в виде ленты, свертываемой в трубку, один из древнейших видов книги, характерный для культур Древнего Египта, а также Древней Греции и Рима. Свитки обычно изготавливались из папируса. С IV—VI вв. в Европе они вытесняются кодексами из пергамена [5].

<sup>2</sup> Кодекс (лат. codex — книга) — форма книги в виде сфанцированных листов бумаги, пергамена, ткани или другого материала, скрепленных в корешке и заключенных в обложку или переплет. Древнейший из сохранившихся пергаменных кодексов — «Кодекс Синайитicus» относится к IV в. По сравнению со свитком кодекс вмещал больший объем информации и был конструктивно прочнее. Перелистывание гибких страниц, скрепленных в корешке, оказалось более удобным для письма и чтения, чем развертывание и одновременное свертывание свитка [6].

книги, способные транспортировать груз мыслей автора несравненно быстрее и дешевле, чем бумажные по безграничным каналам Всемирной паутины Интернет.

## 1.2. Традиционные (бумажные, печатные) книги

Книги, в научном книгоиздании, различают по их читательскому назначению (для массового читателя, для специалистов, для детей), по целевому назначению (научные, учебные, справочные, литературно-художественные) и по тематике (в соответствии с библиотечно-библиографическими классификациями). К сожалению, эти классификации не позволяют ответить на вопрос о соотношении между известными типами традиционных и известными типами электронных книг.

Разделим все многообразие перечисленных видов книг на два класса по способам манипулирования ими:

- книги, которые *читают*, последовательно переворачивая страницу за страницей. К этому классу относятся книги, которые читают для развлечения, отдыха, осведомления о чем-либо, расширения кругозора и т. п. Будем называть их *книгами для чтения*;
- книги, которые *изучают*, просматривая содержание, разыскивая те или иные разделы и (или) фрагменты, читая и повторяя найденное; к этому классу относятся научные, учебные и справочные издания; их используют, преимущественно, для приобретения и обновления знаний, поиска и переработки информации, будем называть их *книгами для изучения*.

Первая, широко известная книга для изучения — Copernicus' De revolutionibus orbium coelestium — была напечатана в 1543 г. тиражом 500 (!) экземпляров.

С тех пор, на протяжении почти пяти столетий, в сфере научного книгоиздания господствует парадигма печатного кодексного блока, которая, как всякая другая, имеет свой цикл жизни.

Первые признаки кризиса парадигмы кодексного блока появились в середине прошлого века, когда стало раздражать, что традиционные книги:

- “тяжелые и толстые” (много весят и требуют много места для хранения);
- содержат много “лишней” информации (см. рис. 1);
- плохо приспособлены для быстрого просмотра, ознакомления и поиска информации;
- дороги для частного владения.

Кроме того, традиционные библиотеки как хранилища книг, наследуют их негативные качества.

## 1.3. Электронные книги

Рождение идеи электронной книги следует, по видимому, соотносить с 1945 г., когда В. Буш<sup>3</sup> описал машину (the Memex), в которой человек “...сможет хранить свои книги, записи и сообщения, и к которой сможет

<sup>3</sup> В период Второй мировой войны Ванневар Буш был директором Управления исследований и разработок США. Огромная информационная перегрузка привела его к пониманию неадекватности традиционных методов работы с отчетами, планами, программами, справочниками, энциклопедиями, книгами, статьями, нормативными документами. Основываясь на этом опыте, Буш писал: “...наши методы передачи и обозрения результатов научных исследований являются невероятно устаревшими и совершенно неадекватными своему предназначению” [7].



обращаться, как к консультанту, с растущей скоростью и гибкостью ответов” [7].

Следующими знаменательными датами в истории электронных книг являются 1965 г. когда Нельсон ввел в научный оборот понятие *гипертекст* для обозначения нелинейного представления информации, и 1991 г., когда Тим Бернерс Ли обнародовал разработанный им проект “Всемирная паутина” World Wide Web (WWW) и язык HTML (язык гипертекстовой разметки документов).

В этот же период времени возникла идея создать портативное устройство, посредством которого удобно было бы читать электронные книги-файлы. Первым в этом ряду был проект DynaBook, (1968), который не был реализован. Лишь в октябре 1998 г. почти одновременно вышли на рынок два устройства, которые можно в полном смысле этого слова назвать электронными книгами: SoftBookReader и Rocket Ebook.

Так возникла полисемия: “электронными книгами” стали называть и специализированные портативные устройства (E-book, англ.), и электронные файлы содержания книги. Это приводит к недоразумениям, во избежание которых будем называть *электронной книгой — книгу, представленную на электронном носителе информации*, и разделим это родовое понятие на следующие четыре класса.

- **Электронные книги-устройства.** Такие книги, точнее, портативные электронные библиотеки<sup>4</sup>, можно носить в портфеле, использовать для чтения в поездках и других нестационарных условиях. Их стоимость варьируется в пределах от одной до нескольких сотен долларов США, что ограничивает их применение в странах с бедным населением.
- **Электронные книги-факсимиле.** Электронные графические копии рукописных и печатных книг, помещенные в сети или записанные на оптических дисках, позволяют получить полное представление о первоисточнике. Например, в Британской библиотеке можно посмотреть тетрадь с записями Леонардо да Винчи; учебник анатомии, составленный в начале 1500 г. Андреа Везалиусом; главный текст индийских буддистов “Diamond Sutra” — пергаменный свиток, относящийся к 868 г.
- **Электронные книги-версии** печатных изданий, содержащие текстовую информацию, представленную в электронной форме, допускающей посимвольную обработку, и в основном воспроизводящие соответствующие печатные издания (расположение текста на страницах, иллюстрации, ссылки, примечания и т. п.).
- **Электронные гиперкниги** — самодостаточные, исполнимые цифровые файлы, содержащие гипертекст книги, программы для поиска информации и навигации по гиперссылкам.

Дадим следующее определение: *электронной гиперкнигой*<sup>5</sup> будем называть электронную книгу, обогащенную:

- внутренними и внешними гиперссылками;
- мультимедийными иллюстрациями;

<sup>4</sup> Например, в Rocket Ebook можно поместить около 3200 текстовых страниц, или около 10 книг среднего объема; в SoftBookReader — свыше 5000 текстовых страниц.

<sup>5</sup> Гипер ... (гр. hyper) — над, сверх, по ту сторону.

- информационно-поисковой программой;
- толковыми словарями предметной области;
- эргономичным интерфейсом<sup>6</sup>, ориентированным на антропоцентрическое информационное взаимодействие [9, 10].

Электронные книги для изучения, соответствующие этому определению, приобретают свойства, адекватные признакам нового электронно-цифрового общества<sup>7</sup>, существенными признаками которого согласно работе [11] являются: ориентация на знания, цифровая форма представления объектов, виртуализация производства, инновационная природа, интеграция, конвергенция, устранение посредников, трансформация отношений “изготовитель—потребитель”, динамизм, глобализация и ряд других (см. далее).

## 2. НЕДОСТАТКИ, ПРЕИМУЩЕСТВА И ДОБАВЛЕННАЯ СТОИМОСТЬ ЭЛЕКТРОННЫХ КНИГ

### 2.1. Недостатки электронных книг

Основной недостаток электронных книг для чтения заключается в большой нагрузке на глаза, возникающей при длительном, безотрывном чтении литературно-художественных произведений. Фирмы, работающие в этом сегменте рынка электронных книг, совершенствуют устройства (E-book), форматы и программы (ридеры) для чтения текстовой информации<sup>8</sup>.

В отличие от этого пользователи, работающие с *книгами для изучения*, не воспринимают нагрузку на глаза как недостаток. Процесс восприятия информации с экрана, даже при длительной работе, происходит принципиально иначе. Пользователь просматривает книгу; изучает отдельные разделы, не обязательно в линейной последовательности; повторяет их; осмысливает; наводит справки, обращается к указателям и другим экстратекстам, делает выписки, заметки и т. п., что необходимо для понимания и усвоения мыслей автора книги. При работе с такими книгами нагрузка на глаза оказывается существенно меньше, так как процесс чтения прерывается “технологическими” паузами и воспринимается, как нечто естественное любым современным человеком, который уже с детства привыкает часами сначала играть,

<sup>6</sup> Когнитивная эргономика — наука о том, как облегчить и улучшить умственную работу [8].

<sup>7</sup> Термин “цифровое общество” употребляется сравнительно недавно — с середины 1990-х гг. До этого для обозначения общества, в основе которого лежат, прежде всего, информационно-компьютерные технологии, был принят термин “информационное общество” или “постиндустриальное общество”.

<sup>8</sup> Лидерами в этом сегменте являются “Microsoft” с форматом Microsoft Reader, использующим шрифтовую технологию ClearType и “Adobe Systems” с форматом PDF. Свои плюсы есть у каждого из упомянутых форматов. В частности, Microsoft Reader в некоторой степени более гибкий, позволяет пользователям выбирать наиболее удобные для них параметры выводимого на экран текста. В то же время PDF имеет значительное преимущество с точки зрения отображения графической информации. По всей видимости, в ближайшем, а может быть, и в более отдаленном будущем оба формата будут сосуществовать параллельно, и одни и те же книги будут доступны как для платформы Microsoft Reader, так и для платформы Adobe Acrobat.



а потом учиться и всю жизнь работать посредством компьютера. Решающее значение приобретают преимущества электронных гиперкниг как инструмента, способствующего ускорению процессов приобретения знаний, поиска и использования информации.

## 2.2. Преимущества электронных книг

В различных литературных источниках указываются различные преимущества электронных книг по сравнению с традиционными. Далее дается их перечисление применительно к *гиперкнигам*:

- возможность моментального приобретения (по каналам Интернет);
- ускоряется поиск информации;
- ускоряется навигация (по оглавлению, индексу, глоссарию, паутине гиперссылок);
- бесплатность доставки (по каналам Интернет);
- компактность (не имеют ни веса, ни объема, а при хранении на оптическом диске можно разместить проблемно ориентированную библиотеку, удовлетворяющую все профессиональные потребности пользователя);
- долговечность;
- не требуют ухода (стирания пыли, подклеивания страниц и т. п.);
- возможность оперативного исправления, изменения, дополнения и обновления любых компонентов книги (текста, иллюстраций, системы гиперссылок);
- можно делать электронные заметки и закладки для последующего использования;
- можно копировать фрагменты текста и переносить их в другие приложения; (например, в текстовый редактор для компиляции);
- можно распечатывать отдельные фрагменты текста;
- можно автоматически протоколировать процесс изучения материала;
- можно использовать мультимедиа иллюстрации;
- можно масштабировать графические объекты;
- можно настраивать визуальное представление книги (индивидуальная настройка гарнитуры шрифта, цвета, размеров шрифта и строки);
- возможно онлайновое обращение к электронным энциклопедиям, справочникам, словарям, сайтам Интернет;
- низкая себестоимость тиражирования и распространения (нет затрат на бумагу, складирование, транспорт);
- экологичность (не нужно вырубать деревья и загрязнять окружающую среду);
- ускоряется публикация книг (благодаря уменьшению временного лага между готовностью рукописи и ее выходом в свет).

## 2.3. Добавленная потребительская стоимость

Любая вещь, добытая из природы, изготовленная человеком и обладающая для него полезностью, рассматривается как *потребительская стоимость*. Книга как продукт сложнейшего труда, конечно, тоже есть потребительская стоимость. Однако она не просто носитель знаний и информации. Она участвует в создании других потребительских стоимостей: сооружений, технологий, духовных ценностей, в формировании интеллекта и спо-

собностей самих потребителей, служит катализатором, ускорителем развития науки, техники, экономики и т. д.

Добавленную потребительскую стоимость *гиперкниги* создают:

— информационно-поисковая программа и утилиты, которые позволяют экономить время и труд, затрачиваемые на выполнение массовых информационных операций в процессах обучения, приобретения знаний, научно-литературной работы (поиск информации, закладки, заметки, выписки, распечатка, компиляция);

— механизм ассоциативной индексации, благодаря которому любой элемент информации может служить отправной точкой для немедленного автоматического выбора любого другого элемента информации [12]; этот механизм позволяет быстро просматривать содержание книги в разных аспектах, ускоряет формирование ментальной модели предметной области, порождает эффект озарения, стимулирует творческое мышление (креативность);

— средства гипермедиального представления знаний, позволяющие быстрее и точнее понимать и усваивать содержание книги, особенно если она обогащена глоссарием, указателями, системой сетевых гиперссылок, мультимедиа иллюстрациями и другими средствами и приемами гипермедиа;

— внешние гиперссылки, использование которых экономит время и труд на поиск необходимых сведений во внешних источниках информации (в Интернет и проблемно ориентированной библиотеке);

— эргономичный интерфейс, ориентированный на антропоцентрическое информационное взаимодействие<sup>9</sup> пользователя с компьютером.

## 3. ВОСТРЕБОВАННОСТЬ. ВЫГОДЫ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КАТЕГОРИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Как ни банально это звучит, но в мире, в котором мы живем, происходят революционные изменения, к которым мы не успеваем адаптироваться. То, что давало о себе знать первыми ростками в конце 1950-х гг., всего через двадцать лет, в 1970-е, стало массовым и всеобщим фактом: в США в сфере услуг начало обращаться больше денег, чем в производственном секторе; число работников, занятых в непосредственных производственных операциях, в развитых странах уменьшилось до 12–15 %; появился компьютер, информационно-коммуникационные сети; резко увеличилась скорость вхождения инноваций в широкую жизнь<sup>10</sup>; лавинообразно стала расти ценность — и цена — информации и знаний; главным

<sup>9</sup> Информационным взаимодействием называется “взаимодействие объектов, приводящее к изменению знаний хотя бы в одном из них” [9].

<sup>10</sup> Если для широкого использования фотографии потребовалось около 110 лет, а для массовой телефонии — 50, то соответствующие сроки для телевидения, транзистора и интегральной микросхемы составили, соответственно, 12, 5 и 3 года; Всемирная паутина Интернет появилась спустя всего 3 года после того как Тим Бернерс Ли предложил создать “Гипертекст для ЦЕРН”; еще 2–3 года назад невозможно было поверить, что в нищей России население приобретет более 70 млн. мобильных телефонов.

ресурсом в новой хозяйственной системе становится интеллектуальный капитал и способность людей к нововведениям и инновациям<sup>11</sup>.

В этих условиях креативность мышления, способность быстро разрешать новые научные и практические проблемы, повышать квалификацию и осуществлять переквалификацию, умение применять передовые средства и методы информационного взаимодействия становятся главным фактором общественного развития, профессионального и карьерного роста каждого современного человека.

**Каждый ученый, научный работник, преподаватель, специалист, студент** заинтересован иметь в своем компьютере оперативную библиотеку<sup>12</sup> электронных гиперкниг по собственной и смежным дисциплинам, позволяющих:

- быстрее и точнее понимать и усваивать содержание книги;
- экономить труд и время на выполнение рутинных операций поиска и обработки информации;
- взаимодействовать с компьютером, не прерывая процесс творческого мышления — отпадает необходимость обращаться в традиционную библиотеку и разыскивать в ней нужную книгу (даже если она находится здесь же, в рабочем помещении).

**Каждый автор научной книги** заинтересован в том, чтобы его труд получил возможно быстрее широкое распространение и признание. От этого зависит его академическая карьера, получение грантов и венчурных инвестиций.

В 2001 г. Лоуренс, один из создателей современного интерактивного ResearchIndex, сообщил о результатах сравнительного исследования цитируемости докладов на конференциях по информатике, вычислительной технике и связанным с ними научным дисциплинам. Оказалось, что средняя цитируемость онлайновых докладов на интервале 1989–2000 гг. на 336 % больше, чем офлайновых, и это соотношение ежегодно возрастает [13].

**Каждая библиотека** заинтересована в увеличении своих фондов, ускорении и удешевлении обслуживания абонентов. Электронные гиперкниги позволяют:

- обеспечить доступ к дополнительному количеству информационных ресурсов за счет экономии затрат;
- удовлетворить требования пользователей, желающих получать информацию на настольный компьютер;
- сократить издержки на персонал библиотеки;
- высвободить время персонала для решения задач более высокого уровня;

<sup>11</sup> Инновационная деятельность — деятельность, направленная на коммерциализацию накопленных знаний, технологий и оборудования. Результатом инновационной деятельности являются новые или дополнительные товары (услуги) или товары (услуги) с новой потребительской стоимостью.

<sup>12</sup> На один CD-ROM можно записать 100–150 гиперкниг объемом 200–250 стр. каждая. Японские компании “Matsushita Electric Industrial” и “Ricoh” совместно с университетом Осаки объявили о начале работ по созданию DVD емкостью 1,5 терабайта. Это означает, что в недалеком будущем можно будет поместить в настольный компьютер всю мировую библиотеку научной литературы.

- уменьшить затраты на помещение<sup>13</sup>.

**Каждый издатель** заинтересован в увеличении числа продаж.

Примечателен опыт издательств “Baen Books” and “National Academies Press”, которые публикуют свои новые книги в незащищенных форматах и получают прибыль от этих публикаций. Общедоступная Baen Free Library является экспериментом публикации бесплатных для скачивания полнотекстовых электронных книг. В настоящее время авторы этих книг сообщают, что увеличились их продажи.

#### 4. МАРКЕТИНГОВЫЕ ОПРОСЫ

По данным опроса, проведенного компанией “Vergaware” ([http://www.ci.ru/inform05\\_01/p04eb.htm](http://www.ci.ru/inform05_01/p04eb.htm)) среди американских студентов из 63 колледжей (как государственных, так и частных, расположенных в 22 штатах и со сроком обучения от 2 до 4 лет), 62 % респондентов предпочитают электронные учебники (eTextbooks) традиционным бумажным. Более того, 87 % респондентов считают электронные учебники значительно более интересными, чем печатные. Среди преимуществ электронных учебников респонденты отметили удобство пользования и наличие различных полезных функций, например, возможность применения видео- и гиперссылок. С помощью электронных учебников процесс обучения становится легче и быстрее. Обучаемые могут искать разнообразную информацию непосредственно в тексте, подсвечивать ключевые фрагменты, сохранять результаты своих поисков, делать различные пометки в тексте, просматривать видео- и интерактивные карты.

Более 70 % респондентов считают, что при принятии решения о приобретении электронного учебника для них “очень важны” следующие характеристики:

- способность мгновенного поиска и интеграции информации в Интернет (75 %);
- получение обновлений от издателей учебников (73 %);
- отсутствие необходимости носить с собой тяжелые книги (72 %);
- возможность настраиваемого поиска как в одной книге, так и во множестве книг и документов (71 %);
- способность организации поиска в персонально отмеченных книгах (71 %);
- возможность подкраски текста (71 %).

С этим согласуются результаты исследований фирмы “Andersen Consulting” (<http://www.arthurandersen.com/>), согласно которым респонденты относят к числу основных преимуществ электронных книг возможность поиска и отсутствие необходимости физического места для хранения книги; а к числу недостатков необходимость покупки специального устройства и(или) нескольких программ-ридеров для чтения электронных книг.

Организация “Open eBook Forum”<sup>14</sup> (<http://www.open ebook.org/>) исследовала требования, которые предъ-

<sup>13</sup> Для сведения: Научная библиотека Национальной лаборатории в Лос-Аламосе расходует только на оплату помещения более 1,3 млн. долл., что составляет 14 % общего бюджета библиотеки [14].

<sup>14</sup> Международная некоммерческая организация по вопросам торговли и стандартизации в индустрии электронных изданий.



являют к электронным книгам "продвинутые" пользователи. Обобщение ответов респондентов показало, что к числу наиболее часто упоминаемых требований относятся возможности "персонализации". Люди хотят, чтобы электронная книга позволяла:

- осуществлять поиск от строгого по отдельным словам с использованием булевых операторов до нечеткого по понятиям;
- увеличивать и уменьшать шрифт;
- увеличивать и уменьшать иллюстрации независимо от текста;
- перемещать таблицы и иллюстрации;
- делать заметки и закладки;
- подсвечивать и подчеркивать слова и фрагменты;
- распечатывать отдельные фрагменты, страницы, всю книгу;
- осуществлять экспорт фрагментов в другие приложения;
- получать толкования и произношения слов, как реакцию на двойной щелчок по слову;
- обновлять содержание книги по каналам Интернет;
- использовать для чтения обычные персональные компьютеры, ноутбуки, лэптопы, карманные;
- создавать "динамичные книжные полки", на которые можно было бы помещать или удалять электронные книги, создавать общий указатель и осуществлять поиск по всем книгам на полке.

## 5. РЕИНКАРНАЦИЯ ПЕЧАТНОЙ КНИГИ

### 5.1. Схема реинкарнации

*Реинкарнацией* печатной книги мы называем ее перевоплощение из бумажной (осозаемой) в электронную (неосозаемую) форму. Объектом реинкарнации могут быть как ранее изданные бумажные книги, так и готовящиеся для публикации рукописи.

Реинкарнация увеличивает потребительскую ценность книги, ее долговечность и число пользователей в пространстве и времени.

Технологические переходы процесса реинкарнации перечислены на рис. 2.

Публикация осуществляется на серверах Интернет и (или) на оптических (CD, DVD) дисках. После того, как гиперкнига опубликована, она становится товарным объектом гипермаркетинга — маркетинга посредством Интернет (см. рис. 2).

### 5.2. Примеры реинкарнации

**Книга: В. А. Трапезников "Управление и научно-технический прогресс"** [1]. Издана в 1983 г. издательством "Наука" в серии "Наука и технический прогресс". Объем — 224 стр. с иллюстрациями. Содержит статьи и тексты научных докладов на международных конгрессах, всесоюзных совещаниях и выступлений автора в широкой печати. При реинкарнации к исходному материалу книги добавлен "Биографический очерк" и альбом семейных фотографий.

Текст книги отсканирован и введен в компьютер посредством OCR FineReader. В процессе редактирования устранены ошибки распознавания, стандартизовано стилевое оформление, установлены гиперссылки. Конвертирование текста в гипертекст и дизайн выполнены

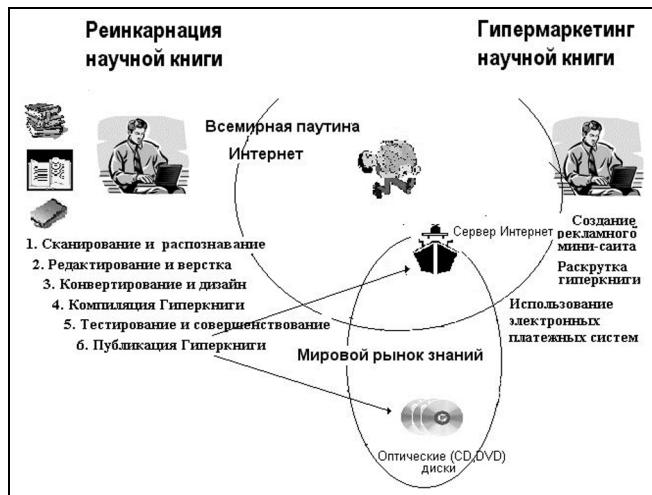


Рис. 2. Реинкарнация и гипермаркетинг научной книги

посредством гипертекстового редактора FrontPage 2000; а компиляция — посредством компилятора Natata eBook Compiler Gold.

Реинкарнированная книга (гиперкнига) имеет объем 6 МБ и распространяется бесплатно. Гипермаркетинг осуществляется посредством двухстраничного информационного мини-сайта <http://www.trap-ipu.narod.ru>

На первой странице посетитель видит аннотацию книги; ссылку для перехода на страницу, содержащую оглавление, позволяющее составить достаточно полное представление о содержании книги; адрес и контактные телефоны Института проблем управления (ИПУ); гиперссылки на сайты ИПУ и издаваемых им научных журналов.

На каждой странице имеется кнопка, нажав которую посетитель может заказать файл гиперкниги.

**Сборник статей: В. Л. Эпштейн "Предвидимое будущее научных публикаций".** В сборник включены статьи, публиковавшиеся в различных академических изданиях с 1991 по 2005 г. Реинкарнация осуществлена по той же схеме, что и вышеописанная. Объем сборника — 2 МБ. Мини-сайт находится по адресу <http://www.epstein-ipu.narod.ru>. Подобные Сборники можно составлять и оперативно пополнять, что обеспечивает их публикацию на несколько месяцев раньше, чем в печатном журнале или книге.

Это дает основание для гипотезы о перспективности "научного самиздата": Интернет и новые информационные технологии позволяют ученым самостоятельно, без посредников создавать, издавать, распространять и даже продавать свои произведения в масштабах Всемирной целевой аудитории.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Веками авторы были отделены от потребителей книг системой посредников. В эпоху рукописных книг это были писцы, чтецы и библиотекари<sup>15</sup>. В эпоху печатных книг появились типографии, редакции, издательства, книготорговые сети. Возникла целая индустрия книго-

издания, оборот которой в 2000 г. в США превысил 224 млрд. долларов, а расход бумаги 1,7 млн. т. При этом, обратная связь авторов с потребителями их продукции отсутствовала или была крайне слабой. Значение обратной связи для любой производственной системы — а наука, по определению, является системой производства знаний — в комментариях не нуждается.

Суммируя сказанное, трудно не прийти к заключению, что на смену эпохи издания научной и учебной литературы в виде печатных книг должна прийти эпоха электронных гиперкниг, доставляемых по каналам Интернет с быстрой действующей обратной связью. И дело здесь не только и не столько в экономических и гносеологических преимуществах (экономии труда и времени), сколько в новых социально-экономических потребностях новой стадии общественного развития, которую называют “информационным обществом” [15], “постиндустриальным обществом” [16], или “обществом знания” [16], или обществом, основанном на “экономике знаний” [17], или, наконец, “электронно-цифровым обществом” [11].

Все они, так или иначе, базируются на признании того факта, что информация и знания становятся главной движущей силой экономического развития и процветания глобальной цивилизации.

Осознание этой тенденции означает, что в ближайшем предвидимом будущем рейтинг и экономическое благополучие каждого ученого, научного института и научного издательства будет все больше зависеть от их способности создавать, рекламировать, использовать и продавать на мировом рынке знаний свою продукцию в виде цифровых изделий — электронных гиперкниг и проблемно ориентированных библиотек электронных гиперкниг.

Конечно, это не дает основания говорить о полном вытеснении бумажных книг электронными, но и не учитывать мощное давление новых социально-экономических факторов в пользу электронизации научной, учебной и справочной литературы, по меньшей мере, недальновидно.

В рыночной экономике, основанной на знаниях, выигрывает тот, кто, опережая других, улавливает новые тенденции и осуществляет адекватные инновации.

<sup>15</sup> Александрийская библиотека (III в. до н. э.) содержала от 100 до 700 тыс. рукописей.

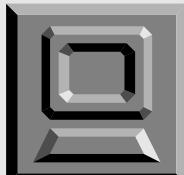
## ЛИТЕРАТУРА

1. Трапезников В. А. Управление и научно-технический прогресс. — М.: Наука, 1983.
2. Эпштейн В. Л. Предвидимое будущее научных журналов // Проблемы управления. — 2004. — № 1. — С. 2–15.
3. Эпштейн В. Л. Как увеличить подписку и прибыльность научного журнала: информационно-поисковый сборник аннотаций // Там же. — 2004. — № 4. — С. 88–92.
4. Тараканова О. Л. и др. История книги // <http://www.hi-edu.ru/e-books/HB/index.htm>
5. Большая Российская энциклопедия. — М., 2001.
6. Большая Советская энциклопедия. — 1973. — Т. 12. — С. 335.
7. Bush V. As we may think // Atlantic Monthly. — 1945. <http://www.ps.uni-sb.de/~duchier/pub/vbush/vbush.shtml>
8. Паронджанов В. Д. Как улучшить работу ума: Алгоритмы без программистов — это очень просто! — М.: Дело, 2001.
9. Кузнецов Н. А. Информационное взаимодействие в технических и живых системах. Информационные процессы. — 2001. — Т. 1. — С. 5.
10. Эпштейн В. Л. Антропоцентрическое информационное взаимодействие (вопросы терминологии) // Проблемы управления. — 2003. — № 1. — С. 28–33.
11. Дон Тенскот. Электронно-цифровое общество: Плюсы и минусы эпохи сетевого интеллекта / Пер. с анг. под ред. С. Писарева. — Киев: INT Пресс; М.: Релф бук, 1999.
12. Garret L. N., Smith K. E. and Meyrowitz N. Intermedia: issues, strategies and tactics in the design of a hypermedia document system // Proc. of 1st Conf. Computer-Supported Co-operative Work. Austin. Tx. 3–5. — Dec. 1986.
13. Lawrence W. On line or invisible? <http://www.neci.com/~lawrence/papers/online-nature01/>
14. Hoover C. Los Alamos National Laboratory Research Library. [http://www.sla.org/division/dst/cancellation\\_of\\_print\\_journals\\_a.htm](http://www.sla.org/division/dst/cancellation_of_print_journals_a.htm)
15. Белл Д. Социальные рамки информационного общества. // Новая технократическая волна на Западе / Под ред. П. С. Гуревича. — М., 1988, с. 330.
16. Новая постиндустриальная волна на Западе / Под ред. В. Л. Иноземцева. — М.: Academia, 1999.
17. Смит Б. Общество, основанное на знании: политика Европейского союза // [http://www.cultivate.ru/mag/issue1/B.Smith\\_1](http://www.cultivate.ru/mag/issue1/B.Smith_1)

☎ (095) 334-89-80

E-mail: [epstein@ipu.rssi.ru](mailto:epstein@ipu.rssi.ru)

## Новая электронная гипер книга



**В.А. Трапезников "Управление и научно-технический прогресс".** Книга выдающегося российского ученого, академика Вадима Александровича Трапезникова — ценный источник знаний для руководителей, менеджеров, экономистов, инженеров, преподавателей и ученых, интересующихся вопросами эффективных инноваций в сфере управления предприятиями и организациями.

В книге рассматриваются вопросы: управление как источник прогресса, стратегия управления, вопросы управления экономическими системами, человек в системе управления, стимулы прогресса, автоматизация как основная форма научно-технического прогресса, непосредственно связанная с управлением и др.

Огромная научная эрудиция, государственное мышление, способность предвидеть развитие науки и техники позволили В.А. Трапезникову не только внести выдающийся вклад в становление и организацию науки управления у нас в стране, но и оставить нам богатейшее научное наследие, которое еще предстоит осмыслить и использовать.

Книгу можно получить бесплатно, обратившись по адресу [epstein@ipu.rssi.ru](mailto:epstein@ipu.rssi.ru)



УДК 519.86.001.18

# ПОСЛЕДСТВИЯ ВСТУПЛЕНИЯ РОССИИ В ВТО<sup>1</sup>

Ф. Ф. Пащенко, В. Б. Гусев, В. И. Антипов

*Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова, г. Москва*

Описаны макроэкономические прогнозы на основе модели воспроизведения валового внутреннего продукта России, адаптированной к структуре статистических данных. Даны оценки результатов прогнозирования последствий вступления России в ВТО.

## ВВЕДЕНИЕ И ОПИСАНИЕ ПРОБЛЕМЫ

В течение последних десяти лет в органах власти, общественных объединениях, научной среде и средствах массовой информации ведется бурная дискуссия — вступать или не вступать России во Всемирную торговую организацию (ВТО). Если вступать, то на каких условиях и когда.

В эпоху всемирной глобализации игнорировать ВТО как элемент этого процесса невозможно. Однако надо понимать, что глобализация имеет тенденцию закреплять сегодняшнее положение в мире и сложившееся неравноправие стран. Страны, развивающиеся в сырьевом направлении, становятся сырьевым придатком стран "золотого миллиарда". Россия последние 15 лет развивается именно по такому пути. В связи с этим есть опасение, что вступление в ВТО закрепит за Россией статус сырьевого придатка, изолирует её от инновационного пути развития [1] и надолго отбросит в разряд третьестепенных стран.

В настоящее время число работ, посвящённых последствиям вступления России в ВТО, перевалило далеко за сотню и продолжает увеличиваться. Не будем обсуждать лозунги типа "ВВП России при вступлении в ВТО увеличится на 1 %", а обратим внимание на серьёзные работы [2–5].

В первых трёх из них довольно обстоятельно описывается текущее состояние и перспективы развития отраслей экономики России при вступлении в ВТО. Но все прогнозы даны на словесном уровне. Абсолютные значения и темпы изменения валового внутреннего продукта (ВВП) до 2020 г. (года завершения всех переходных процессов и выявления окончательных результатов) отсутствуют. В работе [5] дан численный прогноз развития России до 2050 г., но без упоминания о ВТО. Решая глобальную задачу инновационного развития, авторы, к сожалению, просто не заметили такой мелочи, как ВТО, без которой (по нашему мнению) Россия не сможет получить реальный доступ к передовым массовым технологиям.

Суммируя общий настрой этих и других работ можно сказать, что почти все авторы согласны с необходи-

мостью вступления в ВТО, объединяющей уже 145 стран и объём торгового оборота которых составляет 97 % мировой торговли. Но существует опасение, что даже незначительное нарушение хрупкого финансового и социального равновесия, достигнутого в России за последние пять лет, может привести к печальным последствиям: Россия ещё не имеет конкурентного "иммунитета". Поэтому имеет смысл ещё раз обсудить эту проблему с учётом новых возможностей, которые предоставляет экономистам и социологам имитационное моделирование. Данная работа — попытка дать два долгосрочных прогноза развития России: инерционного развития без вступления в ВТО и с вступлением в ВТО. Сравнение полученных траекторий поможет выбрать правильную тактику поведения государственных органов и других крупных экономических агентов.

Сильная сторона математического моделирования заключается в комплексном подходе к описанию процесса воспроизведения ВВП России, опирающемся на анализ балансов производства и распределения продукции и соединении мнений различных экспертов в единую логически непротиворечивую систему и позволяющем вычислять траектории основных макроэкономических показателей. Слабая сторона — весьма приближённое знание математиками сценарных оценок и особенностей их поведения. Здесь могут оказать помощь только экономисты. Поэтому, не претендуя на безусловную точность выводов, приглашаем экономистов к уточнению исходных данных и повторению расчётов, чтобы получить (экспертно согласованный) комплексный прогноз развития народного хозяйства России на период 2006—2020 гг. с учётом вступления в ВТО.

Для формирования долгосрочных прогнозов использовалась модель материально-вещественного аспекта воспроизведения ВВП Р1-4м, которая изложена в работах [6, 7]. Она ориентирована на статистическую отчётность [8], в которой ( помимо прочих показателей) приведены индексы физического объёма экспорта и импорта в рублях и дефляторы основных составляющих ВВП, что упрощает алгоритм подготовки исходных данных и общий алгоритм прогноза (в предыдущих публикациях экспорт и импорт оценивался в долларах).

В принятой модели экономическая деятельность имитируется тем, что каждый из секторов экономики получает свои "доходы" и принимает решение о "расходах". В качестве исходных выберем самые простые зако-

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке ОЭММПУ РАН по программе № 15.



ны регулирования в виде линейной зависимости “расходов” от “доходов”. Таким образом, общий экономический процесс трактуется как результат взаимодействия производителей товаров и услуг (корпораций), назначающих свои цены на продукцию (в форме прогноза дефляторов выпусков в основных ценах [9]), и потребителей (секторов экономики) товаров и услуг, которые сначала получают “доходы”, а потом ассигнуют финансовые ресурсы на реальное количество товаров и услуг по ценам покупателей. Затраты на промежуточное потребление у корпораций (которые в данном случае выступают как потребители) совершаются “автоматически” пропорционально выпуску и коэффициенту промежуточного потребления, значения которого определяются экспертизой. В связи с отсутствием отчётности о дефляторе промежуточного потребления была принята вынужденная гипотеза о том, что он равен дефлятору выпуска в ценах покупателей.

Инвестиционный процесс в модели трактуется как превращение инвестиций во вводы основных фондов без временного лага. Считается, что размер ассигнований на инвестиции каждого сектора пропорционален доходам каждого сектора. Доля домашних хозяйств в суммарных ассигнованиях на инвестиции невелика, но она возрастает год от года. Доля государства с течением времени неуклонно падает. Она зависит от доходов консолидированного бюджета, а доходы консолидированного бюджета пропорциональны ВВП. Поэтому ассигнования на инвестиции государства формально вычисляются в виде доли от ВВП. Наибольшую долю в инвестировании имеют отечественные корпорации, которые (в отличие от корпораций индустриально развитых стран) руководствуются не банковской кредитной ставкой, а оценками конъюнктуры своих рынков. Доля зарубежных инвесторов относительно всех инвестиций задается экспертами.

Долгосрочный прогноз (на 10–15 лет) обычно состоит из двух траекторий: опорной, отражающей инерционное развитие при сохранении сложившихся тенденций, и одной возмущенной траектории, соответствующей результатам предлагаемых мероприятий.

Под инерционным развитием экономики России будем понимать изменение основных экономических показателей по наблюдаемым тенденциям с малой интенсивностью инфляционных процессов при отсутствии серьезных внутри- и внешнеполитических возмущений (т. е. без учёта вступления в ВТО). Конус накопленных погрешностей определяется законами распределения ошибок наблюдения и прогноза параметров сценария исходных данных.

Возмущенная траектория определяется индивидуальными особенностями исследуемой проблемы. Соответствующие изменения сценария исходных данных вычисляются путём интерпретации управляющих воздействий государственных органов, изменения конъюнктуры мировых рынков и других факторов. Но в данном случае нас будут интересовать возмущения сценарных показателей (характеристик экономики России), вызванных вступлением в ВТО.

Учёт изменения таможенных пошлин и конкурентоспособности импортной продукции может быть произведен путём изменения пропорции импорта относительно выпуска отечественных производителей, учёт изменений в налогообложении — путём изменения

коэффициентов чистых налогов, учёт внедрения новых технологий — путём изменения коэффициента промежуточного потребления и производительности труда и т. д. Инфляционные процессы отражаются в модели в виде прогнозов индекса потребительских цен и дефляторов основных макроэкономических показателей, которые осуществляются экспертизой. В пределах ближайших трёх лет индекс инфляции соответствует официальному прогнозу Правительства, а затем его продолжению по тенденции.

Процессы смены технологий, выбора оптимальной кооперации предприятий, совершенствования условий труда, усиления контроля за расходованием дефицитных ресурсов, санации убыточных предприятий отражаются в модели в виде экспертных оценок изменений коэффициента промежуточного потребления, обобщённой производительности труда, фондоотдачи и ряда других параметров. Знание всех особенностей модели позволяет построить опорную (построенную по инерционным тенденциям сценарных коэффициентов) и возмущённую траектории развития экономики России. Разница показателей опорной и возмущённой траекторий позволяет дать комплексную оценку последствий вступления России в ВТО.

Рассмотрим некоторые формальные соотношения модели.

## 1. МОДЕЛЬ МАТЕРИАЛЬНО-ВЕЩЕСТВЕННОГО АСПЕКТА ВОСПРОИЗВОДСТВА ВВП

Опишем сначала основные соотношения и факторы, учитываемые в модели.

**Баланс производства и потребления.** Между стоимостью созданных отечественными производителями и приобретёнными отечественными покупателями продуктов и услуг (с учётом налогов, импорта и экспорта) существует баланс, который в системе национальных счетов (СНС) называется “счет товаров и услуг в текущих ценах”:

$$X_o(t) + IM_o(t) + NL(t) - SB(t) = Z(t) + WN(t) + YD(t) + YG(t) + YNK(t) + EX(t) + STR(t), \quad t = 0, \dots, T, \quad (1)$$

где  $X_o(t)$  — выпуск в основных ценах,  $IM_o(t)$  — импорт в ценах, аналогичных основным,  $NL(t)$  — налоги на продукты,  $SB(t)$  — субсидии на продукты,  $Z(t)$  — промежуточное потребление в ценах покупателей,  $WN(t)$  — валовое накопление в ценах покупателей,  $YD(t)$  — расходы на конечное потребление домашних хозяйств (КП ДХ) в ценах покупателей,  $YG(t)$  — расходы на конечное потребление государства (КП ГОС) в ценах покупателей,  $YNK(t)$  — расходы на конечное потребление некоммерческих организаций (КП НКО) в ценах покупателей,  $EX(t)$  — экспорт в ценах аналогичных ценам покупателей,  $STR(t)$  — статистическое расхождение,  $t$  — текущее время,  $T$  — горизонт прогноза.

Особенность этого уравнения в том, что и правая, и левая его части наблюдаются статистическими органами отдельно, что требует корректировки наблюдений путём введения балансировочного слагаемого  $STR(t)$ .

**Произведенный и используемый ВВП России  $WWP(t)$**  непосредственно не наблюдается, а является определением (т. е. комбинацией уже известных показателей) и отражает дополнительный продукт (состоящий из оте-



чественной продукции и импорта), использованный только в России и измеренный во внутренних (рыночных) ценах. Чтобы его вычислить, перенесём в уравнении (1) импорт в правую часть, а промежуточное потребление — в левую. Произведенный ВВП в рыночных ценах

$$WWP_1(t) = X_o(t) - Z(t) + CNL(t), \quad (2)$$

где  $CNL(t)$  — чистые налоги на продукты.

Тогда использованный ВВП в рыночных ценах

$$\begin{aligned} WWP_2(t) &= WN(t) + YD(t) + YG(t) + EX(t) + \\ &+ YNK(t) - IM_o(t) + STR(t). \end{aligned} \quad (3)$$

**Базисный темп ВВП  $Pw(t)$ .** Формально  $WWP_1(t) = WWP_2(t)$ , поэтому в дальнейшем будем пользоваться только обозначением  $WWP(t)$ , поясняя смысл выражения. Выразим использованный ВВП в дефляторно-темповом форме:

$$\begin{aligned} Dw(t)Pw(t)WWP(0) &= Dk(t)Pk(t)WN(0) + \\ &+ Dd(t)Pd(t)YD(0) + Dg(t)Pg(t)YG(0) + \\ &+ Dnk(t)Pnk(t)YNK(0) + De(t)Pe(t)EX(0) - \\ &- Dm(t)Pm(t)IM(0) + STR(t), \end{aligned} \quad (4)$$

где  $Dw(t)$ ,  $Dk(t)$ ,  $Dd(t)$ ,  $Dg(t)$ ,  $Dnk(t)$ ,  $De(t)$ ,  $Dm(t)$  — соответственно базисные дефляторы ВВП, валового накопления, КП ДХ, КП ГОС, КП НКО, экспорта, импорта;  $Pk(t)$ ,  $Pd(t)$ ,  $Pg(t)$ ,  $Pnk(t)$ ,  $Pe(t)$ ,  $Pm(t)$  — соответственно базисные темпы валового накопления, КП ДХ, КП ГОС, КП НКО, экспорта, импорта.

Введём обозначения для показателей в сопоставимых ценах. В дальнейшем все показатели с индексом  $s$  будут обозначать значения в сопоставимых ценах.

Используя выражения в сопоставимых ценах, придадим уравнению (4) другой вид

$$\begin{aligned} Dw(t)WWP_s(t) &= Dk(t)WN_s(t) + Dd(t)YD_s(t) + \\ &+ Dg(t)YG_s(t) + Dnk(t)YNK_s(t) + De(t)EX_s(t) - \\ &- Dm(t)IM_s(t) + STR(t). \end{aligned} \quad (5)$$

Особенность уравнения (5) в том, что при  $t = 0$  и известной правой части оно разрешимо, поскольку по определению  $WWP_s(0) = WWP(0)$ , а  $Dw(0) = 1$ . При  $t = 1, 2, \dots, T$  и известной правой части оно неразрешимо, поскольку величины  $Dw(t)$  и  $WWP_s(t)$  неизвестны.

Чтобы выйти из этого замкнутого круга, в методических указаниях Госкомстата РФ [9] сказано, что ВВП в сопоставимых ценах  $WWP_s(t)$  равен сумме валового накопления, КП ДХ, КП ГОС, КП НКО и сальдо экспорта — импорта тоже в сопоставимых ценах, т. е.

$$\begin{aligned} WWP_s(t) &= WN_s(t) + YD_s(t) + YG_s(t) + YNK_s(t) + \\ &+ EX_s(t) - IM_{os}(t). \end{aligned}$$

В действительности ни один баланс в сопоставимых ценах не наблюдается. Поэтому методическое указание Госкомстата — не более, чем метрическая гипотеза, позволяющая измерять все значения ВВП в единицах, равных базисному значению ВВП.

Запишем эту гипотезу в темповой форме [6]:

$$\begin{aligned} Pw(t)WWP(0) &= Pn(t)WN(0) + Pd(t)YD(0) + \\ &+ Pg(t)YG(0) + Pnk(t)YNK(0) + Pe(t)EX(0) - \\ &- Pm_o(t)IM_o(0) + STR(0). \end{aligned} \quad (6)$$

Разделив выражение (6) на  $WWP(0)$  (известное значение), получим выражение для базисного темпа использованного ВВП:

$$\begin{aligned} Pw(t) &= Pn(t)WN(0)/WWP(0) + Pd(t)YD(0)/WWP(0) + \\ &+ Pg(t)YG(0)/WWP(0) + Pnk(t)YNK(0)/WWP(0) + \\ &+ Pe(t)EX(0)/WWP(0) - Pm(t)IM(0)/WWP(0) + \\ &+ STR(0)/WWP(0). \end{aligned} \quad (7)$$

После чего  $WWP_s(t) = Pw(t)WWP(0)$ , годовой темп ВВП  $pW(t) = Pw(t)/Pw(t-1)$ , а базисный дефлятор ВВП  $Dw(t) = WWP(t)/WWP_s(t)$ .

Используя предложенный Госкомстата подход [9], можно сформулировать метрическую гипотезу и для произведенного ВВП. Например,

$$\begin{aligned} WWP_s(t) &= X_{os}(t) - Z_s(t) + CNL(0) \\ \text{или } Pw(t)WWP(0) &= X_{os}(t) - Z_s(t) + CNL(0), \end{aligned} \quad (8)$$

где  $CNL(0)$  — базисное значение чистого налога на продукты.

Отсюда получим базисный темп и базисный дефлятор произведенного ВВП

$$\begin{aligned} Pw(t) &= (X_{os}(t) - Z_s(t) + CNL(0))/WWP(0), \\ Dw(t) &= WWP(t)/WWP_s(t). \end{aligned} \quad (9)$$

**Выпуск в ценах покупателей** определяется как

$$X(t) = X_o(t) + IM_o(t) + CNL(t).$$

Примем метрическую гипотезу для выпуска в ценах покупателей в следующем виде

$$\begin{aligned} X_s(t) &= Px(t)X(0) = Z_s(t) + WN_s(t) + YD_s(t) + \\ &+ YG_s(t) + YNK_s(t) + EX_s(t) + STR(0), \end{aligned} \quad (10)$$

откуда выражение для базисного темпа и базисного дефлятора выпуска в ЦП

$$\begin{aligned} Px(t) &= (Z_s(t) + WN_s(t) + YD_s(t) + YG_s(t) + \\ &+ YNK_s(t) + EX_s(t) + STR(0))/X(0), \end{aligned} \quad (11)$$

$$Dx(t) = X(t)/X_s(t). \quad (12)$$

Зная выпуск в сопоставимых ценах покупателя, можно определить выпуск в сопоставимых ОЦ, и приняв следующую метрическую гипотезу

$$X_{os}(t) = X_s(t) - IM_s(t) - CNL(0), \quad (13)$$

получить

$$\begin{aligned} PX_o(t) &= (X_s(t) - IM_s(t) - CNL(0))/X_o(0), \\ DX_o(t) &= X_o(t)/X_{os}(t). \end{aligned} \quad (14)$$

**Коэффициент промежуточного потребления** (КПП)  $a(t)$  показывает, сколько было истрачено на промежуточное потребление при выпуске товаров и услуг на 1 руб., т. е.  $a(t) = Z(t)/X(t)$ . Стоимость выпуска и промежуточного потребления измеряется в ценах покупателей. Это комплексный показатель, в котором отражаются успехи технологического перевооружения всех отраслей экономики, совершенствование организации труда, санация нерентабельных производств, изменение структуры производства и потребления. С 1993 г. наблюдается тенденция падения этого коэффициента, что говорит о благотворном влиянии нового хозяйственного механизма



ма на качество экономических процессов в российской экономике. В значительной степени это объясняется тем, что несмотря на четырехкратное сокращение общего объема инвестиций с 1993 г., увеличение доли затрат на новую технику в составе инвестиций в основной капитал (ОК) сейчас (по экспертным оценкам) колеблется от 60 до 80 %. В СССР она не превышала 20 %. Вступление в ВТО оживит конкуренцию, увеличит объемы выбытия старого технологического оборудования и ускорит процесс ликвидации нерентабельных предприятий, что приведет к дополнительному снижению КПП.

**Коэффициент импорта (КИ)**  $b_o(t)$  показывает стоимость импортных товаров, приходящихся на выпуск отечественной продукции в один рубль, т. е.  $b_o(t) = IM_o(t)/X_o(t)$ . Стоимость отечественного выпуска изменяется в основных ценах, а импорта — в ценах, аналогичных основным.

Если импорт и выпуск представить в дефляторной форме, то

$$b_o(t) = IM_o(t)/X_o(t) = Dm_o(t)IM_{os}(t)/DX_o(t)X_{os}(t) = m_o(t)/DX_o(t)(IM_{os}(t)/X_{os}(t)) = Rb_o(t)b_{os}(t), \quad (15)$$

где  $Rb_o(t)$  — окраска КИ;  $b_{os}(t)$  — КИ в сопоставимых основных ценах, или

$$b_o(t) = Rb_o(t)b_{os}(t). \quad (16)$$

Коэффициент  $b_{os}(t)$  (коэффициент реального импорта), начиная с 2000 г. интенсивно растет, но при этом уменьшается (бледнеет) окраска  $Rb_o(t)$ . Это значит, что осредненные цены импортных товаров на внутреннем рынке становятся меньше, чем цены аналогичных отечественных товаров. Эта демпинговая тенденция является следствием массового завоза дешевых товаров из Китая и Юго-Восточной Азии в обмен на поставки оружия. При вступлении в ВТО следует ожидать повышения реальной доли импортных товаров и их цен на внутреннем рынке, т. е. увеличения сценарных значений коэффициента  $b_{os}(t)$  и перелома тенденции роста  $Rb_o(t)$ .

**Коэффициент валового накопления**  $v(t)$  показывает стоимость валового накопления, приходящуюся на один рубль инвестиций в ОК, т. е.  $v(t) = WN(t)/IN(t)$ .

Валовое накопление  $WN$  имеет сложную структуру:

$$WN(t) = WNK(t) + IZO(t) + PCN(t), \quad (17)$$

где  $WNK(t)$  — валовое накопление основного капитала,  $IZO(t)$  — изменение запасов материальных оборотных средств,  $PCN(t)$  — чистое приобретение ценностей. В свою очередь,  $WNK(t) = IN(t) + KR(t) + NMA(t)$ ,  $IZO(t) = INZ(t) + PRI(t)$ , где  $IN(t)$  — ресурсы для инвестиций в основной капитал,  $KR(t)$  — ресурсы для капитального ремонта,  $NMA(t)$  — инвестиции в нематериальные активы,  $INZ(t)$  — изменение стоимости незавершенного строительства в ценах базисного года,  $PRI(t)$  — прочие составляющие прироста запасов материальных оборотных средств.

На первом этапе развития модели мы будем считать инвестиции в ОК основным фактором, влияющим на величину значения валового продукта, но в дальнейшем предстоит большая работа по оценке влияния всех прочих факторов. В силу большой инерционности инвести-

ционных процессов вступление в ВТО, по-видимому, никак не отразится на прогнозе этого коэффициента.

**Коэффициенты чистых налогов** — это отношения:

$$n_1(t) = CNL(t)/X_o(t) \quad (18)$$

— коэффициент чистых налогов на продукты и

$$n_2(t) = CNP(t)/(X_o(t) + IM_o(t)) \quad (19)$$

— коэффициент чистых налогов на производство и импорт.

До 2000 г., несмотря на все заявления Правительства о необходимости смягчения налогового бремени, чистые налоги росли быстрее, чем выпуск. В 2001—2002 гг. эта тенденция была нарушена соответствующими действиями министерства финансов. Вступление в ВТО скачкообразно понизит прогнозные значения этих коэффициентов.

**Коэффициенты закупок резидентов и нерезидентов.** Граждане России, находящиеся за рубежом, закупают продукты первой необходимости за рубежом. Но эти деньги  $PZR(t)$  берутся из доходов домашних хозяйств, уменьшая отечественные ассигнования на КП ДХ. С другой стороны, иностранные граждане (приезжающие в Россию) закупают тоже предметы первой необходимости у нас  $PZNR(t)$ , что формально учитывается как конечное потребление домашних хозяйств. Поэтому ассигнования на приобретение товаров и услуг домашними хозяйствами сокращаются на величину покупок "резидентов" и увеличивается на величину покупок "нерезидентов", т. е.

$$YD(t) = asg YD(t) - PZR(t) + PZNR(t).$$

Преобразуем данное равенство к следующему виду:

$$YD(t) = asg YD(t)/(1 + q_1(t) - q_2(t)), \quad (20)$$

где  $q_1(t) = PZR(t)/YD(t)$ ,  $q_2(t) = PZNR(t)/YD(t)$ .

Соотношение (20) позволяет по размеру ассигнований домашних хозяйств определять значение КП ДХ с учётом прогноза коэффициентов закупок.

**Коэффициент расходов на КП НКО**  $gNK(t)$  показывает, какую долю (относительно расходов на КП ГОС) составляют расходы на КП НКО, т. е.

$$gNK(t) = YNK(t)/YG(t). \quad (21)$$

Конечное потребление некоммерческих организаций, обслуживающих домашние хозяйства — важная часть расходов системы социального обеспечения населения, которые включают в себя затраты на содержание жилищно-коммунального хозяйства, дошкольных учреждений, школ, больниц, вузов и т. д.

**Коэффициент перевода инвестиций во вводы**  $kpr(t)$  показывает, стоимость вводов в основных ценах 1995 г. в данном году при инвестициях в ОК, равных одному рублю в сопоставимых ценах 1995 г., т. е.

$$kpr(t) = WW_s(t)/IN_s(t), \quad (22)$$

где  $WW_s(t)$  — вводы основных фондов (ОФ) в ценах базисного года,  $IN_s(t)$  — инвестиции в ОК в ценах базисного года. При стационарном экономическом процессе этот коэффициент в силу затрат, не принимаемых на баланс при сдаче в эксплуатацию ОФ (транспортные



расходы, расходы на монтаж оборудования, обучение персонала, охрану строительства и т. д.) не превышает единицы и колеблется около 0,9. Но в период реформ и спада производства в российской экономике накопился большой объем незавершённого строительства, который при соответствующей конъюнктуре может быть быстро превращён во вводы. Поэтому иногда коэффициент может и превышать единицу.

**Коэффициент выбытия ОФ  $kwb(t)$**  — это отношение стоимости выбывших ОФ к концу года к стоимости основных фондов на начало года. Но это слишком общее определение. Нас будет интересовать коэффициент выбытия в сопоставимых ценах. Чтобы вычислить этот коэффициент самостоятельно, необходимо знание динамики основных фондов в ценах 1995 г. Официальная статистическая отчётность оперирует ОФ на начало года и показывает цепные темпы их роста  $pF(t)$ , что позволяет построить последовательность ОФ в сопоставимых ценах с 1995 по 2002 г. Для этого воспользуемся балансовым соотношением для ОФ в сопоставимых ценах:

$$F_s(t+1) = F_s(t) + WW_s(t) - WB_s(t), \quad (23)$$

где  $F_s(t)$  — ОФ в ценах базисного года на начало года,  $WW_s(t)$  — вводы ОФ в ценах базисного года,  $WB_s(t)$  — выбытие ОФ в ценах базисного года, которое после подстановки коэффициента выбытия трансформируется к следующему виду:

$$F_s(t+1) = F_s(t) + WW_s(t) - kwb(t)F_s(t),$$

$$\text{откуда } kwb(t) = 1 + WW_s(t)/F_s(t+1) - pF(t).$$

Существующая статистическая отчётность даёт возможность оценить последовательность величин  $WW_s(t)$  на интервале 1995—2002 гг., что позволяет вычислить коэффициент выбытия для интервала 1996—2002 гг. Возрастание коэффициента на интервале 1996—2002 гг. свидетельствует об интенсивной ликвидации старого или неэффективного оборудования. Прогноз коэффициента выполнен по тенденции возрастания, поскольку отечественные ОФ весьма изношены как морально, так и физически. Вступление в ВТО ускорит процесс ликвидации старого оборудования и плавно приведёт к ещё большему возрастанию значений этого коэффициента.

**Производительность труда и фондоотдача.** Для определения производительности труда необходимо знать выпуск в сопоставимых ценах и число занятых, но, если мигрант (не гражданин России) проработал в России более года, он учитывается в числе занятых. Поэтому официальную отчётность о числе занятых следует понимать как сумму числа занятых россиян  $L(t)$  и числа мигрантов  $TM(t)$ . Данные о числе постоянно работающих мигрантов отсутствуют и, кроме того, отсутствует отчётность о дефляторе выпуска в основных ценах. Это значит, что оценить по официальным данным производительность труда россиян в сопоставимых основных ценах невозможно. Поэтому в блоке подготовки исходных данных модели был оценен дефлятор выпуска в основных ценах, а оценка трудовой миграции была принята в виде линейного тренда со значением в 3 млн. в 1995 г. и 5 млн. чел. в 2005 г. Величина  $L(t) + TM(t)$  названа распологаемым числом занятых  $RL(t)$ . После этого наблюдаемые значения осреднённой производительности тру-

да  $POS(t)$  и осреднённой фондоотдачи  $fOS(t)$  в сопоставимых ценах 1995 г. рассчитывались традиционно

$$POS(t) = X_{os}(t)/RL(t), \quad (24)$$

$$fOS(t) = X_{os}(t)/F_R(t), \quad (25)$$

$$\text{где } F_R(t) = (F_s(t+1) + F_s(t))/2.$$

Следует отметить положительную тенденцию роста производительности труда и фондоотдачи после 1998 г., которая, вероятно, сохранится в обозримой перспективе.

Вступление в ВТО приведёт к постепенному возрастанию производительности труда и, по-видимому, понизит тенденцию фондоотдачи в связи с интенсификацией поставок нового (и следовательно, дорогого) оборудования.

Знание тенденций фондоотдачи и производительности труда позволяет определять “физическую” границу отечественного выпуска в сопоставимых основных ценах и потребное число занятых в будущем. Будем считать, что верхняя граница отечественного выпуска  $X_{os}(t)$  определяется только объёмом основных фондов  $F_R(t)$  и фондоотдачей  $fOS(t)$ . Таким образом,

$$X_{os}(t) < F_R(t)fOS(t). \quad (26)$$

Будем считать, что потребное число занятых  $PL(t)$  определяется исключительно уровнем отечественного выпуска и производительностью труда  $POS(t)$ :

$$PL(t) = X_{os}(t)/POS(t). \quad (27)$$

**Отечественная занятость, безработица и трудовая миграция.** Сейчас трудовые ресурсы практически свободно поступают из стран, сопредельных России. Поэтому будем считать, что потребному числу занятых  $PL(t)$  всегда соответствует располагаемое числу занятых  $RL(t)$ . Эта гипотеза приводит к более тщательной проработке определения минимального числа безработных россиян и способах прогноза трудовой миграции. Введём понятие трудового потенциала России  $TP(t)$ , который определим следующим образом:

$$TP(t) = (ma(t) - ^mb(t))N(t) + ^TM(t), \quad (28)$$

где  $ma(t)$  — доля экономически активного населения,  $^mb(t)$  — минимальная доля безработных,  $^TM(t)$  — номинальное значение трудовой миграции.

Учёт минимальной доли безработных необходим потому, что как бы велико не было потребное количество занятых, безработные (в силу причин, связанных с психологией людей и техникой статистического учёта) будут всегда. Учёт номинального значения трудовой миграции необходим потому, что как бы мало не было потребное число занятых, мигранты не потеряют свою работу, так как занимают самые непrestижные и трудоёмкие секторы рынка труда с минимальной оплатой труда. Таким образом, если  $PL(t) < TP(t)$ , то число занятых и безработных

$$L(t) = PL(t) - ^TM(t), \quad TM(t) = ^TM(t) \\ \text{и } BZ(t) = ma(t)N(t) - L(t); \quad (29)$$

если  $PL(t) > TP(t)$ , то

$$BZ(t) = ^ma(t)N(t), \quad L(t) = ma(t)N(t) \\ \text{и } TM(t) = PL(t) - L(t). \quad (30)$$



Прогноз населения России производился по эмпирической формуле

$$N(t) = N(t-1) - 0,9 \text{ млн. чел.} \quad (31)$$

Вступление в ВТО никак не отразится на динамике численности населения России, которое будет неуклонно сокращаться. Доли экономически активного населения и безработных практически постоянны. Вступление в ВТО никак не отразится на прогнозе этих пропорций.

**Динамика основных фондов в сопоставимых ценах**  $F_s(t)$ , которые определяются соотношением

$$F_s(t+1) = (1 - kwb(t))F_s(t) + kpr(t)IN(t)/Dn(t), \quad (32)$$

где  $F_s(t)$  — основные фонды на начало года в ценах базисного года;  $kwb(t)$  — коэффициент выбытия основных фондов в отрасли;  $kpr(t)$  — коэффициент перевода инвестиций в основной капитал во вводы основных фондов;  $IN(t)$  — инвестиции в основной капитал в текущих ценах;  $Dn(t)$  — базисный дефлятор инвестиций (в ценах покупателей).

Официальная отчётность оперирует понятием ОФ на начало года, поэтому при расчёте фондоотдачи пришлось использовать среднегодовое значение ОФ ( $F_R(t)$ ).

**Инвестиции в основной капитал**  $IN(t)$  представлены в виде суммы инвестиций секторов экономики, т. е.

$$IN(t) = IN_1(t) + IN_2(t) + IN_3(t) + IN_4(t), \quad (33)$$

где  $IN_1(t)$  — государственные инвестиции в ОК;  $IN_2(t)$  — инвестиции корпораций в ОК;  $IN_3(t)$  — инвестиции в ОК домашних хозяйств;  $IN_4(t)$  — прямые иностранные инвестиции.

Вектор с компонентами

$$\begin{aligned} dI_1(t) &= IN_1(t)/IN(t), & dI_2(t) &= IN_2(t)/IN(t), \\ dI_3(t) &= IN_3(t)/IN(t), & dI_4(t) &= IN_4(t)/IN(t) \end{aligned}$$

будем называть структурой инвестиций в ОК по секторам экономики. Последние десять лет она динамично трансформируется в сторону уменьшения доли государственного финансирования и увеличения доли корпораций, иностранных инвесторов и домашних хозяйств. Численные значения долей инвестирования каждого сектора на промежутке 1995—2002 гг. приведены в таблице.

Процесс имитации финансирования инвестиций отражает тривиальное теоретически и нереальное практическое явление: финансовые ресурсы каждого сектора, выделяемые на инвестиции в ОК, равны стоимости товаров и услуг, составляющих материальное наполнение инвестиций, т. е.

$IN_1(t) = asgIN_1(t)$  (ассигнования на инвестиции в ОК государства),

#### Доли инвестирования секторов экономики

Инвестиции	Годы							
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
$dI_1(t)$	0,376	0,324	0,299	0,280	0,275	0,284	0,27	0,240
$dI_2(t)$	0,584	0,592	0,632	0,628	0,606	0,627	0,643	0,647
$dI_3(t)$	0,025	0,040	0,047	0,064	0,061	0,047	0,047	0,054
$dI_4(t)$	0,015	0,044	0,022	0,027	0,057	0,042	0,040	0,032



странах, с которыми мы хотим свободно торговать. Чтобы выправить существующее положение, этот коэффициент ещё долгие годы у нас должен быть больше единицы. Представители естественных монополий, металлурги, связисты и транспортники стремятся установить внутренние цены на свою продукцию, близкую к мировым, забывая делать то же самое с оплатой труда. Бытует мнение, что повышение оплаты труда приводит к падению рентабельности производства, а следовательно, и конкурентоспособности продукции. Это справедливо при локальном повышении оплаты труда только на одном предприятии, которое действительно потеряет свою долю рынка из-за повышения цен. Но одновременное повышение оплаты труда на всех предприятиях ставит все предприятия в равные конкурентные условия, порождая дополнительный внутренний спрос, который (в свою очередь) приводит к увеличению выпуска продукции и прибыли. На внешних рынках мы продаём в основном сырьё и полуфабрикаты, поэтому при повышении оплаты труда качество и конкурентоспособность этой продукции не уменьшается. Поэтому выручка от экспорта (в валюте) не уменьшится. Уменьшится только внутренняя прибыль (в рублях) от внешнеторговых операций. Но ещё не известно, какая составляющая перевесит: дополнительная прибыль от расширения внутреннего рынка или её потеря от внешнеторговых операций. В любом случае Правительству и профсоюзам необходимо публично заявить о своей позиции при выборе стратегии повышения оплаты труда.

Стремительный рост коэффициента  $kRU(t)$  за последние пять лет объясняется не столько экономическим ростом, сколько глубиной обнищания населения, достигнутого к 1998 г. после "блестящего" проведенных реформ. Мы только начали приближаться к дореформенному уровню потребления. Прогноз инерционного развития выполнен при условии сохранения наблюдаемой тенденции повышения реальной оплаты труда. Вступление в ВТО приведёт к повышению этого коэффициента после 2010 г.

**Реакция секторов экономики.** Примем следующие гипотезы о финансовом поведении секторов экономики.

- Ассигнования государства на конечное потребление и инвестиции в ОК пропорциональны ВВП:

$$asgYG(t) = h_1(t) WWP(t), \quad (38)$$

$$asgIN_1(t) = h_2(t) WWP(t), \quad (39)$$

где  $h_1(t)$  — мультипликатор конечного потребления государства;  $h_2(t)$  — мультипликатор инвестиций государства.

- Расходы домашних хозяйств на конечное потребление  $asgYD(t)$  и инвестиции в ОК  $asgIN_3(t)$  пропорциональны доходам домашних хозяйств  $DH(t)$ :

$$DH(t) = OT(t) RL(t) + h_3(t) WWP(t), \quad (40)$$

$$asgYD(t) = h_4(t) DH(t), \quad (41)$$

$$asgIN_3(t) = h_5(t) DH(t), \quad (42)$$

где  $h_3(t)$  — доля прочих поступлений в доходы домашних хозяйств;  $h_4(t)$  — доля ассигнований домашних хозяйств на конечное потребление;  $h_5(t)$  — доля ассигнований домашних хозяйств на инвестиции в ОК.

- Ассигнования корпораций на инвестиции  $asgIN_2(t)$  пропорциональны валовой прибыли и валовым смешанным доходам  $WPR(t)$ :

$$asgIN_2(t) = h_6(t) WPR(t), \quad (43)$$

где  $h_6(t)$  — мультипликатор инвестиций корпораций.

- Ассигнования корпораций на промежуточное потребление совершаются "автоматически" и определяются производственной необходимостью. Размер ассигнований равен размеру промежуточного потребления  $Z(t)$  в ценах покупателей.

В качестве рабочей гипотезы будем считать, что характеристики секторов  $h_1(t)$ — $h_6(t)$  при вступлении в ВТО не изменятся.

**Дефляторы составляющих ВВП, экспорта, импорта, инвестиций и ОФ.** В модели используется упрощённое описание инфляционных процессов, опирающийся на прогноз индекса потребительских цен  $ip(t)$ , который в модели на ближайшие три года соответствует прогнозу Минэкономразвития и по тенденции продолжается экспертами дальше. На основе прогноза базисного индекса потребительских цен

$$IPC(t) = IPC(t-1) ip(t)$$

и значений коэффициентов взаимосвязи строятся прогнозы дефляторов валового накопления  $Dk(t)$ , КП ДХ  $Dd(t)$ , КП ГОС  $Dg(t)$ , КП НКО  $Dnk(t)$ , экспорта  $De(t)$ , инвестиций  $Dn(t)$ , основных фондов  $Df(t)$  и вводов  $Dww(t)$ .

$$\begin{aligned} Dk(t) &= kDk(t) IPC(t), & De(t) &= kDe(t) IPC(t), \\ Dd(t) &= kDd(t) IPC(t), & Dn(t) &= kDn(t) IPC(t), \\ Dg(t) &= kDg(t) IPC(t), & Df(t) &= kDf(t) IPC(t), \\ Dnk(t) &= kDnk(t) IPC(t), & Dww(t) &= kDww(t) IPC(t). \end{aligned} \quad (44)$$

После глобальных ценовых "возмущений" 1998—1999 гг. происходит интенсивная перестройка системы цен на всех рынках продуктов и услуг, инерционные тенденции которых были учтены в прогнозе коэффициентов дефляторов.

Прогноз дефлятора импорта в сценарии исходных данных не осуществляется потому, что (согласно гипотезам модели) импорт вычисляется как экспериментально заданная пропорция (которая имеет свою окраску) от отечественного выпуска. Дефлятор импорта вычисляется в алгоритме модели после вычисления дефлятора выпуска в основных ценах.

Вступление в ВТО, безусловно, внесёт свою "лепту" в эти процессы, увеличив индекс потребительских цен, коэффициенты дефляторов конечного потребления и импорта, что автоматически приведёт к росту основных цен выпуска.

**Порядок расчётов по модели.** Сформулируем в рамках принятых определений простейшую прогностическую задачу:

— дано описание взаимосвязи показателей экономического процесса (1)—(44);

— даны некоторые исходные данные о состоянии экономики России (основание прогноза — интервал 1995—2003 гг.), которые можно экстраполировать на заданный промежуток времени (горизонт прогноза — интервал 2004—2020 гг.). Эти данные полностью определяют результаты расчета (прогноз) и таким образом задают сценарий прогноза в зависимости от метода экстраполяции и (или) мнения эксперта;

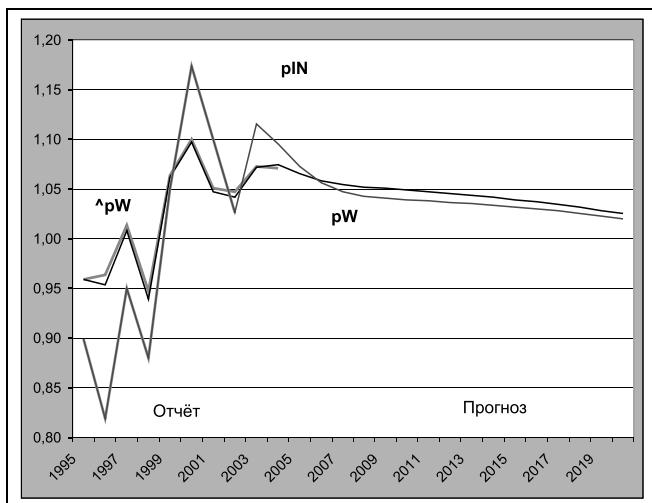


Рис. 1. Темпы роста ВВП и инвестиций в ОК для инерционной траектории

— необходимо рассчитать показатели экономического процесса на интервале 2004—2020 гг. таким образом, чтобы на всем протяжении прогнозной траектории показатели развития материальной сферы экономики соответствовали бы финансовым и материальным связям, отражающим балансовые и метрические соотношения.

С математической точки зрения решение поставленной задачи сводится к решению задачи Коши при известных начальных значениях, т. е. построению траектории основных фондов, которые вычисляются по соотношениям (32) при известных значениях инвестиций в ОК. Но определение объёма инвестиций возможно только после согласования материальных и финансовых показателей развития экономики в каждом году отдельно, что требует дополнительно в каждом году прогнозного периода решения системы нелинейных уравнений, отражающих гипотезы модели и балансовые соотношения СНС.

## 2. СРАВНЕНИЕ ВОЗМУЩЕННОЙ И ИНЕРЦИОННОЙ ТРАЕКТОРИЙ

Будем считать, что официальное вступление России в ВТО произойдёт в 2006 г. и первые три года не принесут существенных различий в течение общего воспроизводственного процесса. Будут происходить организационные изменения, подготавливающие инфраструктуру новых взаимоотношений с внешним миром. Заметные изменения в сценарных показателях начнутся с 2008 г. Затем различия в сценарии и результирующих показателях будут нарастать. Эти различия будут следствием ускорения процессов выбытия и обновления основных фондов, которые будут обладать повышенным ресурсосбережением и трудосбережением. В частности, ресурсосбережение скажется на коэффициенте промежуточного потребления, который с 2010 г. начнёт понижаться более интенсивно, чем при инерционном развитии.

Коэффициент выбытия в связи с ускоренной сменой оборудования также увеличит своё значение.

Увеличится темп роста реальной производительности труда, что приведёт к увеличению значения коэффициента РУОТ относительно траектории инерционного

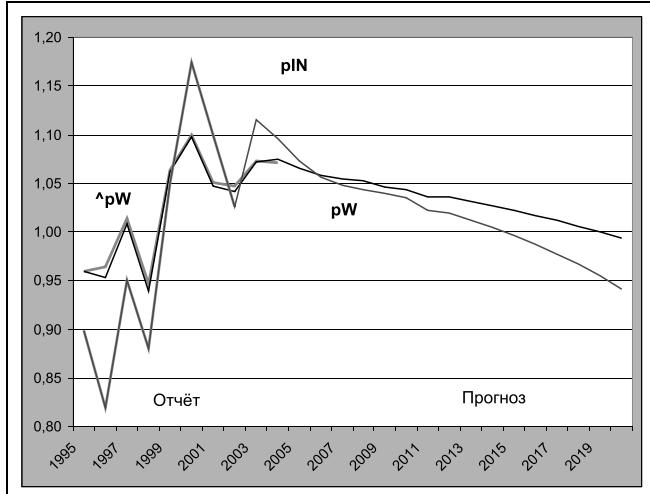


Рис. 2 Темпы роста ВВП и инвестиций в ОК для возмущенной траектории

развития. Возрастёт производительность труда и понизится фондотдача в связи с относительным удорожанием оборудования.

Заметно возрастёт пропорция импорта относительно отечественного выпуска и начнётся его удорожание. Экспорт вырастет незначительно, поскольку за это время ещё не успеют появиться заметные конкурентные преимущества отечественных товаров.

В результате подстановки новых сценарных условий в алгоритм прогноза мы получим новую траекторию — траекторию развития основных параметров российской экономики при вступлении в ВТО. На рис. 1 и 2 представлены темпы роста ВВП и инвестиций в ОК для инерционной и возмущенной траектории, соответственно.

Как видим, произошло существенное понижение темпов роста ВВП и инвестиций. Это естественная реакция “слабой” экономики при встрече с “сильным” внешним рынком. Население берёт импортные товары,

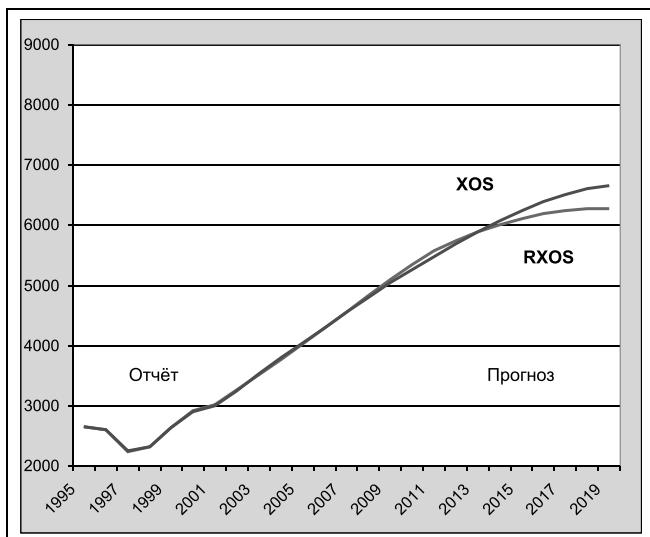


Рис. 3. Динамика потребных и располагаемых мощностей

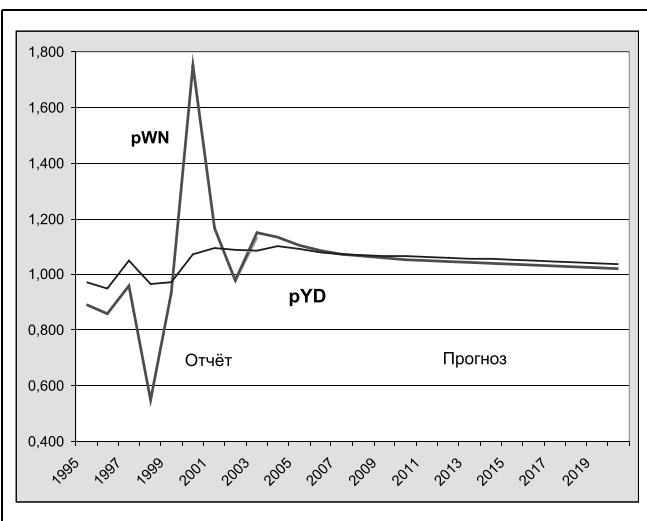


Рис. 4. Темпы валового накопления для инерционной траектории

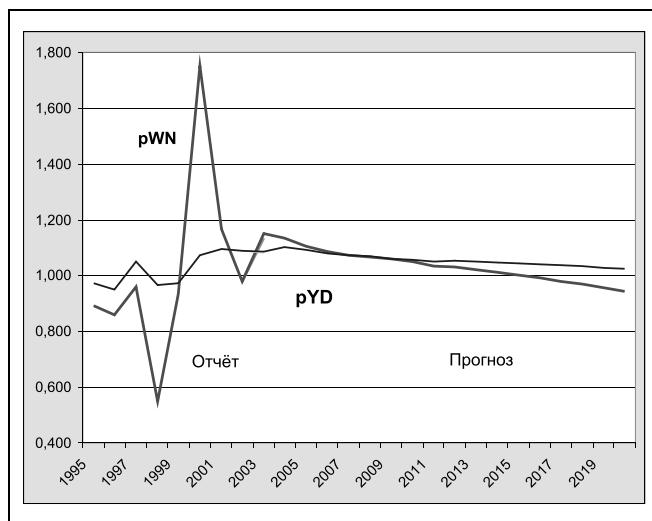


Рис. 5. Темпы валового накопления для возмущенной траектории

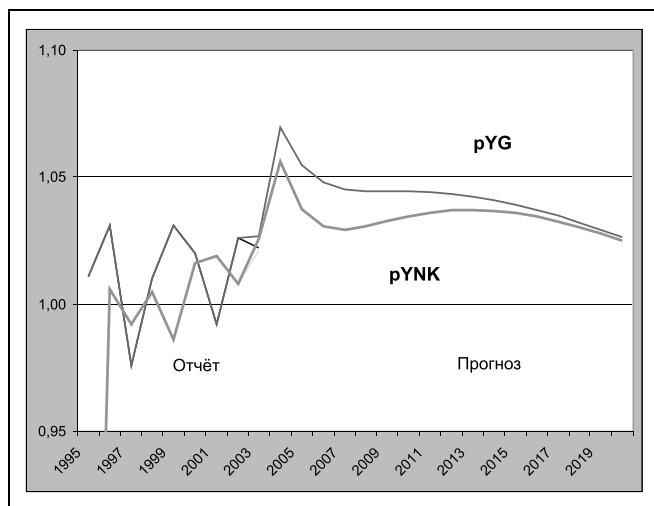


Рис. 6. Темпы конечного потребления государства и некоммерческих организаций для инерционной траектории

понижая выпуск отечественных производителей. Но это ведёт к понижению доходов домашних хозяйств и снижению общего спроса. Впервые экономисты обратили внимание на такую реакцию открытой экономики, когда Англия, завоевав Индию, наводнила её своими относительно дешёвыми промышленными товарами, лишив работы миллионы ремесленников.

Положительное следствие роста производительности труда заключается в снижении потребности в дополнительной рабочей силе. Но даже в условиях падения производства возникнет нехватка производственных мощностей (рис. 3), которая возникнет в связи с сокращением объёмов прибыли и налоговых поступлений (а соответственно, и инвестиций в ОК) у корпораций и у государства.

Как ни странно, темпы роста конечного потребления домашних хозяйств не сильно изменятся, оставаясь

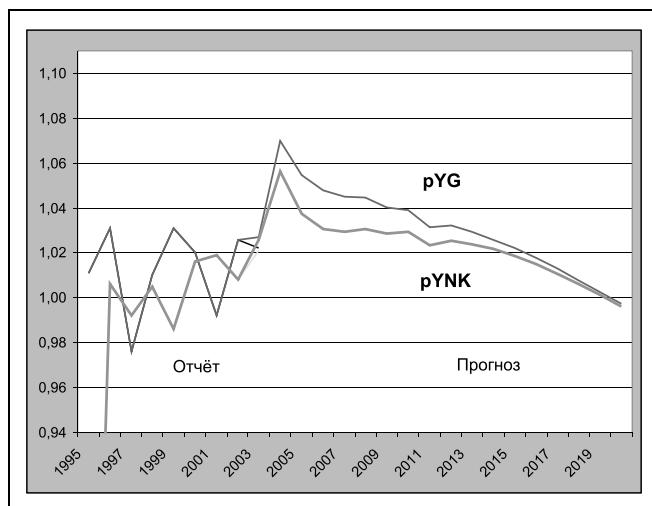


Рис. 7. Темпы конечного потребления государства и некоммерческих организаций для возмущенной траектории

примерно на прежнем уровне. Но валовое накопление в конце периода заметно сократится (рис. 4 и 5 для инерционной и возмущенной траекторий, соответственно).

В конце периода заметно понизится конечное потребление государства и некоммерческих организаций, обслуживающих домашние хозяйства (рис. 6 и 7 для инерционной и возмущенной траекторий, соответственно).

К сожалению, мы не располагаем необходимой информацией для прогноза трансформации цен в возмущённом сценарии. Поэтому мы сохранили те же цены, что были при инерционном развитии, но уже и так ясно: цены повышаются, что приведёт к ещё более печальным результатам. То же самое можно сказать и о доле иностранных инвесторов. Они увеличат свою долю, когда всё будет хорошо, но развитие пошло не так, поэтому и не произошло повышения доли иностранных инвесторов.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Бескризисное функционирование экономики России в составе ВТО предполагает эффективную реализацию процесса саморазвития. Устойчивое развитие национальной экономики должно парировать угрозы, порождаемые мировой динамикой в долгосрочной перспективе исчерпанием природных ресурсов и ростом темпов их потребления, перенаселением ряда регионов, изменением планетарного климата.

В краткосрочной перспективе переход к общемировым ценам на природное сырье резко удорожит энергоскимое производство, повысит расходы на коммунальные услуги, увеличит темпы инфляции, обострит имущественное расслоение населения.

Результаты расчётов наглядно показали, что российская экономика сейчас не готова к вступлению в ВТО — процессу, запустив который уже нельзя будет остановить. При сложившемся (и не доведенном до удовлетворительного состояния) хозяйственном механизме и способе управления экономикой в стране может “плавно” возникнуть системный кризис в связи с существенным сокращением государственных доходов.

Понимая, что автаркический путь развития тупиковый, тем не менее, имеет смысл не торопиться с решающим поступком и отложить его лет на пять. Сейчас темпы роста ВВП у нас совсем неплохие, и социальные проблемы с мигрантами не достигли критической отметки. За пять лет можно избавиться от большого государственного долга и добиться от “партнёров” по переговорам о вступлении в ВТО чёткого понимания, что внутренние цены на энергоресурсы у нас всегда будут меньше, чем у них в силу естественного конкурентного преимущества, а не господдержки. Правда, “партнёры” прекрасно это знают и без нас, но не утружддают себя аргументацией, когда видят “слабых” просителей. В России и без них полно желающих поднять внутренние цены на энергоносители (и на другие товары) до среднеевропейского уровня, но совершенно не видно желающих поднять до такого уровня оплату труда.

В этой связи становится очевидным, что только твёрдое государственное регулирование денежной эмиссии, цен естественных монополий и оплаты труда сохранит Россию от развала после вступления в ВТО. Поскольку госрегулирование цен противоречит идеологии ВТО, то перед вступлением придётся всерьёз поговорить о переходном периоде и прочих компенсирующих механизмах, имеющихся в арсенале правил ВТО.

Безусловно, у “партнёров” будут возражения, но и в США, и во Франции, и в Германии государство и торгово-промышленные ассоциации без особого шума регулируют цены и оплату труда. Необходимо детально разобраться в этих процедурах и внедрить у себя самое лучшее.

Имея печальный опыт гиперинфляции, приватизации, монетизации и дефолта, Правительству следовало бы, наконец, обратить внимание на общественное мнение и сначала опубликовать “Белую книгу ВТО”, в которой будет аргументация необходимости вступления и перечень ожидаемых результатов с указанием сроков их появления. Кроме того, необходимо на моделях (эконо-

мических и социальных процессов) провести серию “штабных игр” в Минэкономразвития для отработки способов регулировки ситуации, если процесс пойдет не так, как рассчитывали. И только после настройки системы ценообразования и укрепления “критических отраслей” (на что уйдет лет пять) вступать в ВТО.

Долгосрочная перспектива процесса саморазвития страны как элемента глобальной экономики существенно определяется исходным состоянием национальной экономики. Гипертрофия добывающих отраслей в ситуации исчерпания запасов полезных ископаемых является предпосылкой сырьевого кризиса в долгосрочной перспективе. Преодолевать эту тенденцию необходимо на этапе, предшествующем вступлению в ВТО. Вступление России в ВТО следует рассматривать как один из инструментов обеспечения устойчивого развития. Попспешное неуправляемое вступление в ВТО “на общих условиях” еще более усугубит сырьевой уклон макротехнологической структуры национальной экономики, увеличив долю импорта высокотехнологической продукции из-за экспорта сырьевых продуктов. Для России это тупиковый путь развития.

Естественный критерий целесообразности присоединения России к ВТО — это гарантированное превышение выгод над потерями как для государства в целом, так и отдельных отраслей и населения России непосредственно после вступления и в долгосрочной перспективе. Долгосрочная стратегия устойчивого развития в качестве приоритетных должна предусматривать воздействия, направленные на инновационный переход к высокотехнологическому типу экономики. Именно этими критериями должно руководствоваться Правительство России, принимая решение о присоединении к ВТО и о сроках вступления.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пащенко Ф. Ф. Технопарковые структуры и инновационное развитие // Проблемы управления. — 2003. — № 1. — С. 44–52.
2. Ливенцев Н. Н., Лисоволик Я. Д. Актуальные проблемы присоединения России к ВТО. — М.: Экономика, 2002.
3. Дюмулен И. И. Всемирная торговая организация. — М.: Экономика, 2003.
4. Вступление России в ВТО: мнимые и реальные социальные последствия. — М.: НИСП, 2004.
5. Кузык Б. Н., Яковец Ю. В. Россия 2050. Стратегия инновационного прорыва. — М.: Экономика, 2005.
6. Лисин В. С. Проблемы прогнозирования воспроизводства ВВП России. — М.: ТЕИС, 2004.
7. Однопродуктовая модель долгосрочного прогноза ВВП / Гусев В. Б., Антипов В. И., Колмаков И. Б., Моторин В. И. — М.: ИПУ РАН, 2005.
8. Национальные счета России в 1996 — 2003 годах. — М.: ФСГС, 2004.
9. Методологические положения по статистике. — М.: ГКС России, 1996. — Вып. 1.

☎ (095) 334-90-20

E-mail: feodor@ipu.ru



УДК 004.3

# ОПТИМИЗАЦИОННО-ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ОПТИМИЗАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ СЛОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Г. М. Антонова, А. Д. Циркун

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова, г. Москва

Рассмотрены история развития и современное состояние компьютерного моделирования крупномасштабных систем. Указаны проблемы построения современных метамоделей и перспективы их решения с целью повышения эффективности функционирования моделируемых объектов.

## ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемая вниманию читателей статья посвящена описанию современных имитационных моделей сложных производственных систем и преследует цель отразить существующие достижения, успехи и привлечь внимание к возможностям методов моделирования в направлении повышения эффективности функционирования крупных производственных объектов. В современных исследованиях термин моделирование имеет разнообразные трактовки. Физическое или аналоговое моделирование предполагает создание аналога рассматриваемой системы путём изменения масштаба представления или перехода к другой предметной области, в которой действуют аналогичные закономерности и которая изучена в большей степени. Математическое моделирование состоит в создании аппарата для описания и исследования структуры и поведения объекта, причём достаточно часто считают естественным тот факт, что математическое моделирование завершается созданием алгоритмов расчёта характеристик объекта и программ, реализующих эти алгоритмы на современных ЭВМ. Более конкретный смысл вкладывается в название компьютерное или машинное моделирование, под которым понимается создание такой модели объекта, которая обязательно требует реализации в виде программы для ЭВМ. В дальнейшем будет использоваться такое толкование названия *имитационное статистическое моделирование*, которое предполагает наличие элементов имитации функционирования реального объекта, реализацию модели в виде компьютерной программы и многократное повторение прогонов программы для учёта воздействия помех, характерных для реальной действительности.

## 1. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Можно выделить три этапа развития методов имитационного статистического моделирования.

Первый этап начался почти одновременно с созданием и расширением применения ЭВМ и включал в себя формирование в различных предметных областях постановок задач, решаемых путём имитационного статистического моделирования, первые применения идей планирования имитационных экспериментов на ЭВМ, первые попытки оптимизации структуры и функционирования объектов с использованием результатов имитационного моделирования. Этот этап завершился с созданием специализированных языков моделирования типа GASP, GPSS и т. п. Кроме того, появилась технология моделирования, разделяющая процесс создания и использования моделирующей программы на ряд типовых этапов. Эти этапы охватывают создание концептуальной модели, формализацию описания и создание математической модели, выбор и разработку алгоритмов моделирования, выбор языка программирования, кодирование согласно выбранному алгоритму и языку программирования, проверку адекватности построенной имитационной статистической модели, планирование экспериментов с моделью, проведение имитационных экспериментов, анализ полученных результатов и формирование выводов или коррекцию модели для повторного исследования.

Несмотря на существование многочисленных методов и приёмов формализации описания разнообразных объектов, известно всего две технологии создания алгоритмов для имитационного статистического моделиро-

вания. Первая описывает процесс функционирования объекта во времени по шагам, разбивая временную ось на фиксированные интервалы времени, — *метод фиксированного шага*, а вторая меняет параметры модели скачкообразно от события к событию — *метод модельных событий*.

*Второй этап* продолжался примерно с середины 1970-х до середины 1980-х гг. Он характеризовался интенсивным внедрением приёмов и методов компьютерного моделирования во все сферы производственной деятельности. Это совпало со стремительным расширением применения ЭВМ и развитием специализированных языков моделирования. Завершился этот этап попытками построения моделирующих комплексов, созданием универсальных систем моделирования и появлением универсальных языков, одним из примеров которого стал развивающийся и в настоящее время язык UML.

*Третий этап* можно связать с развитием идей оптимизационно-имитационного моделирования. Появление персональных компьютеров сделало вычислительную технику широко доступной. Имитационные эксперименты перестали восприниматься как экзотический метод исследования. В результате перехода количественных изменений в качественные были созданы новые методологии обработки значительных объёмов имитационных экспериментов. Эти методологии позволили получить приближённые решения многих сложных оптимизационных задач.

## 2. РАЗВИТИЕ ОПТИМИЗАЦИОННО-ИМИТАЦИОННОГО ПОДХОДА

Рассмотрим примеры работ, позволивших создать современную идеологию оптимизационно-имитационного подхода. Одной из первых появилась работа [1]. В ней поставлена задача создания алгоритмов, позволяющих использовать возможности ЦВМ для поиска решения задач математического анализа, в которых необходимо установить связь между вероятностными характеристиками различных случайных процессов или математическими ожиданиями случайных величин и зависящими от них значениями интегралов, решениями дифференциальных уравнений и т. п. Такие алгоритмы основываются на методе Монте-Карло и идее, высказанной в работе [2] о том, что для решения аналитической задачи возможно моделировать случайный процесс, а затем конструировать необходимое решение с помощью статистических оценок вероятностей или математических ожиданий.

В книге [1] и последовавших за ней работах [3—5] намечены основные прикладные задачи, для решения которых можно применять метод статистических испытаний.

Это задачи совершенствования производства в энергетике, на транспорте, в машиностроении, в сетях связи и других областях. Метод статистических испытаний применяется для исследования функционирования отдельных элементов, структуры системы в целом, взаимодействия системы с внешней средой, влияния на неё внутренних помех и возмущений во внешней среде. Широко применяется для оценки эффективности, надёжности, качества планирования, учёта и др.

Применение имитационных моделей для решения экстремальных задач началось одновременно с внедре-

нием вычислительной техники в практику исследования производственных систем. Первые работы [6—8] связаны с простым перебором значений параметров для определения наилучших значений функционалов, представленных имитационными статистическими моделями. Из этих первых попыток были сделаны выводы о том, что хотя задача поиска улучшенных значений функционалов подобным методом разрешима в принципе, необходимо приложить значительные усилия для правильной организации перебора. По этой причине такой метод можно считать эффективным для имитационных моделей таких объектов, для которых характерно:

- отсутствие адекватного аналитического описания критериев качества;
- неоднозначность отображения пространства параметров в пространство критериев качества в связи со стохастическим характером исследуемой системы;
- невозможность применения аналитических методов поиска экстремума.

При высокой степени сложности производственной системы со значительным числом варьируемых параметров многократное повторение циклов моделирования, анализа, оценки полученных данных и корректировки параметров не только занимает длительное время, но и не всегда приводит к удовлетворительным результатам. Стого обосновать утверждение об отсутствии возможности улучшения полученного решения обычно невозможно. Если улучшение достигнуто, трудно определить момент завершения исследования. Всегда возможно, что при небольших затратах труда и времени удастся получить значительное увеличение качества функционирования системы. В связи с этим возникает задача построения математически обоснованных процедур целенаправленного перебора вариантов при поиске экстремума функционалов, представленных имитационной статистической моделью [9].

## 3. ВАРИАНТЫ ПОСТАНОВОК ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ КРУПНОМАСШТАБНОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Представим задачу оптимизации производственной системы, характеризуемой вектором параметров  $\alpha$  и критерием эффективности  $F(\alpha)$  как поиск такой структуры системы и значений параметров  $\alpha$ , при которых достигается

$$\text{extr } F(\alpha)$$

при ограничениях

$$f_i(\alpha) \leq 0, \quad i \in I; \quad (1)$$

$$f_j(\alpha) \leq 0, \quad j \in J. \quad (2)$$

Набор ограничений (1) имеет форму математических выражений, а набор ограничений (2) — форму алгоритмических выражений. Выполнение этих ограничений можно проверить только по результатам имитационного моделирования. Функционал экстремальной задачи  $F(\alpha)$  также может быть задан в алгоритмической форме.

Предположим, что выбраны варианты производственной системы и проверены оба вида ограничений. Обозначим множество допустимых вариантов производственных систем по ограничениям типа (1) как  $I_0$ , а множество допустимых вариантов производственных сис-



тем по ограничениям типа (2) как  $J_0$ . Модели задач синтеза могут быть разбиты на следующие семь классов:

целевая функция задана в аналитической форме, допустимые варианты выбраны из пространства:

- 1)  $I_0$ ;
- 2)  $J_0$ ;
- 3)  $I_0 \cap J_0$ ;

целевая функция задана в алгоритмической форме, допустимые варианты выбраны из пространства:

- 4)  $I_0$ ;
- 5)  $J_0$ ;

- 6)  $I_0 \cap J_0$ ;

7) значительное число задач формулируется в много-критериальной постановке; для них необходимо определить такую структуру системы и значения параметров  $\alpha$ , при которых достигаются экстремальные значения для множества критериев

$$F(\alpha), \quad l = \overline{1, L}$$

при ограничениях

$$f_{ii}(\alpha) \leq 0, \quad i \in I_l;$$

$$f_{lj}(\alpha) \leq 0, \quad j \in J_l.$$

Чаще всего решение в виде отдельного варианта в такой форме недостижимо и трансформируется в требование выделить совокупность вариантов, составляющих множество Парето, из которого после дополнительного отбора с учётом интегрального критерия или каких-либо внешних условий отбирается окончательное решение. Процедуры решения многокритериальной задачи значительно сложнее, чем процедуры решения однокритериальных задач.

*Первая модель*, для которой критерии качества и ограничения заданы в аналитической форме, используется для решения задач с высокой степенью формализации описания. Эти задачи решаются методами математического программирования и возникают при исследовании таких аспектов производственных и экономических систем, которые позволяют не учитывать стохастический характер параметров системы, внутренних и внешних помех.

Процедуры синтеза оптимального варианта структуры включают в себя построение имитационной модели, оптимизацию, анализ полученных результатов и могут повторяться в процессе уточнения описания системы по результатам проводимого анализа.

*Вторая модель* предполагает наличие целевой функции, заданной в аналитической форме, и ограничений, заданных в алгоритмической форме. Задачи, представленные в таком виде, из-за плохо формализованных ограничений требуют обязательного создания имитационной модели. При синтезе оптимальной структуры или поиске оптимальных значений параметров необходимо выполнить большое число имитационных экспериментов. Для сокращения трудоёмкости процедур оптимизации можно применить методы планирования эксперимента и методы направленного имитационного моделирования. Процедуры синтеза включают в себя этапы создания имитационной модели, проведения имитационных экспериментов, анализа, поиска оптимального

решения и корректировки имитационной модели с последующим повторением этапов оптимизации для формирования окончательного решения.

Для решения задач оптимизации больших экономических и промышленных систем, функционирование которых жёстко регламентировано, возможно применение последовательного анализа результатов имитационного моделирования для проверки выполнения наложенных на целевую функцию алгоритмических ограничений и выбора оптимального варианта структуры или оптимальных значений параметров среди тех, которые удовлетворили поставленным ограничениям.

Для задач с аналитически заданной целевой функцией и ограничениями, представленными в алгоритмической форме, имеющих стохастические параметры, применяются оптимизационно-имитационные процедуры [9, 10] синтеза структуры и выбора параметров. Можно применять ЛП<sub>т</sub>-поиск с усреднением. Такие методы содержат этапы реализации человека-машинаных процедур для организации диалога конструктора системы с пакетом прикладных программ и использования в процессе решения неформальных процедур выбора на основе интуиции и предшествующего опыта конструирования и эксплуатации образцов системы, аналогичных исследуемой.

*Третья модель* используется для описания задач с целевой функцией, заданной в аналитической форме, и ограничениями смешанного характера, как аналитическими, так и алгоритмическими. Для решения таких задач создаются специальные процедуры обработки результатов имитационного моделирования. Один из вариантов процедуры состоит в проверке по результатам имитационного моделирования аналитических ограничений, выборе вариантов структуры и значений параметров, а затем проверке алгоритмических ограничений для найденных вариантов. Это сокращает объём имитационных экспериментов. Если удовлетворительный вариант определяется сразу, процедура заканчивается. В противном случае выполняются корректировка имитационной модели, проверка аналитических ограничений, выбор, проверка алгоритмических ограничений, анализ, т. е. несколько итераций до тех пор, пока не удастся найти рациональный вариант структуры или значения параметров.

*Четвёртая модель* описывает задачи, в которых целевая функция задана в алгоритмическом виде, а ограничения имеют аналитическое представление. Значения целевой функции рассчитываются с помощью имитационной модели, поиск рационального варианта структуры или значений параметров требует большого числа имитационных экспериментов. Область допустимых значений параметров модели определяется достаточно быстро путём проверки аналитических ограничений. Для решения задач такого характера применяются методы имитационного моделирования, планирования имитационных экспериментов, направленное имитационное моделирование и оптимизационно-имитационные методы.

*Пятая модель* описывает плохо формализованные задачи, для которых практически отсутствует аналитическое описание. Они требуют создания сложных имитационных моделей, проведения длительных имитационных



экспериментов. Для них оптимизационно-имитационные методы обязательно должны сочетаться с планированием имитационных экспериментов для уменьшения трудоёмкости поиска рационального варианта структуры или рациональных значений параметров. Направленное имитационное моделирование также позволит достичь решения в приемлемые сроки. Значительное ускорение поиска может дать применение ЛП<sub>τ</sub>-поиска с усреднением.

*Шестая модель* описывает плохо формализованные задачи, однако часть ограничений у них представлена в аналитическом виде. Эти задачи требуют создания сложных имитационных моделей. Для поиска рациональных вариантов структуры или значений параметров необходимо применять методы имитационного моделирования, планирования имитационных экспериментов, направленное имитационное моделирование и оптимизационно-имитационные методы, включая ЛП<sub>τ</sub>- поиск с усреднением.

Рассмотренные варианты задач и методы, предлагаемые для их решения, показаны в таблице.

#### 4. ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННО-ИМИТАЦИОННЫХ МЕТОДОВ

В качестве примера применения оптимизационно-имитационных методов можно привести задачу выбора функциональной структуры пункта управления,

##### Разновидности задач оптимизации сложных производственных систем и методы их решения

Модели	Задачи	Методы
1	Аналитический критерий качества и аналитические ограничения	Математическое программирование. Имитационное моделирование
2	Аналитический критерий качества и алгоритмические ограничения:  малое число вариантов  стохастические параметры	Имитационное моделирование. Планирование имитационных экспериментов. Направленное имитационное моделирование. Специальные процедуры. Последовательный анализ результатов имитационного моделирования (перебор). Специальные процедуры. Оптимизационно-имитационные методы ЛП <sub>τ</sub> -поиск с усреднением. Специальные процедуры
3	Аналитический критерий качества, аналитические и алгоритмические ограничения	Оптимизационно-имитационные методы. Специальные процедуры
4	Алгоритмическая форма критерия качества и аналитические ограничения	Имитационное моделирование. Планирование имитационных экспериментов. Направленное имитационное моделирование. Оптимизационно-имитационные методы
5	Алгоритмическая форма критерия качества и алгоритмические ограничения	Имитационное моделирование. Планирование имитационных экспериментов. Направленное имитационное моделирование. Оптимизационно-имитационные методы, ЛП <sub>τ</sub> -поиск с усреднением
6	Алгоритмическая форма критерия качества, алгоритмические и аналитические ограничения	Имитационное моделирование. Планирование имитационных экспериментов. Направленное имитационное моделирование. Оптимизационно-имитационные методы, ЛП <sub>τ</sub> -поиск с усреднением
7	Многокритериальная постановка задачи	Оптимизационно-имитационные методы. ЛП <sub>τ</sub> -поиск с усреднением. Специальные процедуры

имеющего минимальную стоимость оснащения необходимыми техническими средствами [9]. Пункт управления обрабатывает множество потоков функциональных задач. Предполагается, что каждый поток задач может обрабатываться только одним средством, загрузка которого ограничена. Для описания процесса решения задач используется модель системы массового обслуживания. Известны интенсивности поступления задач  $\lambda_k$  для каждого потока, интенсивности обработки  $j$ -м средством управления задач  $k$ -го потока  $\mu_{kj}$ . Заданы затраты на обработку  $k$ -го потока задач  $j$ -м средством управления  $c_{kj}$ . Критерий эффективности определяет суммарную стоимость обработки задач в пункте управления, например,

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in J} c_{kj} x_{kj} \rightarrow \min,$$

где  $x_{kj} = 1$ , если  $k$ -й поток задач обрабатывается  $j$ -м средством управления, и  $x_{kj} = 0$  в противном случае.

Ограничения содержат требования выполнения условий

$$\begin{aligned} \sum_{j \in J} x_{kj} &= 1, \quad k \in K; \\ \psi_j(\bar{X}, N_k, G_k, P_k) &\leq \psi_j^{\text{доп}}; \\ T_k(\bar{X}, N_k, G_k, P_k) &\leq T_j^{\text{доп}}. \end{aligned}$$

Параметр  $\bar{X}$  обозначает вариант функциональной структуры,  $N_k$  — число задач  $k$ -го потока, поступающих



на обработку за выбранный период,  $G_k$  — график поступления задач  $k$ -го потока на обработку,  $P_k$  — программу обработки задач  $k$ -го потока,  $\psi_j$  — загрузка  $j$ -го средства управления,  $\psi_j^{\text{доп}}$  — её предельное допустимое значение,  $T_k$  — продолжительность обработки задачи  $k$ -го потока,  $T_j^{\text{доп}}$  — её предельное допустимое значение.

Первое ограничение определяет необходимость распределения каждого потока задач только на одно средство управления, второе устанавливает загрузку для каждого средства управления, а третье определяет возможную продолжительность пребывания задач управления в пункте управления.

В рассмотренном примере заданы три средства управления и четыре потока задач. Для проверки выполнения алгоритмических ограничений предполагается, что пункт управления описывается как одноканальная разомкнутая система массового обслуживания с ожиданием. Обслуживаются  $k$  простейших взаимно независимых потоков. Суммарные потоки, поступающие на каждый прибор, также близки к простейшим. Полученное решение определяет порядок загрузки средств управления. Из возможных 81-го варианта загрузки просмотрены только 11; таким образом, необходимое число прогонов имитационной модели существенно сократилось.

Для решения задач, описываемых моделями седьмого типа, создаются специальные процедуры и разрабатываются специальные программные средства. В работах [10, 11] рассмотрены примеры решения многокритериальной многопараметрической задачи оптимизации стохастической системы по набору критериев неполного среднего, имеющих вид:

$$K_j = \int_0^\infty \int_G \int_\Omega f_j(\alpha(t), \omega) w_G(\alpha(t), \omega) d\omega da dt, \quad j = \overline{1, J}, \quad (3)$$

где  $K_j, j = \overline{1, J}$  — набор показателей качества на выходе системы,  $G$  — определяемая в процессе поиска область эффективности,  $\Omega$  — область изменения значений стохастических параметров,  $f_j(\alpha(t), \omega)$  — функция, описывающая  $j$ -й показатель качества,  $\alpha(t)$  — вектор входных параметров размерности  $n_1$ ,  $\omega$  — вектор случайных внешних и внутренних воздействий (помех) размерности  $n_2$ ,  $t$  — время,  $J$  — общее число критериев,  $w_G(\alpha, \omega) = w(\alpha, \omega) / \int_0^\infty \int_G \int_\Omega (\alpha, \omega) d\omega da$  — плотность распределения, нормированная относительно области  $G$ .

$w(\alpha, \omega)$  — плотность распределения, удовлетворяющая условию:

$$\int_{-\infty}^\infty \int_G \int_\Omega w(\alpha, \omega) d\omega da = 1.$$

Необходимо найти область евклидова пространства  $G$ , в которой достигается совместный экстремум показателей качества (3) в смысле решения многокритериальной задачи. Другими словами, необходимо построить оценку области эффективности, в которой выполняются условия

$$\begin{aligned} K_j(G) &\geq K_{jz}, \quad j = \overline{1, q}, \\ K_j(G) &\leq K_{jz}, \quad j = \overline{q+1, J}, \end{aligned}$$

или набор оценок из пространства оценок с заданной метрикой [10], для которых показатели качества составляют множество Парето. В области интегрирования  $G$ , названной областью эффективности, усреднённые значения показателей качества должны быть лучше, чем в других областях.

Предлагаемая в работах [10, 11] процедура решения завершается выбором по результатам имитационного моделирования окончательной оценки области эффективности из серии оценок  $G_1, G_2, \dots, G_i, \dots, G_l$ , полученной в результате имитационных экспериментов. Каждой оценке согласно алгоритму ЛП<sub>τ</sub>-поиска с усреднением [10, 11] соответствует своя подпоследовательность точек проведения имитационного эксперимента  $L_{G_i}$ .

Путём просмотра и анализа результатов имитационных экспериментов можно подготовить описания областей эффективности в виде многомерных параллелепипедов

$$\alpha_{i\min} \leq \alpha_{is} \leq \alpha_{i\max}, \quad s = \overline{1, n_1}, \quad i = \overline{1, l},$$

где  $\alpha_{i\min}, i = \overline{1, l}$  — минимальные значения координат входных параметров  $\alpha$ ,  $\alpha_{i\max}, i = \overline{1, l}$  — максимальные значения координат входных параметров  $\alpha$ . Иногда удается найти набор функций  $r_{G_i}(\alpha)$ , соответствующих определённой подпоследовательности и связанной с ней оценке. Например, для оценки  $G_i$

$$r_{\min G_i} \leq r_{G_i}(\alpha) \leq r_{\max G_i}.$$

Если функции подобрать не удается, оценки области эффективности можно представить последовательностью правил. Для первой оценки — правило 1, для второй — правило 2, ..., для  $i$ -й оценки — правило  $i$  и т. д.

Если исследуемая стохастическая система изучена достаточно подробно, иногда удается найти эмпирический индикатор или решающее правило для отбора точек, принадлежащих области эффективности.

Модели типа 5—7 обычно описывают крупномасштабные объекты и сопровождаются разработками специальных методов исследования и приближенного решения оптимизационных задач, возникающих при функционировании исследуемых систем. Можно привести несколько примеров таких моделей, доведенных до практической реализации.

## 5. ПРИМЕРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ

В работах [12—16] приведен пример эколого-социально-экономической имитационной модели для воспроизведения демографической, экономической, экологической и социальной обстановки в течение времени жизни одного поколения. Для повышения адекватности модели предлагается применить концепцию распределённых вычислений через Интернет. Модель имеет многокомпонентный характер и учитывает в составе иерархии моделей сверху вниз сначала группы, затем подгруппы и далее объекты. Например, группа "страна" включает в себя объекты: правительство; демография; экология; добывающие отрасли экономики; образова-



**Рис. 1. Схема формирования инвестиционных проектов с помощью имитационного моделирования (оптимизационно-имитационный подход)**

ние; здравоохранение; информатика; наука; домашнее хозяйство как экономический агент.

В работе [12] вводится термин *информационно-алгоритмические ресурсы*, который обозначает разнообразную информацию, связанную с объектом моделирования и хранящуюся в электронной форме, а также программные комплексы, необходимые для определения прогностических характеристик имитационных моделей. Для доступа к таким информационным ресурсам необходима специальная технология, основанная на распределенных вычислениях [17, 18].

Экологово-социально-экономическая модель используется для решения проблем обеспечения устойчивого развития России. Она описывает различные аспекты экономических, демографических, социальных и экологических процессов в масштабах всей России, опираясь на средства распределенных вычислений. Модель учитывает динамику развития и позволяет решать многочисленные задачи, например, задачи оптимизации инвестиций при ограничениях на уровень безработицы и другие экономические характеристики.

Пример имитационной экономико-математической модели для решения задач оптимизации топливно-энергетического баланса, развития электроэнергетических и трубопроводных систем рассматривается в работах [19–20]. Модель предназначена для исследования связей энергетики с другими отраслями промышленности, для прогнозирования уровней энергопотребления и энергосбережения и для решения других задач. Практическая реализация модели связана с задачами анализа состояния и прогнозирования условий долгосрочного развития Северо-Запада России, в частности, Мурманской области.

Для решения поставленных задач реализован описанный в работе [21] имитационный метод статистической аппроксимации, опирающийся на диалоговый режим сопряжения различных этапов имитационных исследований и специальным образом ориентированный комплекс вероятностных моделей и статистических методов. Имитационно-статистическая аппроксимация позволяет внести существенный вклад в создание аппарата исследования производственных систем в условиях неполноты исходной информации.

Для описания металлургического производства используются различные варианты моделей 5–7. В работах [22–25] приведены примеры построения таких моделей. Создана специальная методика построения имитационных моделей, в наибольшей степени отвечающая непрерывно-дискретному характеру составных элементов металлургического производства [24]. Она основана на принципе “вложенных задач и моделей с идентификацией”. Отдельные объекты в составе металлургического производства рассматриваются как автоматизированные технологические комплексы. При выборе алгоритмов моделирования учитываются технологическая, организационная и управляющая структуры. Из множества технологических и организационных решений выделяют отдельные подмножества, связанные с задачей исследования. Имитационное моделирование применяется при выборе инвестиционных проектов по схеме, приведённой в работе [24] и представленной на рис. 1.

Предложенная методика имитационного моделирования и оптимизационно-имитационный подход в выборе вариантов составных элементов металлургического производства и варианта проекта в целом нашли применение при создании Исфаганского металлургического завода (Иран), Алапаевского металлургического завода (Россия), Карагандинского металлургического завода (Испат – Кармет, Казахстан) и др.

## 6. МАКРОЯЗЫКИ В ОПТИМИЗАЦИОННО-ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ

Специальные имитационные языки повысили эффективность программирования при создании имитационных моделей. Концептуальный аппарат языка облегчает описание функционирования моделируемой системы и подготовку структуры и состава программных модулей. Широко используются стандартные функции языка. Методологические подходы базируются на непрерывной, сетевой, дискретной, дискретно-событийной и комбинированной формах имитации. При непрерывной имитации зависимые переменные модели изменяются непрерывно в течение имитационного времени. Примером подобного описания моделируемой системы может служить описание концентрации реагента в химическом процессе или положения и скорости движения объекта в транспортной системе. При дискретной имитации зависимые переменные изменяются в моменты свершения событий, причём время как независимая переменная может иметь как непрерывный, так и дискретный характер. При комбинированной имитации время изменяется или дискретно, или непрерывно, а зависимые переменные могут изменяться непрерывно, дискретно или непрерывно с наложенными дискретными скачками.

Применение макроязыков для моделирования сложных крупномасштабных объектов позволило создать многочисленные алгоритмы, пригодные для построения моделей производственных систем. Ряд примеров алгоритмов и описаний разнообразных производственных ситуаций приведен в работах [26, 27]. Среди них можно назвать в первую очередь алгоритмы моделирования систем массового обслуживания. Это, в частности, сетевая модель банка с несколькими кассирами и общей очередью, сетевая модель поточной линии, модель производственной линии с пунктами технического контроля и настройки, сетевая модель автогрузовых перевозок



(4 компонента), сетевая модель работы карьера (2 компонента), модель загрузки танкеров в порту, модель работы станка с поломками, модель участка дороги с односторонним движением для определения длительности включения зелёного сигнала светофора, минимизирующей среднее время ожидания для всех автомобилей.

В работе [28] приведен пример модели системы управления запасами с неудовлетворённым спросом. Этот алгоритм можно применить для исследования работы крупного магазина. По результатам имитационных экспериментов можно получить статистические данные о состоянии запаса товаров, о наличии определённого товара, о резервном запасе товара в момент получения заказа, о числе продаж, о времени между несоставшимися продажами и др.

При сетевом моделировании объект представляется в виде множества движущихся компонентов, последовательно проходящих по узлам, содержащим ресурсы сети. Предполагается, что изменение состояния системы происходит только в момент поступления какого-либо компонента в узел.

Главная цель построения имитационной модели сложной социально-экономической системы — выбор методов улучшения функционирования. Адекватная имитационная модель выявит узкие места, позволит найти эффективные алгоритмы управления, эффективные режимы функционирования агрегатов, производственных линий, транспортных средств и другого дорогостоящего оборудования. На имитационной модели можно реализовать различные варианты организации управления, сравнить их между собой и выбрать наиболее выгодный.

Логистические системы включают в себя элементы для реализации разнообразных функций управления: обмен информацией внутри системы и с внешней средой; обработка и распределение заказов; снабжение; управление запасами; управление грузоперевозками, грузоподъемностью, складированием и т. д. Имитационные модели таких систем исключительно сложные. Для их построения применяются языки моделирования разных уровней. Число модулей в пакетах прикладных программ для моделирования достигает нескольких сотен. Возникает необходимость разработки специальных средств анализа сложных имитационных моделей — средств метамоделирования. Такой подход позволяет манипулировать с моделями сложных систем, провести валидацию, улучшить алгоритм моделирования, правильно интерпретировать результаты имитационных экспериментов путём привлечения технологий экспертных систем и др.

Разработке методов и средств анализа имитационных моделей помимо рассмотренных работ [19–21] посвящены многочисленные публикации таких авторов, как J. Kleijnen, L. Friedman, H. Pierreval, K.-P. Huber, H. Szczerbicka. Наиболее интенсивно развиваются статистические метамодели регрессионного типа [29–32], имеются примеры разработки метамоделей с использованием нейронных сетей и др. Традиционные приложения метамоделирования включают в себя планирование имитационных экспериментов, построение регрессионных моделей для анализа поведения исследуемых объектов и создания аналитических моделей, описывающих глубинные закономерности поведения сложных объектов.

## 7. ОПТИМИЗАЦИОННО-ИМИТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ В УПРАВЛЕНИИ КРУПНОМАСШТАБНЫМИ СИСТЕМАМИ

Известны несколько примеров решения задач управления с помощью метамоделей дискретно-событийных организационных систем. Задача повышения мощности Балтийского контейнерного терминала Рижского коммерческого порта была поставлена в связи с устойчивым ростом объёма перевозок, играющим важную роль в транзите грузов через Латвию [33, 34]. Имитационная макромодель терминала основана на его формализованном представлении в виде двунаправленной логистической сети, в которой каждый поток контейнеров проходит через специальные зоны хранения контейнеров. Зоны хранения контейнеров объединяют шесть выделенных логистических цепочек в единую сеть. В качестве примера цепочки можно указать: “причал терминала → зона хранения импортных контейнеров” (разгрузка судна). Каждая цепочка формализуется совокупностью происходящих в ней процессов и представляется потоковой диаграммой или структурной схемой соответствующего алгоритма. Временные характеристики отдельных операций выбраны в виде эмпирических распределений, полученных после наблюдения за работой отдельных разгрузочно-погрузочных и транспортных средств терминала. Детализированные потоковые диаграммы транслируются в моделирующие программы на макроязыке SIMAN в среде имитационного моделирования ARENA [35].

Результатирующая коммерческая модель терминала содержит более 1000 параметров и переменных, в том числе случайных. Выходные данные имитационных экспериментов послужили исходным материалом для метамоделирования. Построены и протестированы 20 имитационных метамоделей регрессионного типа. С их помощью проведен анализ влияния числа используемых трейлеров и вилочных погрузчиков на показатели эффективности использования основных транспортных ресурсов терминала и на среднюю продуктивность причалов.

Для учёта ситуации на рынке электроэнергии и прогнозирования коммерческих последствий принимаемых решений необходима модель, объединяющая рыночную экономику спроса и предложения с технической моделью сети передачи электроэнергии. Такая модель создана и реализована как пакет прикладных программ GridView [36–38]. Модель имитирует будущее развитие рынка электроэнергии час за часом для интервалов времени от одного дня до нескольких лет. Стоимость в долларах за 1 МВт · ч поставки следующего приращения нагрузки (location market price — LMP) в определенном месте расположения сети передачи электроэнергии, т. е. местная рыночная цена, используется как один из ключевых показателей состояния рынка. На основе LMP определяется количество оплачиваемой и потребляемой электроэнергии. Районы с высоким значением LMP следует рассматривать как более выгодные для расположения новых электростанций. Значения LMP, различающиеся в двух точках сети передачи электроэнергии, указывают на слабые участки линии передачи электроэнергии, а разница между ними может служить индикатором уровня ограничения пропускной способности. Для каждого ограничения на передачу можно определить теневую цену как индикатор экономической выго-

ды при повышении пропускной способности линий электропередачи. Теневая цена даёт денежно-кредитную экономию для рынка. Она может быть реализована путём увеличения предела пропускной способности линий электропередачи.

Пакет GridView позволяет анализировать как крупномасштабные сети передачи электроэнергии, так и рынки электроэнергии. Моделирование максимально приближено к реальности. В качестве примера успешного применения этого пакета можно указать моделирование энергетической системы, покрывающей пятую часть территории США и содержащей более 18 тыс. линий.

Компания "Adica Consulting" разработала и предлагает использовать ряд программных продуктов, предназначенных для решения проблем электроэнергетики с помощью имитационных моделей [39].

Универсальный программный пакет ENPER с развитым графическим интерфейсом моделирует децентрализованный процесс принятия решений в энергетических системах, учитывает альтернативы поставки. Пакет настраивается на различные предпочтения потребителей энергии и поставщиков, например, пределы способности производить энергию, правительенную политику (налоги, субсидии, приоритет для внутреннего ресурса по импортированному ресурсу и др.). Основные входные параметры содержат информацию о структуре энергетической системы, статистику потребления энергии в базисном году, включая продукцию и уровни потребления, цены, требуемый проектируемый рост энергии, технологические и политические ограничения. Пакет ENPER применяется для анализа приоритетной энергии и экологических проблем в более чем 80 странах, с его помощью выполняется моделирование на основе рынка, определяется ответ различных долей энергетической системы на изменения в ценах на энергию и уровнях спроса на энергию.

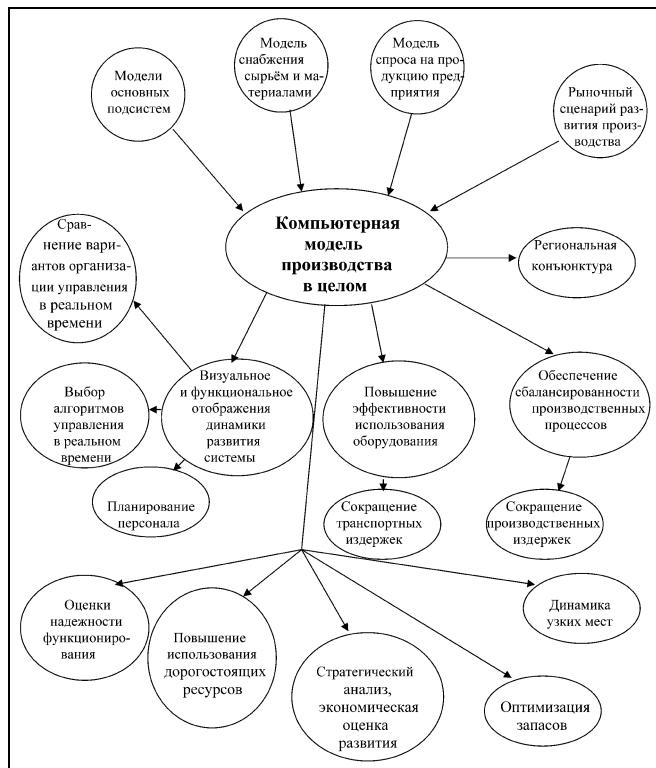
Пакет GTMax предоставляет крупным компаниям инструмент анализа разрегулированных рынков электроэнергии, моделирует региональные или национальные сети с учетом иерархии и функциональных связей, позволяет отслеживать почасовые сделки по электроэнергии, затраты, доходы.

Пакет даёт возможность вычислить экономические и финансовые затраты с учётом экологических ограничений, возникающих при использовании гидроэлектроэнергии. С его помощью решаются следующие проблемы:

- каково состояние рынка;
- какую мощность позволяют генерировать и продавать каждый час в течение специфического периода технические средства;
- в какой момент необходимо принимать решение о закупке и (или) продаже мощности электроэнергии;
- каковы крайние запасы воды в гидробассейнах;
- каково значение программ управления потребителей;
- какова проектируемая доступная возможность передачи каждый час в регионе;
- будут ли выгодны инвестиции в расширение производства?

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создание имитационных моделей социально-экономических и производственных систем приносит значительный эффект при решении задач оптимизации и уп-



**Рис. 2. Возможности компьютерного моделирования производственных систем**

равления. Компьютерное моделирование незаменимо при предварительной проверке решений, связанных с изменением функционирования элементов социально-экономической сферы, позволяет значительно улучшить бизнес-процессы. На рис. 2 показаны основные направления применения компьютерных моделей производственных систем. Разнообразие применений говорит о том, что затраты на исследование и подготовку адекватной имитационной статистической модели обязательно окупаются и приносят прибыль.

Отметим, что современный этап развития имитационного моделирования характеризуется увеличением числа и разнообразия методов обработки результатов имитационных экспериментов. Можно отметить две особенности статистики, содержащей результаты имитационных экспериментов. Первая состоит в том, что статистика не вполне адекватна реальным процессам, поскольку получена в результате обобщения сведений, полученных из реальной статистики и путём изучения закономерностей поведения реального объекта, которые, естественно, не могут отразить закономерности поведения реального объекта с исчерпывающей полнотой. Вторая особенность состоит в том, что для имитации случайных воздействий и помех в стохастических имитационных моделях применяются датчики псевдослучайных чисел, имеющие ограниченный период, после которого значения моделируемых случайных чисел начинают повторяться. Методы обработки результатов имитационных экспериментов обязательно должны учитывать эту особенность при длинных реализациях. Несмотря на эти трудности, метамоделирование, под кото-



рым понимают построение моделей второго уровня, обобщающих сведения, полученные в результате много-кратных экспериментов с имитационными моделями объектов, даёт возможность полнее изучить закономерности поведения моделируемого объекта.

Приведенные в обзоре примеры показывают результаты применения новых алгоритмов моделирования, современных языков моделирования, актуальных информационных технологий для решения задач повышения эффективности эксплуатации сложных производственных систем. Они показывают, что, несмотря на трудоёмкость и затраты, эти приёмы и методы позволяют сделать существенный вклад в развитие моделируемых объектов и повышение качества жизни их создателей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бусленко Н. П., Шрейдер Ю. А. Метод статистических испытаний (Монте-Карло) и его реализация на цифровых вычислительных машинах. — М.: Физматгиз, 1961. — 226 с.
2. Metropolis N., Ulam S. The Monte-Carlo Method // Journ. Am. Stat. Ass. — 1949. — Vol. 44, N 247. — P. 335—341.
3. Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло) / Н. П. Бусленко, Д. И. Голенко, И. М. Соболь и др. — М.: Физматгиз, 1962. — 332 с.
4. Бусленко Н. П. Математическое моделирование производственных процессов на цифровых вычислительных машинах. — М.: Наука, 1964. — 364 с.
5. Бусленко Н. П. Метод статистического моделирования. — М.: Статистика, 1970. — 112 с.
6. Старосельский В. А. Об оптимизации функционалов, заданных статистической моделью // Экономика и математические методы. — 1967. — Т. 3, вып. 3. — С. 460—461.
7. Снапелев Ю. М., Старосельский В. А. Моделирование и управление в сложных системах. — М.: Сов. радио, 1974. — 264 с.
8. Бусленко Н. П., Соколов Г. А. Об одном классе задач оптимального распределения // Экономика и математические методы. — 1965. — Т. 1, № 1. — С. 123—136.
9. Цвиркун А. Д., Акинфьев В. К., Филиппов В. А. Имитационное моделирование в задачах синтеза структуры сложных систем (оптимизационно-имитационный подход). — М.: Наука, 1985. — 174 с.
10. Антонова Г. М. Методика ЛП<sub>т</sub>-поиска с усреднением для исследования динамических стохастических систем, представленных имитационными моделями. — М.: Ин-т проблем управл. им. В. А. Трапезникова РАН, 2000. — 76 с.
11. Антонова Г. М. ЛП<sub>т</sub>-поиск с усреднением как новая технология поиска рациональных решений / Прилож. к журн. "Информационные технологии". — 2001. — № 6. — 24 с.
12. Бродский Ю. И., Павловский Ю. Н. Имитационное моделирование и распределенные вычисления // Моделирование, декомпозиция и оптимизация сложных динамических процессов / ВЦ РАН. — М., — 2003. — С. 30—40.
13. Экологово-социально-экономическая модель: гуманитарный и информационный аспекты. / Н. В. Белотелов, Ю. И. Бродский, Н. Н. Оленев, Ю. Н. Павловский // Информационное общество. — 2001. — № 6. — С. 43—51.
14. Белотелов Н. В. Устойчивое развитие и интегрированные модели // Открытое общество и устойчивое развитие: местные проблемы и решения / МИДА. — М., 2000.
15. Бродский Ю. И. Экологово-социально-экономическая имитационная модель: технология реализации // Моделирование, декомпозиция и оптимизация сложных динамических процессов / ВЦ РАН. — 2001. — С. 89—107.
16. Павловский Ю. Н. Имитационные модели и системы. — М.: ФАЗИС; ВЦ РАН, 2000. — 131 с.
17. Бродский Ю. И. Проблемы создания центра имитационного моделирования в Интернет // Моделирование, декомпозиция и оптимизация сложных динамических процессов / ВЦ РАН. — М.; 1998. — С. 29—35.
18. Бродский Ю. И., Лебедев В. Ю. Инструментальная система имитации MISS. — М.: ВЦ АН СССР, 1991. — 180 с.
19. Елохин В. Р., Санаев Б. Г. Апроксимация моделей энергетических систем. Планирование и анализ регрессионных экспериментов. — Новосибирск: Наука, 1982. — 150 с.
20. Елохин В. Р. Имитационные методы при анализе и планировании экспериментов (регрессионный анализ). — Апартаменты: Изд-во Кольского науч. центра РАН, 2003. — 135 с.
21. Елохин В. Р. Елохин И. В. Имитационный метод статистической аппроксимации. — Там же. 2002. — 120 с.
22. Власов С. А., Шлихал И. Состояние разработок и перспективы развития имитационных систем для анализа функционирования и автоматизированного проектирования производства (на примере металлургии и машиностроения) // Моделирование и идентификация производственных систем / ИПУ. — М., 1988. — С. 5—17.
23. Власов С. А., Дургарян И. С. Принципы интеллектуализации средств имитационного моделирования и автоматизированной идентификации для производств повышенного риска // Идентификация и моделирование производств повышенного риска / ИПУ. — М., 1993. — Вып. 2. — С. 5—13.
24. Методы и модели управления проектами в металлургии / В. С. Смирнов, С. А. Власов, Е. С. Ваулинский, Б. И. Лебедев. — М.: СИНТЕГ, 2001. — 176 с.
25. Рожков И. М., Власов С. А., Мулько Г. Н. Математические модели для выбора рациональной технологии и управления качеством стали. — М.: Металлургия, 1990.
26. Прицкер А. Введение в имитационное моделирование и языки СЛАМ 2. — М.: Мир, 1987. — 646 с.
27. Шрайбер Т. Дж. Моделирование на GPSS. — М.: Машиностроение, 1980. — 592 с.
28. Pritsker A. A. B. The GASP 4 Simulation Language. — N.-Y.: John Wiley, 1974.
29. Kleijnen J. P. C. Regression Metamodels for Generalizing Simulation Results // IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics. — 1979. — Vol. SMC-9, N 2. — P. 93—96.
30. Kleijnen J. P. C., Standridge C. Experimental design and regression analysis: an FMS case study // European Journal of Operational Research. — 1988. — Vol. 33, N 3. — P. 257—261.
31. Kleijnen J. P. C. Verification and validation of simulation models // European Journal of Operational Research. — 1995. — Vol. 82, N 1. — P. 145—162.
32. Van Groenendaal, Kleijnen J. P. C. On the assessment of economical risk: factorial design versus Monte-Carlo methods // Journal of Reliability Engineering and System Safety. — 1997. — Vol. 57, N 1. — P. 103—105.
33. Merkuryeva G. Computer Simulation in Industrial Management Games // Proc. of MIM 2000. IFAK Symp. on Manufacturing, Modeling, Management and Control / Eds. P. P. Groumpus, A. P. Tzes. — University of Patras, Rio, Greece. — 2000. — P. 69—73.
34. Выбор оптимального набора ресурсов с помощью имитационного моделирования / Ю. А. Меркуров, В. В. Бардакченко, А. В. Соломенников, Ф. Камперман // Информационные технологии и вычислительные системы. — 2004. — № 4. — С. 104—118.
35. Merkuryev Y., Merkuryeva G., Bruehl S. Container terminal macro modeling with the Arena simulation tool // Advanced Summer Institute'98: Proceedings. ASI'98. Life Cycle Approaches to Production Systems Management, Control and Supervision. June 14—17, 1998. Bremen, Germany, 1998. — P. 306—310.
36. Ксиоминг Фэнг, Вилли Вонг, Ле Танг. GridView. Моделирование ситуации на рынке электроэнергии для оптимизации использования основных средств // АББ Ревю. — 2003. — № 1.
37. Economic Evaluation of Transmission Congestion Relief Based on Power Market Simulations // IEEE Power Engineering Society General Meeting, Toronto, Canada, July 2003.
38. Xiaoming Feng, Jian Yang, et al. A New Breed of Software Tool for Integrated Electrical Power System and Market Analysis — GridView // IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, Chicago, IL, July 21—25. — 2002.
39. [www.adica.com](http://www.adica.com)

☎ (095) 334-78-29

E-mail: [gmant@ipu.ru](mailto:gmant@ipu.ru)

[tsvirkun@ipu.ru](mailto:tsvirkun@ipu.ru)

УДК 001.8+007.5

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

И. В. Прангишвили

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова, г. Москва

Для повышения эффективности управления сложными социально-экономическими и организационными системами предложено применять метод золотого сечения, мягкое резонансное управление, когнитивный анализ и рефлексивное управление. Кратко рассмотрены особенности этих методов, приведены примеры и указаны области их применения.

Наука и практика показывают, что уровень жизни народа и его благосостояние на 60—70 % зависят от *системного подхода к управлению и от эффективности управления* и на 30—40 % от других факторов.

Страна может не располагать достаточными природными ресурсами, однако благодаря высокой эффективности управления обеспечить достойный уровень жизни своих граждан. Примеры: Япония, Финляндия, Германия, Гонконг, Сингапур и др. И *наоборот*, есть страны, имеющие значительные природные богатства, однако из-за неэффективного управления уровень жизни их населения невысокий. Примеры: Россия и такие страны СНГ, как Казахстан, Азербайджан, Туркменистан. Поэтому специалисты-управленцы говорят, что “нет богатых и бедных стран, а есть хорошее (эффективное) и плохое (неэффективное) управление”. Для повышения эффективности управления требуются системный подход к управлению и применение научных методов повышения эффективности управления.

В России и других странах СНГ наблюдается *системный кризис управления* и, как следствие, кризисы в экономической, политической, социальной и организационной системах и низкая эффективность их управления.

Самая большая наша беда на всех уровнях управления (государственном, региональном, муниципальном, местном) заключается в очень *низкой эффективности управления*. Известно, что из решений, принятых Президентом РФ, практически реализуются не более 5 % [1]; управляющие сигналы, исходящие с верхних этажей власти, просто не достигают нижних, с которыми сталкивается основная масса народа, что свидетельствует о низкой эффективности управленческих решений или практическом отсутствии управляемости, о потере управ-

ляемости системы или о плохом управлении — и это главная проблема современной России. К сожалению, на практике не применяются научные методы повышения эффективности управления.

Существует несколько научных методов повышения эффективности управления в организационных, социально-экономических, политических и других системах. Среди них кратко рассмотрим следующие пять методов, оправдавших себя на практике:

- метод золотого сечения или золотых пропорций;
- метод мягкого резонансного управления;
- метод когнитивного анализа и управления;
- метод рефлексивного управления;
- метод системного подхода в управлении.

Эти методы не допускают коррупции, воровства и незаконной приватизации собственности, что может затруднить их практическое применение.

Что касается методов повышения эффективности и оптимизации управления производственно-технологическими и техническими системами, то они достаточно хорошо разработаны в науке управления и описаны в литературе в виде ряда классических методов оперативного управления и оптимизации функционирования технических и производственно-технологических систем.

В соответствии с методом **золотого сечения** или **золотой пропорции** для повышения эффективности управления главные показатели или главные параметры любой сложной системы, например, собственность, ресурсы, стоимость, доходы, прибыль, фонд зарплаты и другие, следует оптимально делять или распределять между конкурентами по правилу золотого сечения или золотой пропорции. Тогда появится возможность получить наиболее устойчивую, стабильную, гармоничную и эффек-



тивную систему [2–5]. Если конкурентов два, тогда основной показатель системы как целое надо разделить на две неравные части 62 и 38 % или  $2/3$  и  $1/3$ , или близкие к ним числа (рис. 1).

Сложные системы могут состоять из нескольких иерархических уровней или структур и на каждом из них необходимо пользоваться правилом деления целого на соответствующие доли между *конкурентами* по золотому сечению на 62 и 38 % или  $2/3$  и  $1/3$ , чтобы обеспечить максимальные устойчивость, стабильность, гармонию и *эффективность управления*, как на каждом иерархическом уровне, так и на всех уровнях в целом. На рис. 2 для примера приведена трехуровневая структура и распределение по золотому сечению на каждом уровне иерархии и в системе в целом [4, 5].

В сложной системе оптимальное распределение долей между многими конкурентами осуществляется по золотому сечению с помощью ряда Фибоначчи, в котором каждый последующий член равен сумме двух предыдущих:  $a_n = a_{n-1} + a_{n-2}$ . Так, например, если пять конкурентов хотят разделить общий фонд зарплаты на пять долей по золотому сечению и условно первому конкуренту как нижестоящему по должности выделяется минимальная доля зарплаты, например, 1000 руб., тогда следующему по должности сотруднику по правилу золотого сечения и ряду Фибоначчи следует дать на 62 % больше, т. е. 1620 руб. (рис. 3). Следующему (третьему) по должности уже необходимо установить зарплату  $a_n = a_{n-1} + a_{n-2} = 1000 + 1620 = 2620$  руб., а четвертому —  $a_n = a_{n-1} + a_{n-2} = 1620 + 2620 = 4240$  руб., пятому, самому вышестоящему по должности, необходимо установить зарплату  $a_n = a_{n-1} + a_{n-2} = 2620 + 4240 = 6860$  руб.

Соблюдение принципа золотого сечения или золотой пропорции является *необходимым, но недостаточным* условием эффективного управления рынком и социальными, экономическими и организационными системами. Напомним, что любая сложная система (страна, регион, отрасль, корпорация, фирма, организация), как правило, содержит два блока: с одной стороны, сложный производственно-технологический блок, а с другой — социально-экономический и организационный блок. В основу эффективного управления такими крупными системами должно лежать *гармоничное сочетание* этих двух взаимодополняющих частей одной системы.

Как было отмечено, на производственно-технологическом уровне управления систем применяются достаточно хорошо разработанные наукой управления классические методы оперативного управления и оптимизации. Что касается социально-экономического и организационного уровня управления, то необходимо применять указанные выше *новые* методы гармоничного управления, основанные на принципах золотого сечения, мягком резонансном управлении, когнитивном анализе и управлении и рефлексивном управлении.

Анализ реальных систем различной природы (комерческих фирм, АО, корпораций, развитых стран и др.) показал, что эффективно функционирующие системы используют технологию золотого сечения. Приведём несколько примеров.

- В развитых странах собственность распределена между государством и частным бизнесом в соотношении

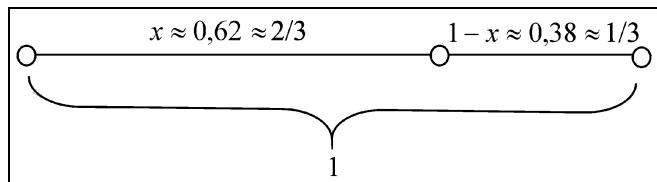


Рис. 1. Деление единичного отрезка в золотой пропорции

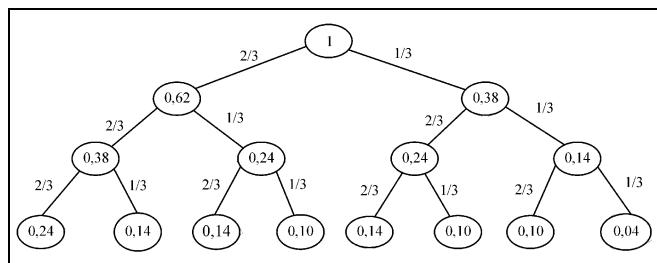


Рис. 2. Распределение целого (1) по трём иерархическим уровням по правилу золотой пропорции

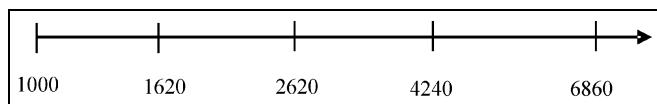


Рис. 3. Разделение целого между пятью конкурентами по правилу золотой пропорции или в соответствии с рядом Фибоначчи  
 $a_n = a_{n-1} + a_{n-2}$

62 и 38 % или близко к 60 и 40 %. Если в стране экономика социально ориентирована, как, например, в Швеции, то доля госсобственности близка к 62 %, а доля частной собственности — к 38 %. Если же экономика страны либерально ориентирована, как, например, в Японии, Германии, Англии, Франции или США, то наоборот, доля госсобственности приближается к 38 %, а доля частной собственности — к 62 %. В России отношение долей государственной и частной собственности *далеко от золотой пропорции*, что указывает на *неэффективность управления* собственностью.

- Ресурсы и доходы в Германии, Англии, Японии и в других развитых странах распределяются также в золотой пропорции — 62 и 38 %.
- Известный коэффициент Джини, близкий к значению 0,62 или его квадрату 0,38, описывает распределение доходов населения и используется для анализа равновесного состояния экономики.
- Правило золотой пропорции 62 и 38 % используется для *прогнозирования цен* различных валют и акций на валютных и фондовых рынках типа FOREX.
- Бизнес-фирма обладает лучшей стабильностью, устойчивостью и гармонией, если использует золотые пропорции в распределении зарплаты, ресурсов, доходов, прибылей и затрат [6].
- Для обеспечения устойчивости и гармонии в кадровой политике любой фирмы, корпорации или организации зарплату сотрудникам надо устанавливать в золотой



пропорции. Зарплата сотрудника более высокого уровня иерархии должна быть на 62 % больше зарплаты сотрудника предыдущего уровня (см. рис. 3). Для примера в таблице приведен расчет по золотому сечению или ряду Фибоначчи заработной платы коллектива, состоящего из 1024 чел., находящихся на 11 уровнях иерархии. Видно, что отношение фондов зарплаты 17 % высокооплачиваемых сотрудников и 17 % низкооплачиваемых составляет 9,5 (3 569 600 : 374 200). Установление зарплаты по золотой пропорции способствует стабильности и заинтересованности сотрудников и большей устойчивости кадровой системы и препятствует распаду и деградации.

- По правилам золотой пропорции также получается, что если какая-либо фирма (компания) удваивает объём продаж и удваивает при этом свою численность, то она должна соответственно увеличить зарплату каждого сотрудника в 1,62 раза. Такая зарплатная политика повышает устойчивость и стабильность кадров [4].
- Статистический анализ показал, что те бизнес-фирмы и корпорации, которые работают по правилам золотой пропорции в среднем повысили производительность труда на 10–20 %, увеличили оборот в 1,3–1,5 раза, минимизировали затраты на 15–20 % [4–6].
- На нормальном или конкурентном (немонопольном) рынке отношение минимальной цены, предложенной сначала покупателем, к максимальной цене, требуемой сначала продавцом, должно быть близким 0,62, тогда рынок будет стабильным и устойчивым и будет конкуренция, а неговор продавцов товара.
- Деление по золотой пропорции главных показателей системы (ресурсы, доходы, прибыли, фонд зарплаты, бюджет, собственность и др.) способствует повышению эффективности управления, балансу интересов народа и власти в экономике, политике, в социальных и организационных системах. Эффективное управление может обеспечить и баланс интересов между личностью, семьей и обществом.

Применение технологии золотого сечения или принципа гармонии создает необходимые условия для развития российского производства и экономического роста

#### Расчет численности штатной иерархии и заработной платы

Уровни иерархии	Зарплата сотрудника, руб.	Число сотрудников по уровням	Фонд зарплаты по уровням, руб.
11	65 971	1	65 000
10	41 232	10	412 300
9	25 770	45 (17%)	1 159 600
8	16 106	120	1 932 700
7	10 066	210	2 113 900
6	6 291	252	1 585 400
5	3 932	210	825 800
4	2 458	120	294 900
3	1 536	45	69 100
2	960	10 (17%)	9 600
1	600	1	600
Итого	1024	—	8 468 900
			—

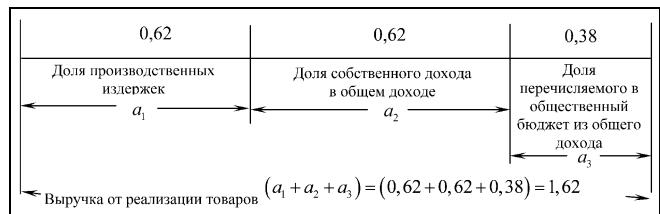


Рис. 4. Оптимальное соотношение производственных издержек ( $a_1$ ), собственного дохода ( $a_2$ ) и налога в бюджет ( $a_3$ ) от реализации товаров в новых условиях ценообразования и налогообложения деятельности производителей

России. Основой формирования оптимальной российской производственной и экономической политики во всех сферах и отраслях могут служить принципы золотого сечения эквивалентности обмена и нового ценообразования [10].

Исследования показали, что для оптимизации развития российского производства и, в первую очередь, перерабатывающего сектора, необходимо обеспечить долевое соотношение производственных издержек ( $a_1$ ), отчисления в общественный бюджет ( $a_3$ ) и собственного дохода, который остается у производителя ( $a_2$ ), в выручке от реализации товаров и услуг на рынке в соответствии с графиком, приведенным на рис. 4 [10].

Для оптимизации российского производства необходимо выполнить соотношения, указанные на рис. 4, т. е. необходимо обеспечить условия:

$$\begin{aligned} a_2/a_3 &= a_1 + a_2 + a_3 = (a_2 + a_3) : a_1 = (a_1 + a_3) : a_2 = \\ &= (a_1 + a_2 + a_3) : (a_1 + a_3) = (a_1 + a_2 + a_3) : (a_2 + a_3) = \\ &= (a_1 + a_2 + a_3) : a_1 = 1,62. \end{aligned}$$

Таким образом, принцип золотого сечения, принцип эквивалентности обмена и закон нового ценообразования позволяют эффективно управлять российским производством и экономическим ростом путем установления оптимальных соотношений между долями собственного дохода производства, налоговыми отчислениями в бюджет и производственными издержками, а также из-за соответствующей реорганизации производства [10].

Правда, следует отметить, что поскольку применение принципа золотого сечения является необходимым, но не достаточным условием, то если человек лентяй и пьяница, принцип золотого сечения вряд ли ему поможет.

Наличие золотых пропорций можно рассматривать как индикатор классической устойчивости рыночных процессов (здоровье, конкуренция, достаточная покупательная способность, стабильность). Фирме при такой рыночной системе не приходится тратиться на рекламу или другие акции по продвижению товаров.

**Мягкое резонансное управление** позволяет переводить управляемую систему из одного качественного состояния в другое минимальными усилиями или слабым внешним сигналом за малое время и при минимальных затратах ресурсов (финансовых, энергетических и др.). При мягким резонансном управлении система довод-



дится до *критической точки* (“точки кристаллизации”), когда проявляются собственные или внутренние тенденции развития сложной системы и небольшими внешними усилиями система “подталкивается” в направлении этих тенденций и переходит в другое более прогрессивное состояние [2, 3].

Главная задача заключается в том, как слабым резонансным воздействием подтолкнуть систему на один из *собственных и благоприятных* для объекта путей развития, как обеспечить *самоуправление и самоподдерживание* развития. Некоторые человеческие действия обречены на провал и не приведут к успеху, поскольку *не согласованы с внутренними тенденциями* развития сложных систем. Слабое управляющее воздействие должно быть не только энергетически, но и топологически правильно организовано. Резонансное влияние — это влияние пространственно распределенное.

Мягкое резонансное управление позволяет многократно сократить время и мощность управляющих сигналов и генерировать желаемые и реализуемые структуры в сложных системах. Его условно можно сравнить с уколом больного в нужное время и в нужное место, когда можно использовать минимальную дозу лекарства и вывести больного из тяжелого состояния.

Мягкое резонансное управление часто уподобляется спусковому или триггерному механизму. Однако чтобы он смог перевести систему в другое состояние, сама система должна находиться в состоянии внутреннего напряжения. В зависимости от того, насколько велико это напряжение, требуется различный уровень воздействия спускового механизма: чем напряженнее система, тем меньший уровень достаточен для освобождения внутренней энергии системы и ее преобразования.

Очень велика роль спускового (триггерного) механизма в социальных системах. Так, например, во множестве собравшихся, люди нередко утрачивают способность контролировать себя и часто превращаются в толпу, поддающуюся триггерному воздействию. Многие крупные события, включая революции, оказывались проявлениями действия неких спусковых механизмов [2, 3].

*Синергетика* показывает, как можно многократно сократить время и требуемые усилия и генерировать посредством резонансного управления желаемые и реализуемые структуры в сложной системе. Мягкое резонансное управление применяют передовые отечественные и зарубежные фирмы и корпорации. Недавние бескровные революции в Киеве, Тбилиси и Киргизии осуществились также по технологии мягкого резонансного управления, когда государственная и политическая системы из-за коррупции и клановости были доведены до критической точки, и далее благодаря небольшим усилиям система перешла из одного качественного состояния в другое. Мягкое резонансное управление предпочтительно в экономике, социальных и организационных системах. Однако оно практически слабо применяется в российской действительности.

**Когнитивный анализ и управление** на его основе описывается на качественные модели систем с учетом непрерывно меняющейся внешней среды (политической, экономической, психологической и др.). Когнитивный анализ особенно полезен для плохо формализуемых за-

дач и систем, которые часто встречаются на практике [2, 7–9].

Когнитивный анализ управления способен выявлять позитивные и негативные для развития объекта управления тенденции во внешней среде. При этом, учитывая опасности, риски, возможности, шансы и т. п., можно достичь намеченных целей при минимуме затрат.

Когнитивное моделирование и анализ систем различной природы (социальных, организационных, военных, экологических, политических) позволяют грубо и приближенно оценить результаты достижения цели.

Математическим аппаратом когнитивного анализа и эффективного когнитивного управления служат знаковые графы с весами, учитывающие десятки и сотни необходимых параметров и позволяющие получить качественные, а не количественные ответы типа: лучше, хуже, больше, меньше, тенденции развития, положительные или отрицательные, на поставленные вопросы. Когнитивный метод опирается на лингвистический (семантический, содержательный) анализ событий для определения главных факторов, представленных в виде вершин графа. Эти вершины в прямом или в обратном направлении связаны с другими вершинами графа. Далее нужная вершина “запускается” импульсом, граф “раскручивается” и получаем результаты типа что будет, если, например, в два раза увеличить зарплату и пенсии, какая будет при этом инфляция. Можно решить и *обратную* задачу — что нужно сделать, чтобы получить нужный результат? Когнитивный анализ и управление можно использовать для повышения эффективности управления при решении задач из области экономики, социальной, организационной безопасности, реформирования ЖКХ, здравоохранения, образования и др.

**Рефлексивное управление** опирается на методологию управления конкурентом (противником) и определяется как способ передачи конкуренту (противнику) специально подготовленной информации, чтобы склонить его принять невыгодное конкуренту решение.

Цель рефлексивного управления — вынуждать противника принимать ошибочное решение и определенное действие, которое ведет к его поражению [2, 3].

Для рефлексивного управления часто используют различные средства манипуляции и введения противника в заблуждение. Теория рефлексивного управления возникла много раньше, чем похожие на него информационные войны. Известно, что рефлексивное управление, как и информационное оружие, представляет собой методологию управления противником и используется при различных конфликтах в социальных, военных и бизнес-процессах. Рефлексивное управление осуществляется информационное воздействие и представляет собой интеллектуальный подход к информационной войне, отключая внимание противника или конкурента, оказывая давление, умышленно передавая конкуренту или противнику такой информации, которая заставит его принимать неверные решения. Результатом рефлексивного управления со стороны США и Европы и той негативной информации, которую они внедряли в массовое сознание людей и властных структур, во многом был распад СССР и Югославии.

Рефлексивный характер носит также стратегическое управление, поскольку часто оно используется для того,

чтобы разобраться в настоящем и взглянуть в будущее. Рефлексивное управление должно быть искусством *мягкого управления*, самоуправления и самоконтроля.

Рефлексивное управление имело место и во время холодной войны между СССР и Западом, когда СССР пытался влиять на американское восприятие ядерного баланса. Цель одной из операций — убедить Запад, что возможности Советских ракет более грозные, чем они были фактически, для чего на демонстрациях 1 мая и 7 ноября в Москве на Красной площади показывали муляжи межконтинентальных баллистических ракет.

Рефлексивное управление является информационным оружием, которое более важно в достижении военных целей, чем любое традиционное оружие. Сегодня рефлексивные и информационные технологии ведения войны более эффективны, чем ядерное оружие и другие классические виды оружия. Эффективность рефлексивного или информационного воздействия на конкурента и врага во много раз эффективнее, чем традиционное оружие и террор.

Сегодня суть войны с противником сводится в основном к противоборству интеллектов. Очевидно, в будущем противника надо будет побеждать интеллектуальными и рефлексивными методами, а не применением традиционного оружия.

Важный недостаток современного управления сложными системами заключается в отсутствии **системного (целостного) подхода** [2]. Для понимания системного подхода как единого целостного подхода к системе нужно помнить, что отдельные части (подсистемы) системы настолько сильно взаимосвязаны между собой множеством прямых и обратных связей, что изменение одной из них может повлечь за собой значительные изменения в других ее частях. Поэтому часто не работает метод декомпозиции системы на ее отдельные части и исследования их как более простых, а далее синтеза системы из ее отдельных более простых частей. На самом деле, сис-

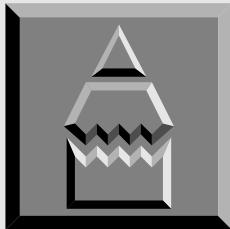
тему надо оценивать и анализировать как целостную или единую, и нельзя осуществить анализ и оценку системы после ее декомпозиции на более простые части.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Малинецкий Г. Г., Подлазов А. В., Кузнецов И. В. Мониторинг, анализ и прогноз опасностей как задачи национальной информационной системы // Информационные технологии и вычислительные системы. — 2004. — № 4.
2. Прангивили И. В. Системный подход и общесистемные закономерности. — М.: СИНТЕГ, 2000. — 528 с.
3. Прангивили И. В. Энтропийные и другие системные закономерности, вопросы управления сложными системами. — М.: Наука, 2003. — 428 с.
4. Прангивили И. В., Иванус А. И. Системная закономерность золотого сечения. Системная устойчивость и гармония // Проблемы управления. — 2004. — № 2. — С. 2–8.
5. Иванус А. И. Основы гармоничного менеджмента (концепция F-технологии). — М.: ИПУ РАН, 2004.
6. Маленко Т.Н. Золотое сечение бизнеса. (<http://www.sectio-divina.ru>).
7. Прангивили И. В. Когнитивный анализ моделей развития российского общества и управления его эффективностью // Труды 4-й междунар. конф. "Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций" / Ин-т пробл. упр. — М., 2004. — С. 5–17.
8. Максимов В. И. Структурно-целевой анализ развития социально-экономических ситуаций // Проблемы управления. — 2005. — № 3. — С. 30–38.
9. Прангивили И. В., Максимов В. И. Разрешение проблемных ситуаций в период современной трансформации // Общество и экономика. — 2001. — № 11 — 12.
10. Босечаева З. Н. Управление экономическим ростом. — М.: Экономика, 2004.

☎/✉ (095) 334-89-10

E-mail: [prangi@ipu.ru](mailto:prangi@ipu.ru)



## Не забудьте подписаться!

**Подписку на журнал "Проблемы управления"** можно оформить с любого месяца в любом почтовом отделении (**подписной индекс 81708** в каталоге Роспечати или **38006** в объединенном каталоге "Пресса России"), а также через редакцию с любого месяца на любые номера журнала, при этом почтовые расходы редакция берет на себя. Отдельные номера редакция высылает по первому же требованию. Стоимость одного номера с учетом НДС 440 руб.

**В 2006 году предполагается опубликовать прогнозы, обзоры и проблемные статьи, посвященные инновациям в сфере управления. Будет продолжена публикация результатов исследований и решения задач теории и практики управления.**

УДК 351/354:301.18

## **СЦЕНАРИИ УПРАВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВОМ (на примере Союза Сербии и Черногории)**

В. В. Кульба<sup>(1)</sup>, Д. А. Кононов<sup>(1)</sup>, И. В. Чернов<sup>(1)</sup>, С. С. Янич<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, г. Москва;

<sup>(2)</sup> Университет г. Новый Сад, Сербия

Представлены результаты применения нового актуального научного направления исследований — сценарного проектирования сложных систем. Рассмотрены исходные предпосылки моделирования, модель поведения социально-экономической системы и факторы, обусловливающие изменение ее состояний. Приведены результирующие сценарии синергетического поведения, а также прямого и аттрактивного управления Союзом Сербии и Черногории на перспективу 10—15 лет. Указаны необходимые этапы осуществления социально-экономических преобразований для эффективного достижения поставленных целей.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Процесс преобразования социально-экономических систем (СЭС) и условий их развития в целях совершенствования функционирования хозяйственного механизма как основного инструмента улучшения качества жизни общества связан со значительными трудностями. Во многом они определяются необходимостью проведения крупномасштабных, в том числе структурных, изменений в ведущих отраслях промышленности, реконструкции и модернизации производственных процессов, перехода на новые технологии и отношения, обеспечивающие удовлетворение потребностей в высокотехнологичной и качественной продукции, конкурентоспособной на мировом рынке. Кроме того, важную роль играют социальные, этнические, политические факторы, международная обстановка.

Анализ характера динамических процессов, возникающих в СЭС под действием возмущений различной природы, является важным звеном формальных процедур для решения широкого класса задач управления в социально-экономических системах. При исследовании СЭС возникает необходимость моделирования слабо структурированных и не структурированных проблем, для которых типичен низкий уровень точности исходных данных и качественный характер описания постулируемых зависимостей, что делает малоэффективным стремление к получению строгих количественных решений на основе точных аналитических моделей.

В этих условиях повышается роль методов анализа, результаты которого позволяют судить о наиболее вероятных и целесообразных направлениях развития динамических процессов, их устойчивости и других, желательных и нежелательных, свойствах для оперирующей стороны по информации о структурных особенностях исследуемой системы.

### **1. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОЮЗА СЕРБИИ И ЧЕРНОГОРИИ И ЦЕЛИ РАЗВИТИЯ**

Социалистическая Федеративная Республика Югославия всегда представляла собой страну чрезвычайно пеструю в этническом, религиозном, лингвистическом и культурном отношениях. Полиэтнический состав населения и межнациональные отношения, несшие на себе печать сложной истории, были характерными определяющими чертами этого федеративного государства. Формированию современной структуры его населения способствовал ряд специфических исторических факторов.

После смерти И. Б. Тито, в связи с развитием кризисных явлений в экономике и увеличением разрыва между растущими ожиданиями и достигнутым жизненным уровнем, федеральными властями в 1981 г. была предложена так называемая “долгосрочная программа экономической стабилизации”. Однако на практике ни одно из ее положений так и не было реализовано. В течение 1981—1989 гг. в стране господствовала экономиче-



ская анархия. Положение усугублялось также ошибочным курсом на получение все новых и новых иностранных кредитов. Девальвация динара была неизбежна и дала серьезный импульс экспорту, но при этом резко сократила импорт.

Закономерным следствием всего этого хаоса стало усиление инфляции, рост задолженности, снижение уровня жизни, увеличение разрыва в развитии различных регионов, рост национализма и обострение кризиса легитимности авторитарного режима.

В 1990 г. валовой национальный продукт (ВНП) Югославии сократился на 8 %, промышленное производство — на 12 %. В 1991 г. в результате гражданской войны ВНП упал на 12 %. В последующие годы приходится уже говорить об экономике “третьей Югославии” в составе лишь Сербии и Черногории. Валовой внутренний продукт (ВВП) Югославии за 1990-е г. сократился более чем вдвое, промышленное производство почти втрое, численность занятых уменьшилась примерно на 10 %. В 1992 г. против Югославии Запад ввел экономические санкции, фактически поставив страну в условия экономической блокады.

Натовские бомбардировки Югославии в марте — июне 1999 г. привели не только к резкому усилению спада производства, но и к новому всплеску инфляции и падению жизненного уровня населения. В 1999 г. ВВП страны сократился почти на 20 %, промышленное производство — на 23 %. Блок НАТО разрушил значительную часть инфраструктуры и производственных мощностей промышленности Югославии. Рост инфляции составил 42 %, уровень безработицы — 27 %. После проведения мер по сокращению внешней задолженности она все же превышала 14 млрд. долларов. Сотни тысяч людей лишились своей работы.

Главный приоритет сегодня для Сербии и Черногории заключается в удовлетворении стремления населения к построению демократического правового государства и возвращению Сербии и Черногории в семью европейских народов, полноправному участию страны в международных институтах.

Национальные интересы Сербии и Черногории состоят в обеспечении ее безопасности, выходе из системного кризиса, устойчивом экономическом развитии, обеспечении высокого качества жизни населения. Поэтому одна из важнейших задач государственных органов управления состоит в прогнозировании развития ситуации, генерации возможных альтернатив и выборе необходимых управленческих воздействий на основе анализа взаимовлияния совокупности макроэкономических, социальных и политических характеристик (факторов), определяющих текущее и прогнозируемое состояние страны. Решение данной задачи возможно лишь на основе применения сценарного подхода, обеспечивающего возможность комплексного исследования устойчивости развития страны.

---

## 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ СЦЕНАРИЕВ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

---

Реформаторские преобразования стратегического характера требуют изменения как значений макропоказателей, так и структуры отношений между ними. При

таких новациях для поддержания нормального функционирования изменяемой системы необходимо опережающее корректирующее управление оперативно-тактического уровня. Совместное выполнение соответствующих операций приводит к необходимости осуществления Проекта проведения структурных преобразований (далее — Проекта), согласованного с определенным сценарием преобразований. Разработка желательного сценария может базироваться на методологии сценарного проектирования и принципах организации системы управления проектами.

### 2.1. Постановка задачи сценарного проектирования социально-экономического развития

Известное деление задач управления на основные группы — стратегические, тактические и оперативные — приводит к необходимости изучать различные механизмы управления сложными системами. При этом каждый из выбранных механизмов позволяет эффективно осуществлять управление в рамках задач указанных групп. Различия между стратегическими, тактическими и оперативными задачами связывают с целеполаганием, временной длительностью и возможностями оперативного вмешательства в процесс преобразований, а также применяемых управляющих воздействий. В то время как тактические и оперативные задачи решают для определения режимов рационального поведения СЭС со сложившейся структурой системных макропоказателей, механизмы стратегического управления связаны с изменением структуры внутри- и внесистемных связей. Таким образом, концепция Проекта может быть описана сценарием развития, представленного в виде последовательности экспертно-значимых событий в рассматриваемых стратах СЭС: технологической, экономической, социально-политической и др.

Типология прикладных систем позволяет структурировать СЭС и изучать ее подсистемы методами сценарного анализа [1, 2]. Макромоделирование развития СЭС различных типов показывает, что уже на уровне классификации можно выделить ряд их характерных структурных особенностей. Далее подсистемы можно сгруппировать по признакам, определяющим уникальные свойства и связи между макропоказателями выделенной классификационной группы с тем, чтобы выполнить эффективный анализ и осуществить синтез оптимальных сценариев развития и таким образом сконструировать сценарий преобразований.

При формировании и анализе альтернативных сценариев развития СЭС целесообразно воспользоваться аппаратом модифицированных функциональных или операторных графов [1, 3], представляющим собой развитие аппарата знаковых и взвешенных знаковых графов [4] и обладающим широкими выразительными возможностями, позволяющими эффективно применять его для моделирования сложных динамических процессов в разнообразных предметных областях. Относительная простота модульной структуризации модели дает возможность автоматизировать процедуру ее построения на основе содержательной информации пользователя и заранее созданной библиотеки функциональных модулей.

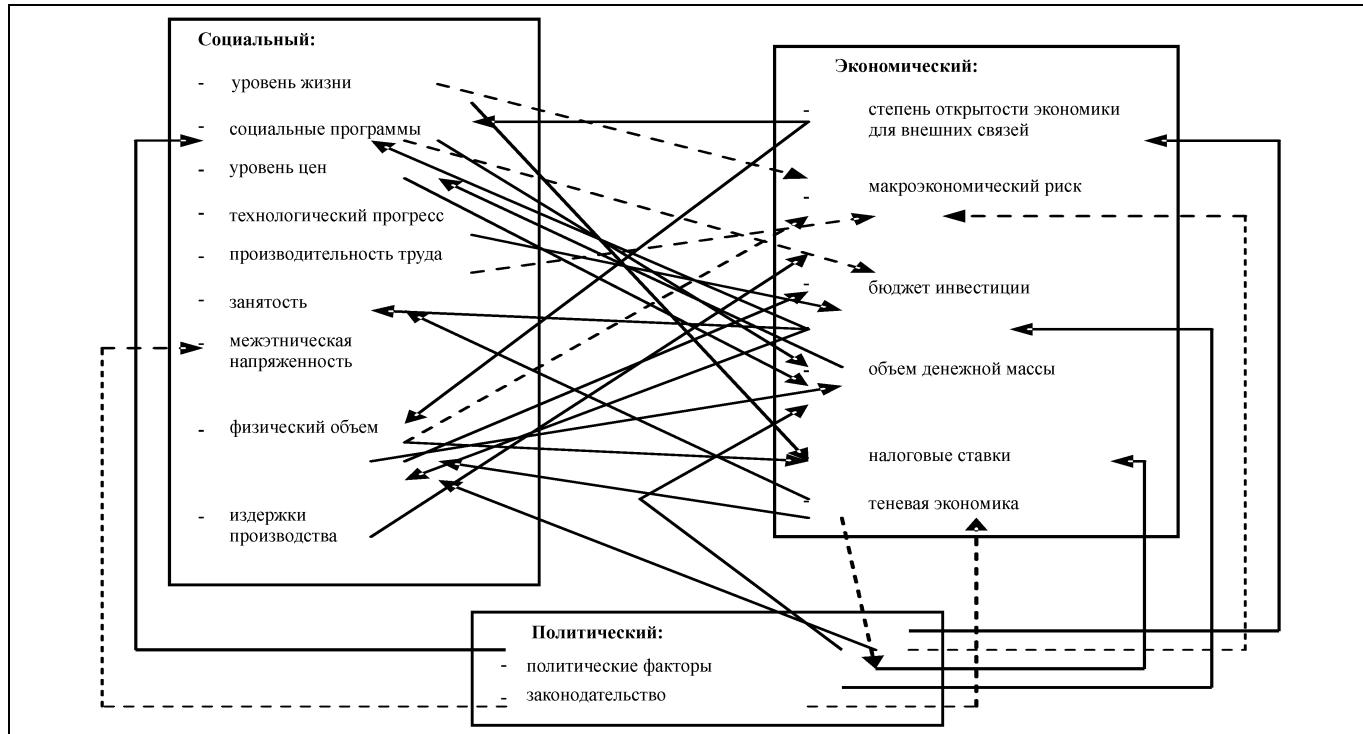


Рис. 1. Стратификация факторов развития

При моделировании сценариев развития государства на основе указанного аппарата социально-экономические характеристики национальные, меж- и наднациональные условия задают набором агрегированных переменных (факторов), взаимосвязи между которыми определяют структуру и свойства принимаемых стратегических управленческих решений. Каждая переменная (вершины графа) описывает определенную страту функционирования национальной СЭС (рис. 1). Связь между вершинами  $i$  и  $j$  (дуга  $i \rightarrow j$  графа) описывает взаимовлияние, переносимое по дугам в текущий период времени (рис. 2).

Направление переноса  $i \rightarrow j$  отражает реальное влияние параметров, характеризующих вершины  $i$  и  $j$ . Величина переноса влияния характеризует направление и степень зависимости: положительное — увеличение значений параметров вершины  $i$  влечет за собой увеличение значений параметров вершины  $j$ , отрицательное описывает обратный эффект.

Метод автоматической генерации сценариев развития СЭС [1] реализуется в два этапа. На первом формируется модель СЭС в виде знакового графа (когнитивной карты). На втором этапе на ее основе и выбранных управляющих воздействий автоматически генерируются сценарии развития СЭС, учитывающие и социально-политическую ситуацию.

Сценарии развития СЭС генерируют и анализируют в трех основных аспектах:

- прогноз развития ситуации в отсутствии управляющих воздействий на процессы развития СЭС, т. е. ситуация развивается сама по себе (сингеретический сценарий);

- прогноз развития ситуации с выбранным комплексом мероприятий-управлений (прямая задача — сценарий прямого управления);
- разработка комплекса мероприятий для достижения необходимого изменения текущей ситуации на основе синтеза сценария с заданными свойствами, т. е. достижения поставленных в процессе развития СЭС целей (обратная задача — аттрактивный сценарий).

Реализация выбранных управляющих воздействий, т. е. проведение структурных преобразований, на практике представляет собой последовательность действий управляющих государственных и общественных структур, которые должны быть согласованы между собой по времени, ресурсам и другим существенным факторам. Для реализации Проекта необходимо чередование ряда состояний СЭС, которые обеспечивают достижение цели преобразований при положительной (допустимой) динамике ее функционирования. Проблема формирования оптимального (в широком смысле) сценария для осуществления Проекта заключается в поиске временной последовательности допустимых экспертно значимых событий. Они определяют важнейшие моменты перехода СЭС в качественно новое состояние при выполнении условий ее устойчивости и безопасности.

Поставленная проблема генерации сценариев известна как проблема синтеза оптимального управления. В отличие от способа формирования оптимального управления как программного (управления как функции времени) синтетическое управление формируют как функцию координат расширенного фазового пространства, т. е. в терминах сценарного анализа — событийного представления траектории поведения объекта.

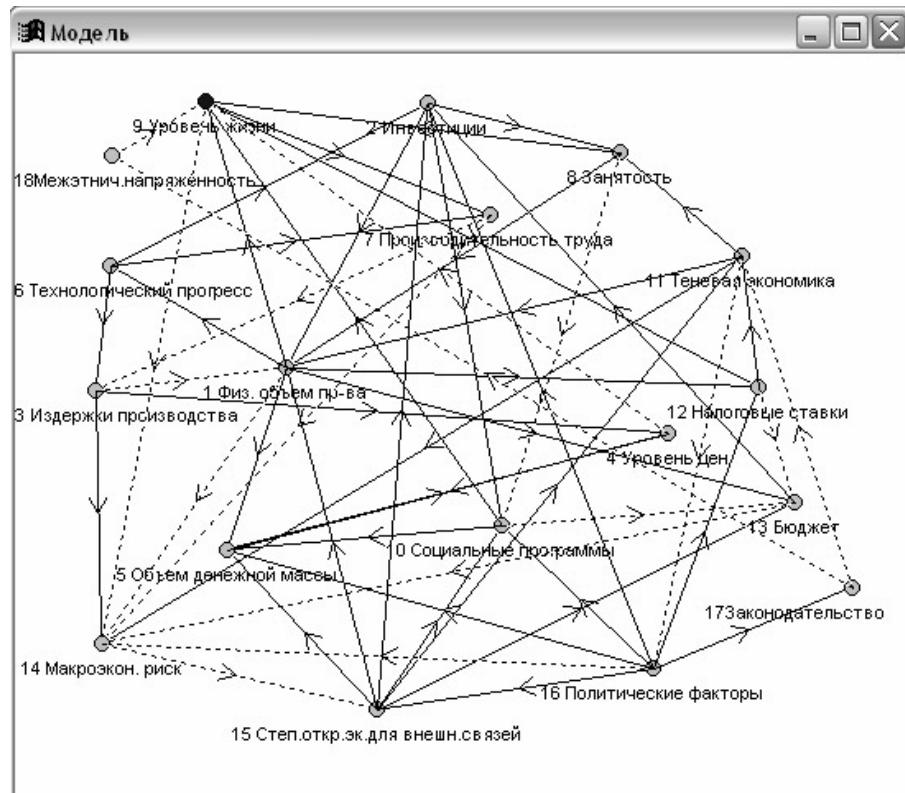


Рис. 2. Модель взаимосвязи факторов развития

Управляющие воздействия при автоматической генерации сценариев развития СЭС моделируют выбором как стратегических действий:

- расширение фазового пространства с целью детализации аналитических представлений о соответствующей страте, в том числе
    - введение новых вершин;
    - введение новых параметров в существующей вершине;
    - исключение вершины (вершин) из орграфа;
    - исключение некоторых параметров, например, путем определения жесткой функциональной зависимости между заданными параметрами СЭС;
  - введение новых дуг;
  - исключение дуги (дуг);
- так и оперативно-тактических:
- изменение состояния вершин (значений параметров);
  - изменение дуг знакового графа, в том числе изменения:
    - знака дуги (дуг);
    - интенсивности переноса воздействий.

Основной целью генерации спектра сценариев является создание плана стратегического развития социально-экономической системы Сербии и Черногории. Он должен представлять собой ряд альтернативных сценариев постепенного перехода СЭС от сегодняшнего состояния к состоянию экономического роста, социальной и политической стабильности.

Каждому варианту развития соответствует последовательный ряд структурных изменений СЭС, определяющих последовательные стратегические этапы пере-

хода. Им соответствуют структурные сценарии развития. В пределах каждого стратегического этапа развития формируются оперативно-тактические сценарии управления, обеспечивающие:

— стабильность структуры СЭС до окончания текущего этапа ее развития;

— реализацию выбранного желательного сценария развития на данном этапе;

— формирование благоприятных условий для последующего изменения структуры СЭС, соответствующей следующему этапу ее развития.

Характеристики отдельного сценария служат основой для построения плана мероприятий по его реализации: каждое управляющее воздействие преобразуется в реальные действия или количественные характеристики. Например, проведение закона состоит из его подготовки, обсуждения, чтений, принятия (каждый из этих этапов реализуется стандартными технологиями) и т. п.

Таким образом, задачи моделирования заключаются в:

- поиске альтернативных путей стратегического развития СЭС страны в виде множества моделей, фиксирующих структуру СЭС на каждом этапе;
- определении возможности, эффективности и характера управляющих воздействий как в пределах каждого этапа, так и для перехода на следующий этап;
- формировании альтернативных благоприятных сценариев развития для реализации основных этапов и подготовки перехода к следующему этапу.

## 2.2. Исходные предпосылки моделирования социально-экономического развития Союза Сербии и Черногории

На основе анализа текущей ситуации, а также целей стратегического развития были разработаны требования к построению графовой модели развития социально-экономической системы Сербии и Черногории, выявлена совокупность базисных факторов развития и взаимосвязей между ними, определяющая возможности развития Союза Сербии и Черногории (см. рис. 1 и 2). Для более четкой интерпретации и качественного анализа результатов моделирования базисные факторы сгруппированы по следующим направлениям (стратам): социальному, экономическому и политическому.

Целевыми факторами выступают уровень жизни населения и ВНП. Требуется, чтобы эти факторы достигли определенного, достаточно высокого уровня и сохраняли свою стабильность в течение длительного времени. В качестве управляющих базисных факторов выделим: степень открытости экономики для внешних связей, налоговые ставки, социальные программы, уровень теневой экономики и объем инвестиций.



Многослойные связи между факторами различных страт, представлены на рис. 1. Сплошными линиями представлены связи между факторами, когда действие одного фактора усиливает влияние другого, пунктиром — когда ослабляет.

Анализ динамики развития государственной (союзной) экономики требует определенных допущений, зависящих от смысла отдельных параметров и связей, существующих между ними. Эти допущения соответствуют текущему состоянию экономики государства и должны быть учтены при анализе связей между параметрами. Исходные предпосылки таковы.

- Ориентация на эволюционный путь развития и реформы, на прекращение цикла революционных потрясений и шоковых экспериментов. Предполагается всеобъемное укрепление государства, повышение его роли и ответственности в экономике и социальной сфере, жесткая бюджетная политика, т. е. принимается допущение о том, что существует тесная связь между расходами на инвестиционные цели и на социальные программы: рост расходов на социальные программы уменьшает инвестиции.
- Так как система законодательства играет важную роль в подавлении теневой экономики, то предполагается, что СЭС достигла налогового насыщения: дальнейшее повышение налоговых ставок способно лишь уменьшить поступления в бюджет и увеличить объем теневого сектора экономики, выводя ряд легальных производств за пределы официальной системы налогообложения.
- В экономической системе заложена возможность инфляции спроса и инфляции издержек: рост издержек производства и рост объема денежной массы повышают уровень цен, который, в свою очередь, увеличивает объем денежной массы. Кроме того, возрастание физических объемов производства не влечет за собой автоматического снижения уровня цен, поэтому предполагается наличие так называемого эффекта храповика: однажды достигнутый уровень цен не снижается сам собой до прежнего состояния.
- Технологический прогресс на начальных этапах предполагается затратным, т. е. увеличивающим издержки производства.
- Рынок Союза Сербии и Черногории открыт для иностранного капитала и зарубежных инвестиций.
- Параметр макроэкономического риска связан с такими свойствами экономической системы, как неустойчивость, нестабильность, неуправляемость, разбалансированность макроэкономической динамики, снижение уровня технико-экономической и социально-экономической безопасности, вероятностью возникновения чрезвычайных ситуаций в социально-экономической системе страны.
- В настоящее время Союз Сербии и Черногории является дотационным регионом с низким потенциалом развития. Для него характерен спад фи-

зического объема производства, что вызывает необходимость усиления внешних факторов развития, наполняющих бюджет и увеличивающих производственные инвестиции, а также развитие социальных программ.

Таким образом, сценарий стратегического развития представляет собой ряд альтернативных сценариев постепенного перехода данной СЭС от сегодняшнего кризисного состояния к состоянию экономического роста, социальной и политической стабильности. Союз Сербии и Черногории должен развиваться как самостоятельное государство с рыночной экономикой [5–7].

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СОЮЗА СЕРБИИ И ЧЕРНОГОРИИ

Построенная в соответствии с перечисленными условиями макроэкономическая модель существующего состояния СЭС Сербии и Черногории представлена на рис. 2.

Результаты формирования синергетического сценария развития экономической и социально-политической ситуации в Сербии и Черногории при отсутствии реальных эффективных воздействий со стороны Правительства на внутри- и внедсистемные факторы даны на рис. 3.

Анализ результатов показывает, что начальный этап синергетического развития характеризуется положительным развитием благоприятных макроэкономических факторов. Растут уровень жизни населения и физический объем производства, укрепляется бюджет. Однако вскоре ситуация резко меняется к худшему: начинаящийся рост инфляции и соответствующий ей объем денежной массы приводят к снижению, а затем и падению основных макроэкономических показателей, что неблагоприятно влияет на уровень жизни населения, который начинает снижаться. Положение усугубляется

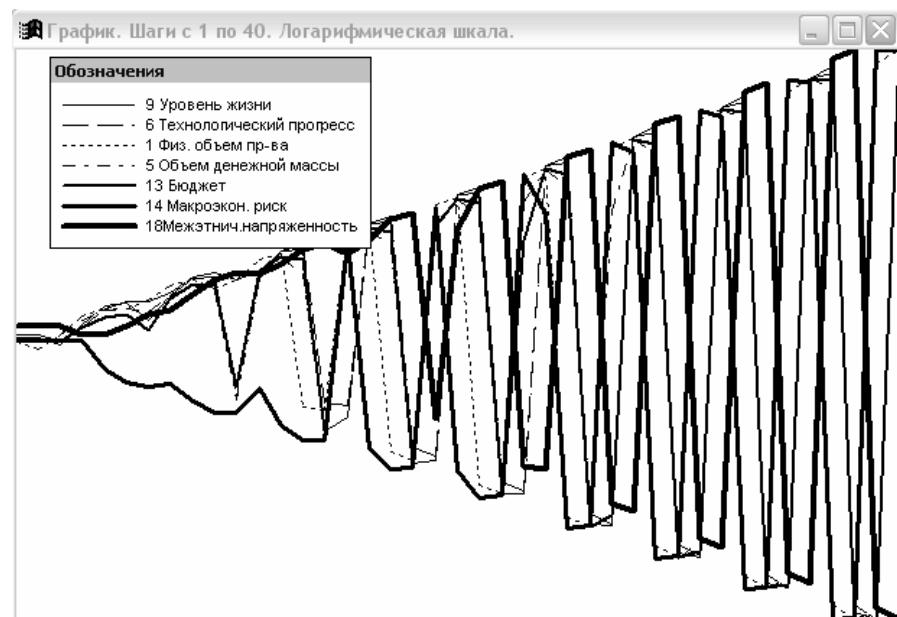


Рис. 3. Синергетический сценарий развития

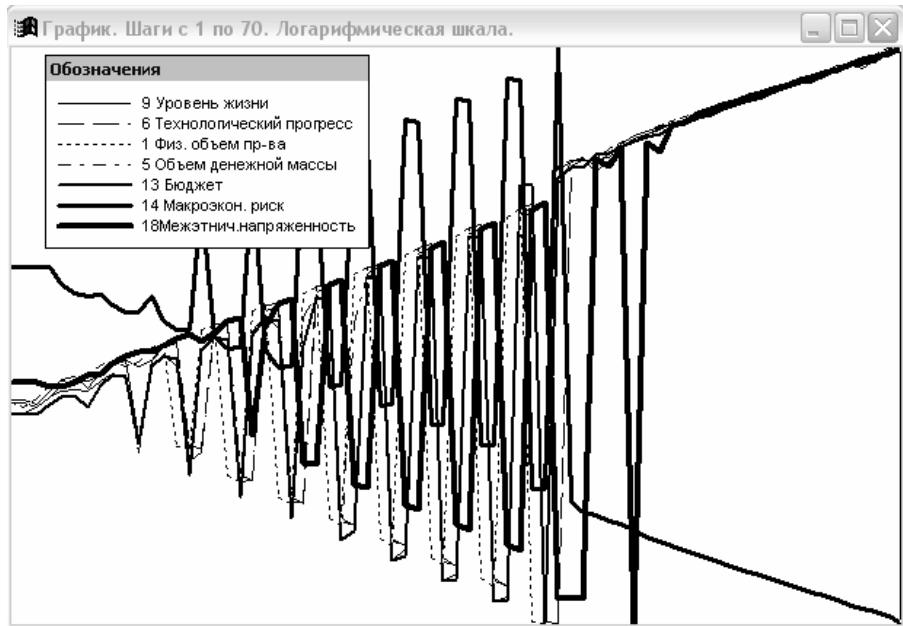


Рис. 4. Сценарий прямого управления развитием при использовании административного ресурса

ляется ростом межэтнической напряженности. В результате СЭС приходит в неустойчивое состояние. Этому способствует нарастающее влияние иностранного капитала, так как даже в неустойчивом состоянии при заданной структуре некоторое время макроэкономический риск имеет тенденцию к снижению. Однако эта, на первый взгляд, благоприятная тенденция используется не национальными компаниями, а иностранным капиталом, что в итоге приводит страну к катастрофическому положению. Далее в связи с полным развалом экономи-

ки и власти, обусловленным во многом межэтнической напряженностью, происходит существенный рост макроэкономического риска, что ведет к неустойчивости СЭС.

Результаты моделирования позволяют на основе альтернативных сценарных вариантов развития Сербии и Черногории, достигающих поставленных целей, сформировать План стратегического развития. Он может быть представлен в виде реализации последовательных стратегических этапов развития.

**Этап 1: относительная стабилизация социально-экономического развития.** На первом этапе при своевременном принятии органами государственного управления программы целенаправленного воздействия на некоторые факторы СЭС, в частности, на размер налоговых ставок, объем денежной массы и поддержку социальных программ относительно благоприятны сценарии прямого государственного управления. Соответствующая динамика развития СЭС представле-

на на рис. 4. В этом случае удается достичь положительного роста основных экономических и социальных показателей Союза Сербии и Черногории. Заметим, что единственность административного ресурса тем выше, чем раньше он оказывается задействован. Только при этом условии ситуация может быть стабилизирована и даже получить некоторую положительную тенденцию развития. Чем позже начинает действовать административный ресурс и, следовательно, чем нестабильнее становится СЭС, тем больше требований к силе его воздействия. В конце концов, если задержка будет слишком большой, может наступить момент, когда административное воздействие окажется совершенно не эффективно.

Однако долго такое положение стабилизации существовать не может, поскольку необходимо постоянное оперативно-тактическое воздействие на основные экономические показатели, а осуществлять его в данных условиях возможно лишь путем уменьшения объемов социальных программ. Требования к значимости административного воздействия возрастают, а поскольку на данном этапе развития СЭС правительство полностью зависит от поддержки населения, то данный управленческий ресурс быстро исчерпывается. Непопулярные меры, направленные на повышение физического объема производства, приводят к потере правительством кредита народного доверия, и этот основной (на данном этапе) ресурс стабилизации СЭС становится неэффективным, что приводит к ее дестабилизации. Такая ситуация изображена на рис. 5.

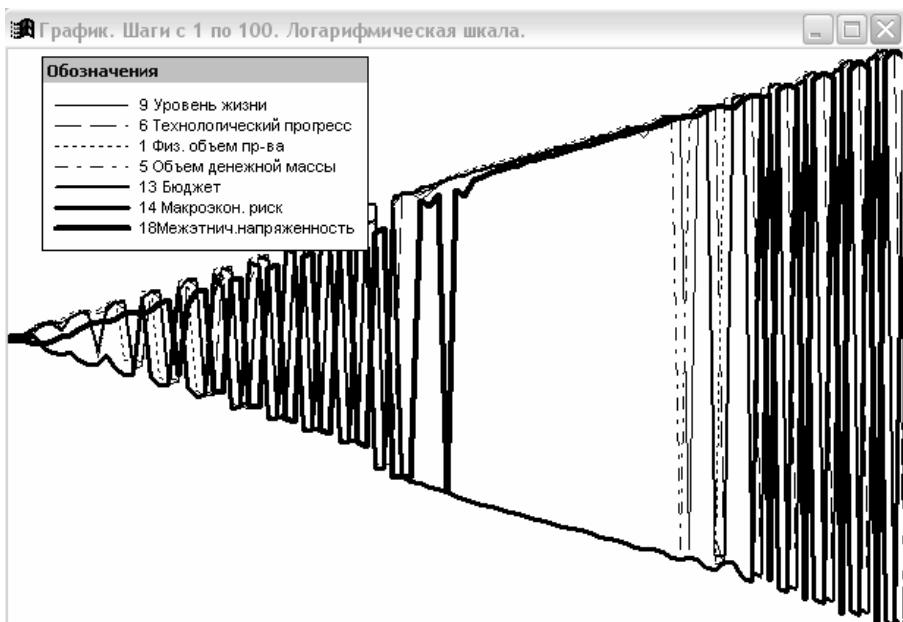


Рис. 5. Сценарий прямого управления развитием при исчерпании административного ресурса



Таким образом, после периода стабилизации, из-за снижения эффективности управленческих воздействий правительства, сначала становится нестабильным объем денежной массы. Это отрицательно сказывается на выполнении бюджета страны, что приводит затем к падению уровня технологического прогресса, который на данном этапе может поддерживаться только бюджетными средствами. После этого падает физический объем производства и еще больше уровень жизни населения. Обостряется также социальная и межэтническая напряженность, что еще больше подрывает доверие к правительству и ослабляет его управленческий административный ресурс, вплоть до полного коллапса СЭС.

Таким образом, для успешного решения задач первого этапа развития СЭС необходимо накопить достаточный материальный резерв, т. е. создать условия для роста основных макроэкономических показателей. Опираться на этом этапе ввиду слабого развития экономики можно только на государственный административный ресурс как единственно существующий и возможный на этом этапе. Для его создания необходимо сформировать правительство народного доверия, которое будет вынуждено принимать непопулярные меры: проводить гибкую налоговую политику (периодически снижать и повышать уровень налоговых ставок), регулировать объем денежной массы и др. Кроме того, одна из целей такого правительства заключается в снижении межнациональной напряженности в стране.

**Этап 2: борьба с теневой экономикой.** Задача следующего этапа состоит в выводе большей части экономики страны из тени. Этот этап характеризуется усилением борьбы с криминалом как экономическим путем за счет гибких налоговых ставок, так и законодательным. Опорой служат накопленные ранее экономический и управленческий ресурсы. На основе использования этих ресурсов должны быть приняты и успешно работать законы о борьбе с коррупцией. Кроме того, эти ресурсы создадут также определенную материальную компенсацию негативных явлений переходного периода, связанных с экономическим спадом, безработицей, общим снижением уровня жизни населения.

Результаты анализа сценария развития СЭС с учетом принятых управляющих воздействий показывают, что вначале можно отметить неустойчивое состояние уровня жизни населения, связанное в основном с сокращением рабочих мест, большая часть которых была в нелегальном бизнесе. Через некоторое время наблюдаются спад и дестабилизация роста физического объема производства, а также технологического прогресса (из-за недостатка финансирования). Однако применение накопленного экономического и административного ресурса путем вложения его в инвестирование и развитие социальных программ позволяет стабилизировать динамику СЭС. К концу этапа это приводит к падению макроэкономического риска, связанному с повышением доли легального бизнеса в экономике страны, а также к стабилизации и некоторому росту на довольно длительном промежутке исполнения бюджета страны.

По окончании этапа экономический криминал перестает играть значимую роль в развитии Сербии и Черногории. Такая тенденция обеспечивает возможность перехода к следующему этапу Плана стратегического развития. Основными ресурсами перехода к этапу 3 вы-

ступают накопленные на достаточно длительном промежутке позитивного развития этапа 2 административные и экономические ресурсы, а также положительные сдвиги в социальной сфере.

**Этап 3: повышение уровня экономической безопасности.** Основная задача третьего этапа состоит в повышении уровня экономической безопасности страны. Анализ результатов моделирования показывает, что значительную роль в повышении уровня нестабильности развития страны играет негативное влияние иностранного капитала на ее экономику. Поэтому выбираемые на данном этапе управляющие воздействия, прежде всего, должны быть связаны с усилением контроля над внешним рынком с целью создания серьезных препятствий для бесконтрольного разграбления страны. В этих целях предлагается осуществлять внешнеэкономическую политику, направленную на защиту отечественного бизнеса и установление достаточно жестких рамок, ограничивающих действия иностранных компаний, ведущих к снижению экономического потенциала страны. Для этого предлагается преобразовать исходную модель СЭС, ослабив вес дуги “Степень открытости экономики для внешних связей” — “Теневая экономика”. Развитие ситуации при таких условиях показывает, что наблюдается еще более устойчивая картина развития страны, даже без управляющих воздействий.

Таким образом, начало данного этапа характеризуется снижением роли криминала, повышением контроля над внешним рынком, а также определенным уровнем экономической стабильности. Однако положительные тенденции неустойчивы, и одна из основных причин этого — межэтническая напряженность внутри страны. Поэтому основная особенность этапа заключается в выработке управляющих воздействий, направленных на снижение межнациональной розни как основного дестабилизирующего фактора этого этапа. С этой целью предлагается преобразовать исходную модель, увеличив (по модулю) вес отрицательной дуги “Социальные программы” — “Межэтническая напряженность”. После соответствующих изменений исходной модели анализ полученного сценария развития показывает, что устойчивость развития СЭС значительно повысилась, особенно в начале реализации выбранного управляющего воздействия. Однако до конца ликвидировать межэтническую напряженность на этом этапе не представляется возможным, поскольку это очень трудный и длительный процесс. Результаты моделирования показывают, что роль межэтнической напряженности в дестабилизации СЭС значительно снижена и существенно повысилась управляемость.

**Этап 4: реструктуризация и реорганизация хозяйственного механизма.** Начало следующего этапа развития СЭС характеризуется тем, что проведенные мероприятия по снижению влияния основных дестабилизирующих факторов создали относительно благоприятную ситуацию в социальной и политической сферах страны и значительно повысили ее безопасность, что позволяет перейти к реализации программ по реструктуризации и реорганизации хозяйственного механизма. В этой связи плановое развитие экономики в сочетании с государственным контролем за действиями иностранных компаний на внутреннем рынке будет основным фактором благоприятного развития СЭС.

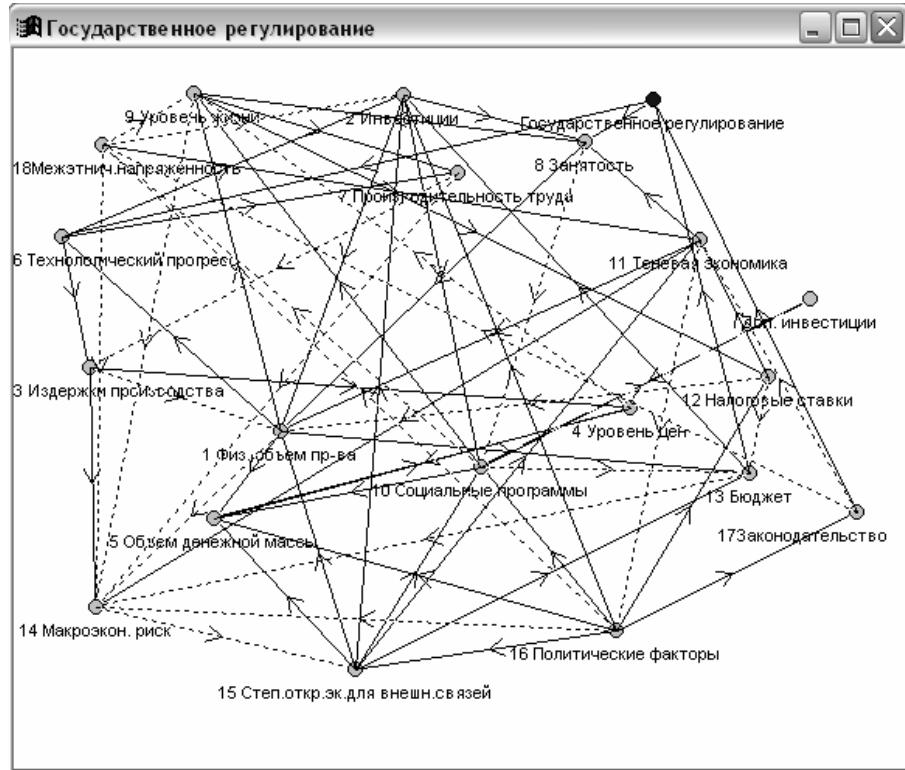


Рис. 6. Модель с государственным регулированием развития

Для достижения поставленной цели в модели СЭС сделаны следующие преобразования.

- Добавлена вершина “государственное регулирование”, поскольку при подобном масштабном изменении экономики нельзя полагаться на рыночные законы. Неизбежные переходные процессы чреваты резкими подъемами и спадами в развитии экономической и социальной сфер. Без государственного регулирования (по

были бы изъяты все существующие ресурсы (без их воспроизведения) и превращены в прибыль. Проведение этой дуги обеспечивает создание и эффективное функционирование государственных программ обучения и переподготовки специалистов. В течение переходного периода рыночная экономика не способна заниматься сколь угодно долговременными программами. Нестабильность периода заставляет отечественный бизнес максимально страховать капиталы, не вкладывая средства в кажущиеся сомнительными на этом этапе мероприятия. Поэтому подготовкой кадров должно заняться государство, используя полученные ранее ресурсы.

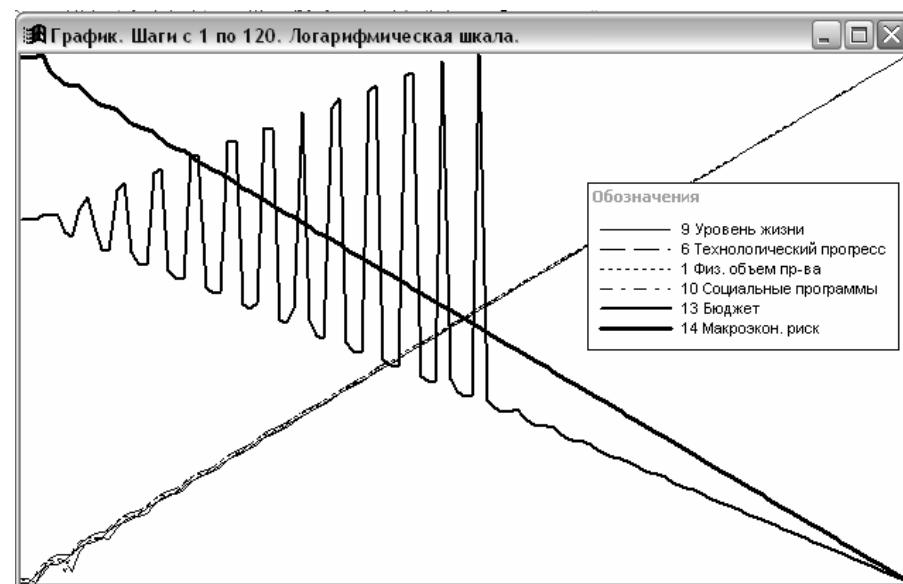


Рис. 7. Аттрактивный сценарий с государственным регулированием развития



Выработанные и осуществленные структурные преобразования позволяют существенно реструктурировать экономику Союза Сербии и Черногории и добиться ощутимого экономического роста. Однако интенсивные государственные вложения в данный период отрицательно влияют на формирование бюджета страны (рис. 7). Причины: бюджетные затраты на обеспечение программы занятости, недополучение налогов, развитие социальных программ, направленных на недопущение ухудшения жизненного уровня населения страны, поскольку это может привести к возврату межэтнической напряженности, политической нестабильности и к утере мощности административного ресурса. Однако на основе ресурсов, накопленных на этом этапе, как материального, так и структурного типов можно перейти к формированию последующего этапа стабильного развития СЭС Сербии и Черногории.

**Этап 5: стабилизация бюджетных показателей.** Основная задача следующего этапа — достижение и стабилизация высоких бюджетных показателей страны. Благодаря поэтапно выработанным управляющим воздействиям удается существенно снизить бремя государственной поддержки экономического развития, добиться стабилизации и даже некоторого роста бюджета страны на довольно длительном промежутке времени. Однако построенная структура СЭС Сербии и Черногории не является в стратегическом смысле стабильной и со временем увеличивается риск ее дестабилизации.

Таким образом, начало последнего этапа характеризуется возросшей экономической мощью страны, стабильным положением в социальной сфере и относительно долгим периодом существования высоких показателей бюджета. Вместе с тем, начало этапа характеризуется возросшим риском очередного обвала бюджета и важнейших макроэкономических показателей. Эти причины обуславливают необходимость проведения дальнейших мероприятий по стабилизации бюджета и созданию условий позитивного развития основных показателей СЭС (рис. 8).

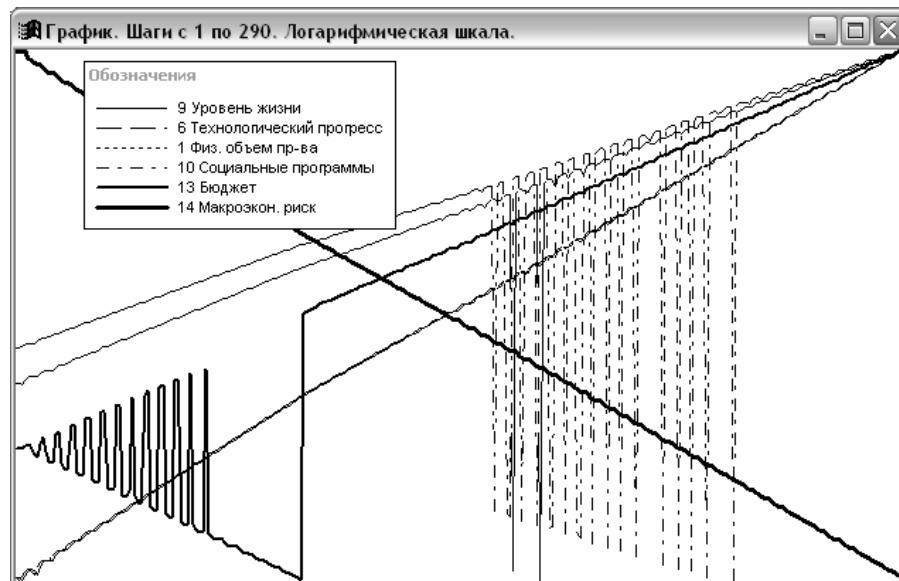


Рис. 8. Аттрактивный сценарий с государственным регулированием развития (стабилизация бюджета)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ показывает, что в результате реализации предложенного Плана стратегических преобразований наступает достаточно длительный этап стабильного развития СЭС Сербии и Черногории.

Благодаря поэтапной выработке и осуществлению описанных стратегических управляющих воздействий СЭС Сербии и Черногории может вступить в фазу стабильного экономического, политического и социально-го развития. Однако в дальнейшем в процессе развития страны непременно возникнут новые факторы, которые не были отражены в исходных предпосылках модели. Это потребует выработки новых стратегических решений, которые могут быть сформированы на основе предложененной сценарной модели.

Анализ результатов формирования сценариев развития СЭС Сербии и Черногории позволяет сделать следующие выводы.

- При сделанных предпосылках не существует синергетического сценария развития Сербии и Черногории, обеспечивающего благоприятное развитие её СЭС.
- Не существует аттрактивного сценария развития СЭС, обеспечивающего бескризисное, стабильное ее развитие без политических, экономических и административных управляющих воздействий со стороны государства. Отсутствие таких воздействий рано или поздно приводит к кризисным явлениям и дестабилизации.
- За конечное и, как правило, достаточно малое число промежуточных этапов преобразований, осуществляемых с помощью методов государственного воздействия, СЭС из кризисного состояния может быть переведена в состояние бескризисного стабильного развития.
- Приведенные положения обусловливают необходимость непрерывного государственного мониторинга основных характеристик СЭС, накопления необходимых ресурсов и выработки соответствующих стратегических управляющих воздействий. В настоящее время отсутствует служба мониторинга, которая была бы независимой от местных властей и ведомств и интегрировала бы информацию о состоянии важнейших объектов страны, которая поставлялась бы по принадлежности органам власти различных уровней, прежде всего органам власти высшего звена для использования ее при принятии необходимых стратегических решений.

• В настоящее время, когда темпы жизни и производства возросли, возросла в условиях рынка социальная база криминала, сокрытия доходов, угрожающего расхищения природных ресурсов, незаконных потоков товаров и финансов, получение объективной и актуальной информации для высших звеньев власти крайне необходимо. Ускорить получение такой информации можно на основе автоматизации всех звеньев информационного тракта, тем более, что имеющаяся научно-техническая база уже подготовлена.



• Всесторонняя и интегрированная информация на всех уровнях управления позволит не только оценивать состояние дел в прошедшем и настоящем, но и устанавливать закономерности и тенденции развития страны. Естественно, что на уровне министерств и ведомств наибольшая потребность возникает в такой информации, на основе которой можно моделировать, делать выводы и принимать решения по вопросам обеспечения экономической безопасности государства, а также обеспечения социально-экономического благополучия граждан и развития экономики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Методы формирования сценариев развития социально-экономических систем* / Кульба В. В., Кононов Д. А., Косяченко С. А., Шубин А. Н. — М.: СИНТЕГ, 2004. — 296 с.
2. Кононов Д. А., Кульба В. В., Шубин А. Н. Информационное управление в социально-экономических системах: элементы теории и практики. — М.: Издательство МГУ, 2005.

- ты управления и способы информационного воздействия // Проблемы управления. — 2004. — № 3. — С. 25–33.
3. Кононов Д. А., Чернов И. В., Янич С. Моделирование-генерация сценариев развития социально-экономических систем // Проблемы управления безопасностью сложных систем. Тр. XI междунар. конф. — М., 2003. — Ч. I. — С. 136–139.
  4. Робертс Ф. С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. — М.: Наука, 1986. — 496 с.
  5. Janich S. S. Problems of analysis and prognosis of development of Serbia and Montenegro // Материалы междунар. науч.-практ. конф. “Теория активных систем”. — М., 2003.
  6. Янич С. С. Проблема обеспечения безопасного развития социально-экономической системы Сербии и Черногории // Материалы междунар. науч. конф. “Проблемы регионального и муниципального управления”. — М., 2003.
  7. Янич С. С. Обеспечение развития социально-экономической системы на примере Сербии и Черногории // Материалы науч.-практ. конф. “Современные сложные системы управления” (СССУ/HTCS 2003). — Воронеж, 2003.

☎ (095) 334-89-59

E-mail: kulba@ipu.ru

УДК 65.011.12:321.01

# РОЛЬ ГОСУДАРСТВА В ФОРМИРОВАНИИ БЛАГОПРИЯТНОЙ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЙ СРЕДЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕГИОНА [на примере г. Москвы]

Е. А. Пантелеев

Департамент науки и промышленной политики г. Москвы

Дана оценка состояния государственного регулирования процесса трансформации постсоциалистической экономики. Сделан вывод о стратегической важности формирования эффективной институциональной среды и необходимости усиления роли государства в ее формировании. Определены основные направления совершенствования институциональной среды на настоящем этапе проведения реформ. Приведены примеры действий Правительства Москвы по поиску механизмов, способных обеспечить как соблюдение основных норм государственного права, так и совершенствование практики хозяйствования субъектов экономики как единого комплекса, с учетом баланса их интересов, обеспечения условий развития, соблюдения национальных интересов.

## 1. ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЙ АСПЕКТ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОСТСОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОНОМИКИ

В первые годы перехода России к новой системе хозяйствования господствовало убеждение, что для формирования жизнеспособной рыночной экономики достаточно разрушить механизмы контроля, свойственные административно-плановой системе, осуществить стан-

дартивные меры по либерализации и стабилизации экономики, а также приватизировать большую часть государственного имущества, открыв тем самым простор развитию здоровых рыночных сил и структур. Реальные процессы перехода оказались значительно сложнее, чем предполагалось. Демонтировав в короткие сроки старые институты, обеспечивающие приемлемый уровень бюджетной, финансовой, производственной, социальной стабильности, реформаторы не смогли столь же быстро создать институциональный “каркас” рыночной эконо-



ники, обеспечивающий устойчивость системы на макро- и микроуровне, т. е. те многочисленные рыночные институты, которые не существовали при командно-плановой социалистической системе, и, прежде всего: институт частной собственности как основы рыночной экономики, многочисленные правовые регулирующие институты, обеспечивающие четкое разграничение имущественной ответственности (кодексы, законы), определяющие ответственность за собственность других лиц (нормы бухгалтерского учета, банковское регулирование, регулирование рынка ценных бумаг и деятельности инвестиционных посредников), а также институты, структурирующие и делающие предсказуемым поведение партнеров по рыночным отношениям (в первую очередь, контрактное право), и др.

Общественное согласие, возникшее на волне демократических политических преобразований, позволило довольно быстро сломать старую социально-экономическую систему. Однако радикальная и быстрая ломка коснулась лишь части действующих в стране норм и правил. При этом значительное число важных вопросов осталось за рамками регламентирования нового законодательства. Более того, изменения коснулись, в основном, формальных норм и правил, сохранив привычные стереотипы и нормы поведения, укоренившиеся в индивидуальном и общественном сознании, т. е. то, что в институциональной теории обозначается термином "рутины" и что составляет наиболее прочное ядро системы институтов<sup>1</sup>.

Кроме того, характер проведения реформ, основанных на неоклассической экономической модели, предусматривающей свободное формирование рыночных институтов при минимальном участии государства, обусловил возникновение серьезной проблемы, состоящей не только в отсутствии полноты законодательных рыночных норм и наличия соответствующих структур, но и в отсутствии полноценных государственных и общественных институтов, создающих и реализующих механизмы, направленные на обеспечение соблюдения установленных правил и норм взаимодействия экономических субъектов. Такое положение приводит к достаточно масовому пренебрежению законодательно закрепленными нормами и правилами, что, в свою очередь, подрывает авторитет власти, наносит социальный и экономический ущерб государству, а также не способствует закреплению в индивидуальном и общественном сознании позитивных изменений, способных стать будущей неформальной основой развития эффективной рыночной экономики.

Опыт реформирования российской экономики подтвердил стратегическую важность институционального аспекта государственного регулирования трансформации экономики, особенно постсоциалистической трансформации<sup>2</sup>, при которой стресс перемен одновременно испытывает огромное число субъектов экономики, что за-

трудняет их нормальную адаптацию к изменившейся среде и, в случае отсутствия необходимого регулирования процесса перехода к рыночным условиям, приводит к углублению экономического кризиса. Регулирование переходного периода не может быть осуществлено элементами рыночной инфраструктуры по той причине, что указанные элементы сами находятся в процессе формирования и становления.

Кроме того, анализ более чем десятилетнего опыта трансформации российской экономики показывает, что в ней пока происходит, главным образом, имитация элементов рыночной инфраструктуры, скопированной с развитых стран, но не обеспечивающая их эффективное функционирование. Создание коммерческих банков, бирж, инвестиционных посредников, номинального рынка ценных бумаг само по себе еще не гарантирует укрепления государственных и корпоративных финансов, формирования эффективного рынка капиталов и повышения ликвидности производительного капитала, роста инвестиций в реальный сектор экономики. Псевдорыночные инфраструктуры, особенно в финансовом секторе, множественное появление которых в начальный период осуществления рыночных реформ было обусловлено вакуумом институтов рынка, не только не способствовали реальной реструктуризации компаний и эффективному переливу капиталов, но и прямо противодействовали им.

Не были созданы макроэкономические условия, облегчающие адаптацию предприятий промышленности к рыночной среде и обеспечивающие необходимый уровень привлечения инвестиций в промышленность, прежде всего, в перерабатывающие отрасли. Пассивная позиция органов государственной власти при постоянном их реформировании привели к снижению не только качества управления, но и уровня координации процессов, происходящих в промышленности страны. Такая политика способствовала значительному сокращению промышленного производства. Во многих отраслях промышленности выпуск продукции за годы проведения реформ уменьшился почти вдвое.

Это наглядно показывает, что решать главные задачи формирования рыночных институтов в переходный период без последовательного участия государства практически нереально. Многие проблемы, стоящие в настоящее время перед экономикой в целом и ее реальным сектором — промышленностью, в частности, являются следствием недооценки роли государства в создании и защите институтов рынка в сложных условиях начального периода проведения реформ, а также в неспособности обеспечить "мягкую" смену институциональной системы, избежав слишком острых конфликтов между разрушающимися старыми и возникающими новыми институтами.

Переходная экономика с ее неокрепшими и несогласованными рыночными институтами нуждается в эффективной институциональной среде. Законы, правила и нормы, составляющие основу институциональной системы, формируют ограничительные рамки, стабильную среду для развития институтов рынка. Вместе с тем институциональная среда — это также механизмы и структуры защиты правовых норм, гарантирующие их безусловное исполнение.

Подчеркнем, что для создания и бесперебойного функционирования необходимой для переходной эко-

<sup>1</sup> Рассогласование формальных и неформальных норм и правил, в принципе, сопровождает любое реформирование и постепенно преодолевается по мере отбора и накопления предпринимателями оптимальных в условиях изменяющейся окружающей среды способов поведения, закрепляемых в новых рутинах.

<sup>2</sup> Опыт постсоциалистической трансформации вообще не знает случаев самозарождения институтов рынка.



номики институциональной среды недостаточно подготовить и принять требуемый набор законов и сформировать действующую судебную систему.

В переходной экономике в ходе взаимодействия и взаимовлияния экономической политики, проводимой политическим руководством, и процессов формирования современной рыночной институциональной инфраструктуры сложилась очевидная тенденция самодостаточности экономической политики и явного пренебрежения вопросами формирования основных институциональных блоков рыночной экономики. Большой акцент на мерах макроэкономической политики был обусловлен убеждением, что монетарные стабилизационные программы и другие известные элементы стандартного "трансформационного пакета" позволят быстро улучшить экономическую ситуацию даже при отсутствии или недостатке надежных правовых регулирующих предпосылок<sup>3</sup>.

Однако опыт показывает, что экономическая политика весьма подвержена конъюнктурным колебаниям и уязвима для давления разнообразных групп интересов, вновь складывающихся в обществе, которые любыми средствами в погоне за прибылями воздействуют на власть и ее экономическую политику. В борьбе интересов могут быть утрачены первоначальные ориентиры такой политики, и тогда многое будет зависеть от качества и полноты институциональной среды. В то же время, при формировании каждого блока институциональной среды необходимо обеспечить баланс интересов общества в целом и его отдельных групп влияния, без чего невозможна общественная поддержка реформ. Отсутствие же общественной поддержки реформ опасно, в первую очередь, из-за неизбежного саботажа в виде массового нарушения формальных норм. Поэтому так важна надежная правовая инфраструктура, обеспечивающая организациям и гражданам уверенность в защищенности их прав.

Формальные нормы и правила, образующие правовую и регулирующую инфраструктуру, формируют некую иерархию, структурирующую институциональную среду [1]. Наиболее общие нормы в этой иерархии представлены конституционными правилами. Конкретные формы хозяйственной деятельности регулируются экономическими нормами и правилами. Они структурируют отношения кооперации или, напротив, конкуренции субъектов экономики и материализуются в конкретных законах: о создании хозяйственных обществ и условиях осуществления предпринимательской деятельности, о формах организации хозяйственной деятельности, о запрете на монопольное поведение и поощрении конкуренции, о слиянии, присоединении, ликвидации и банкротстве компаний и т. п. Иными словами, экономические нормы и правила структурируют и регулируют отношения обмена в экономике, входа предпринимателей на рынки и выхода из них. Центральное звено в системе экономических норм и правил — право собственности. Расплывчатость, неполнота и неопределенность прав собственности, препятствующие реструктуризации и инвестициям в реальном секторе переходной

<sup>3</sup> Собственно, на это и был рассчитан план первоначально-го "рывка" реформ, опиравшийся на решительные макроэкономические меры.

экономики, объясняются непоследовательностью, противоречивостью и изменчивостью действующих экономических правил. При этом решающую негативную роль сыграл упомянутый выше приоритет экономической политики перед формированием институтов рыночной экономики.

Ныне действующая институциональная среда переходной экономики не может пока обеспечить правовые основы нормального функционирования и роста рыночной экономики не только из-за несовершенства необходимых норм и правил. Само по себе законодательство не создает условий для рационального распределения ресурсов и развития предпринимательской инициативы. Требуются механизмы и структуры, обеспечивающие обязательное выполнение правил всеми агентами экономики, всеми "игроками", включая государственные органы власти.

Разработка таких структур и механизмов является важной функцией государства, реализация которой требует консолидации всех сил, учета опыта развитых стран, адаптированного к условиям переходной экономики в нашей стране, а также закрепления на федеральном уровне положительного опыта регионов.

## 2. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЙ СРЕДЫ НА НАСТОЯЩЕМ ЭТАПЕ РЕФОРМ

Формирование и актуализация эффективной институциональной системы — необходимое условие устойчивого экономического роста. Роль институтов в социально-экономическом развитии страны и, в частности, в развитии промышленности, постоянно возрастает по мере становления открытого общества, глобализации экономических процессов, встраивания страны в мировую финансово-экономическую систему.

Основными направлениями совершенствования институциональной среды, обеспечивающей развитие промышленного комплекса на настоящем этапе проведения реформ, на наш взгляд, являются:

— укрепление института частной собственности в промышленном секторе, включая правовое обеспечение частной собственности, контрактное право, антимонопольное законодательство, рыночное трудовое право, определение сфер естественных монополий, методы противодействия захватам и переделу собственности, совершенствование земельно-имущественных отношений, развитие предпринимательства, формирование эффективного собственника и др.;

— создание благоприятных условий для структурной перестройки промышленного сектора в направлении повышения его конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках, включая совершенствование корпоративных отношений, формирование интегрированных корпоративных структур (холдинговых компаний, торгово-промышленных, финансово-промышленных групп, промышленных кластеров и др.), интеграцию науки и производства, повышение эффективности государственного сектора промышленности и вовлечение его в конкурентную рыночную среду, поддержку формирования новых отраслей (производств), инновационных фирм и др.;



— развитие и совершенствование системы саморегулирования бизнеса, включая вопросы регулирования: взаимоотношений бизнеса и власти; доступа на национальный рынок зарубежных импортеров; защиты от контрафактной и контрабандной продукции; обеспечения баланса интересов между производителями, оптовиками и предприятиями розничной торговли; привлечения инвестиций в промышленность; обеспечения качества и сертификации промышленной продукции и др.

## **2.1. Укрепление института частной собственности в промышленном секторе**

На начальном этапе реформ решалась задача создания в кратчайшие сроки в стране мощного частного сектора как залога необратимости проведения рыночных преобразований. В качестве инструмента её решения была выбрана ускоренная приватизация государственного имущества, поскольку в этот период в России не было условий для достаточно быстрого и массового появления новых частных предприятий. Рекордно короткие сроки проведения начального этапа приватизации, недостатки действующего законодательства, устанавливающего "правила игры" для субъектов хозяйственной деятельности, отсутствие национальной стратегии в решении вопроса о разгосударствлении конкретных объектов, несоблюдение со стороны государства интересов тех слоев населения, которые в момент приватизации оказались не "у сладкого пирога", а также другие особенности этого периода породили массу социальных проблем, но не обеспечили главного — появления эффективного собственника. Значительная часть научно-промышленного комплекса страны, оказавшаяся в руках некомпетентных собственников<sup>4</sup>, сделалась объектом спекуляции, утратила значительную часть своего потенциала без каких либо санкций со стороны государства. В то же время, действия эффективного и законопослушного собственника, сохранившего и развивающего доставшийся ему в ходе приватизации или созданный на собственные средства производственный бизнес, недостаточно поощряется и поддерживается государством.

Приватизация в Москве проводилась по московской модели и осуществлялась на основе принципов, которые отличались от общероссийских большей сбалансированностью интересов государства, формируемых собственников и работников предприятий, а именно:

- максимальное приближение стоимости выкупа имущества предприятий к его реальной рыночной стоимости;
- сохранение в собственности города контрольных и блокирующих пакетов акций промышленных предприятий, имеющих важное социальное и экономическое значение;

<sup>4</sup> В качестве одного из ярких примеров такого процесса можно привести ОАО "НИИ пластмасс им. Г.С. Петрова". В результате приватизации институт фактически оказался в руках банка МЕНАТЕП и был практически доведен до полного краха. Только своевременная помощь Правительства Москвы, имевшего долю собственности в капитале данного ОАО и принявшего решение о выкупе контрольного пакета акций института, позволила спасти организацию. В настоящее время это прибыльная, стабильно работающая и развивающаяся научно-производственная организация.

— обеспечение социальных гарантий коллективам приватизируемых предприятий;

— создание макроэкономических условий (льготные кредиты и налоговые льготы предприятиям пищевой и легкой промышленности), облегчающих адаптацию предприятий, производящих товары для населения, к рыночной среде;

— введение экспертизы инвестиционных программ приватизируемых предприятий в целях организации привлечения инвестиций в промышленность.

Реализация московской модели приватизации, создание в структуре Правительства Москвы Департамента промышленности,званного регулировать процессы приватизации в целях недопущения разрушения потенциала промышленности в условиях агрессивного импорта, явились отражением установления приоритета промышленности в системе приоритетов социально-экономического развития города, что обеспечило более мягкие условия перехода к рыночным условиям, однако не решило всех проблем.

Известно, что преимущества рыночной экономики могут быть задействованы, главным образом, на основе развития институтов предпринимательства, эффективных и защищенных контрактных отношений, ликвидного рынка капиталов, четких правил образования и функционирования субъектов экономики, нормальной конкуренции с соответствующими правилами входа на рынки и выхода с них. Однако реформы не предусматривали целенаправленных мер по формированию внешних институтов быстрого развития предпринимательства, и это стало причиной того, что в переходной экономике России своевременно не сформировались, да и сейчас еще весьма слабо развиты институционально-правовые основы частной собственности и соответствующая инфраструктура. Приватизация же, как и рыночная трансформация в целом, имеет смысл только в том случае, если такие институты есть. Причем гарантам защиты прав частной собственности и исполнения контрактов должно выступать государство.

Неполнота и неопределенность прав собственности в нашей стране создают условия криминального передела собственности, который, как правило, дестабилизирует работу предприятий, наносит значительный вред их производственной деятельности, ухудшает их финансово-экономические показатели со всеми вытекающими последствиями.

В течение последних нескольких лет в промышленности Москвы возникла и усугубляется проблема прекращения производственной деятельности успешно работающих организаций промышленности города путем недружественного их поглощения различного рода компаниями с последующей распродажей имущества и оборудования, перепрофилированием производственных площадей под склады, терминалы, офисы, а также массовым увольнением работников<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Проблема недружественного поглощения обсуждалась на Коллегии МВД РФ, 16 февраля 2005 г. с участием председателя Правительства РФ М. Фрадкова, который потребовал от сотрудников МВД начать борьбу с криминальным переделом собственности. Президент ВШЭ А. Шохин в своем интервью сайту ОРЕС.ru утверждает, что вопрос о защите собственности от криминального передела будет едва ли не главным в президентском послании [2].



До принятия в 2002 г. новой редакции федерального Закона “О несостоятельности (банкротстве)” недружественное поглощение в основном осуществлялось через механизм банкротства. В настоящее время — путем скупки акций, а также силовых захватов, членам способствуют пробелы в законодательстве, позволяющие, в частности, использовать фальсифицированные документы.

Поглощение организаций превратилось в прибыльную индустрию передела собственности. Рентабельность такого бизнеса, не имеющего ничего общего с цивилизованным процессом слияния и присоединения организаций, как одного из способов повышения эффективности промышленного производства, доходит до 500—1000 %.

За период 2001—2003 гг. число предприятий, подвергшихся смене собственника в базовых отраслях промышленности города<sup>6</sup>, достигло 71-го или 7 % к общему их числу [3, 4]. Особенно острая ситуация сложилась в легкой промышленности, где фактические потери объемов промышленного производства из-за недружественного поглощения в 2001—2003 гг. составили около 7 %, а потери рабочих мест — 18 % от общей численности работающих в отрасли.

Действия рейдерских компаний, никак не согласуемые ни с интересами города, ни с планами реформирования промышленности, наносят прямой ущерб экономике города (потери платежей в бюджет от производственной деятельности, нарушение технологических переделов), создают социальную напряженность (массовое увольнение работников, причем в некоторых случаях без выплаты зарплаты), обуславливают потери мобилизационных мощностей, а также лишают населения города необходимых дешевых отечественных товаров.

В целях установления барьеров от разрушения промышленного потенциала путем недружественного поглощения предприятий Правительством Москвы принят ряд нормативных правовых документов, предусматривающих защиту интересов организаций промышленности при смене собственника, в том числе постановления Правительства Москвы от 18.06.2002 г. № 465-ПП “О дополнительных мерах по защите экономических интересов города Москвы”, от 29.07.03 № 599-ПП “О мерах по сохранению промышленного потенциала города Москвы”. Принятый Московской городской Думой Закон г. Москвы № 35 от 26.05.2004 г. “Об особенностях использования земельных участков в целях сохранения научно-промышленного потенциала города Москвы” устанавливает формирование промышленных зон в городе, предназначенных исключительно для осуществления научной и промышленной деятельности, нецелевое использование которых без согласования с собственником земельных участков не допускается. Реализация данного Закона связана не только с обеспечением производственных и социальных интересов трудовых коллективов организаций науки и промышленности, но и гарантирует сохранность инвестиций, направляемых на развитие производства.

В структуре Правительства Москвы создано Управление по экономической безопасности, которое совместно с Департаментом науки и промышленной политики г. Москвы ведет работу по предотвращению незаконных силовых захватов, скупки акций и разрушения потенциала промышленности. Совместно с Московской торгово-промышленной палатой и Московской городской думой организована и функционирует горячая линия “Задача”, создан консультационный центр “Стратегия защиты”, выпускается газета “Задача вашей собственности”.

Тем не менее, нельзя признать, что проблема спекулятивного недружественного поглощения организаций промышленности близка к своему решению.

<sup>6</sup> К числу базовых отраслей промышленности в Москве относятся: машиностроение, пищевая, легкая, химическая и нефтехимическая промышленность.

В качестве причин сохранения актуальности данной проблемы с учетом применяемых технологий силовых захватов и скупки акций могут быть выделены:

— несоответствие размера уставного капитала реальной стоимости активов предприятий (стоимость бизнеса оказывается ничтожна по сравнению со стоимостью, в первую очередь, земли, на которой расположено предприятие);

— пробелы в действующем законодательстве, позволяющие осуществлять махинации с реестром акционеров, скупать за бесценок акции, получать легальным путем любую информацию о предприятии, в том числе через всевозможные проверки со стороны различных ведомств, фальсифицировать учредительные документы, решения органов управления хозяйственных обществ, злоупотреблять правом на судебную защиту, изменять целевое назначение использования земельных участков и др.;

— низкий уровень ответственности отдельных руководителей хозяйственных обществ за трудовые коллективы, сохранение их численности, неоправданное переопределение производства, целенаправленное снижение стоимости активов в целях уменьшения размеров налоговых и иных платежей, а также отсутствие у большинства руководителей и менеджеров юридических и экономических знаний, необходимых для оказания должного сопротивления поглощению.

Преодоление указанных недостатков должно стать основным содержанием работ по укреплению института частной собственности в промышленном секторе в ближайшее время, как на федеральном, так и на региональном уровне.

## 2.2. Создание благоприятных условий для структурной перестройки промышленного сектора

Другое важное направление совершенствования институциональной среды состоит в создании благоприятных условий для структурной перестройки промышленного сектора в направлении повышения его конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках на основе совершенствования корпоративных отношений, формирования интегрированных корпоративных структур.

В процессе постсоциалистической трансформации экономики были упразднены многие институты, выполняющие функции управления развитием и координации деятельности в отраслях промышленности и научно-технической деятельности. Кроме того, в ходе проведения приватизации имела место дезинтеграция части крупных промышленных и научно-производственных комплексов (выделение филиалов, КБ, опытных производств и других подразделений в самостоятельные организации) в целях разграничения прав собственности и получения хозяйственной самостоятельности. Все это поставило разрозненные организации промышленности в трудные условия конкуренции с крупными международными корпорациями и объединениями, пришедшими на российский рынок.

Мировой опыт свидетельствует: чем выше развито корпоративное строение национальной экономики, тем она более устойчива и легче завоевывает лидирующие позиции на международных рынках. Поэтому формирование мощных компаний, бизнес-групп и сетевых ин-



дустриальных организаций выделено в качестве одной из стратегических задач институциональных преобразований в отечественной экономике [5].

Созданию корпоративных структур было уделено большое внимание со стороны Правительства Москвы уже в первые годы проведения рыночных реформ. В этот период по инициативе Правительства Москвы были созданы АО “Мосхлеб” (1993 г.) и АО “Мосгорхлебопродукт” (1995 г.), выполняющие роль среднего звена управления, а также централизованные фонды поддержки хлебопекарной промышленности и развития мукомольной отрасли, средства которых направлялись на реконструкцию и техническое перевооружение предприятий. В результате проведенных мероприятий обновление основных средств на предприятиях хлебопекарной и мукомольной отраслей составило около 50 %, что позволило сохранить потенциал крупномасштабного производства стратегически и социально значимых продуктов.

Впоследствии указанный опыт послужил основой формирования структур гражданского общества в форме ассоциаций, союзов, гильдий, призванных защищать интересы товаропроизводителей в легкой, мебельной, химической промышленности, станкостроении.

Формирование и становление бизнес-групп в важнейших отраслях и подотраслях промышленности города рассматривается как важная составная часть проводимой Правительством Москвы промышленной политики. В качестве основных критерии поддержки бизнес-групп рассматриваются: “прорывная”, а не “оборонительная” стратегия их развития; ориентация на повышение конкурентоспособности промышленного производства, в том числе на основе создания и внедрения продуктовых и технологических инноваций; повышение эффективности государственной доли собственности.

В качестве механизмов стимулирования интеграционных процессов используются имущественные и финансовые рычаги, находящиеся в руках Правительства Москвы.

**Примером** организации при участии Правительства Москвы интегрированной структуры может служить холдинг “Объединенные кондитеры”, включающий в себя 20 юридических лиц, в том числе финансово-кредитную организацию (“Гута-Банк”), 3 крупнейших московских кондитерских предприятия, 12 региональных кондитерских фабрик от Боронежа до Благовещенска и др. При формировании холдинга в его активы были внесены разрозненные, плохо управляемые пакеты акций семи предприятий, принадлежащих Москве. В настоящее время город владеет блокирующим пакетом акций в интегрированной структуре, занимающей лидирующее положение на кондитерском рынке России и проводящей политику успешного противостояния таким крупным транснациональным компаниям, как “Нестле”, “Крафт”, “Кэлберри”<sup>7</sup>. Общий объем производства холдингом составляет 600 млн. долл. США. В холдинге аудирована отчетность, ведущаяся по международным стандартам. Советом директоров утверждена стратегия развития холдинговой компании, предусматривающая сохранение и развитие торговых марок “Красный Октябрь”, “Бабаевский”, “Рот Фронт”, оптимизацию территориального размещения производства, включая перебазирование фабрики “Красный Октябрь” из исторического центра Москвы, при-

влечение инвестиций, строительство новых корпусов, реконструкцию и техническое перевооружение производства, развитие системы маркетинга и дистрибуции, выход на международный фондовый рынок, расширение экспортной составляющей. Прирост производства продукции холдинга только по группе московских предприятий в 2004 г. по сравнению с 2003 г. составил более 15 тыс. т.

В рамках проводимой в городе промышленной политики практически ежегодно в той или иной форме оказывается поддержка со стороны Правительства Москвы крупным компаниям и интегрированным структурам в промышленности. Например: АХК ВНИИМЕТМАШ — ведущей компании в нашей стране по созданию металлургического оборудования для различных отраслей промышленности, осуществляющей полный цикл работ от фундаментальных и прикладных исследований до сервисного обслуживания и модернизации действующих металлургических агрегатов; ЗАО «Московская обувная фабрика “Парижская коммуна”» — промышленно-торговому комплексу, лидеру по производству детской обуви для всех возрастных групп, а также женской и мужской обуви, включающему в себя производственные мощности, расположенные в Москве и в регионах России, оптовое звено торговли в виде ЗАО «Торговый дом “ПК-Заря”», фирменные магазины, а также другие дочерние предприятия производственной и социальной инфраструктуры; компании “Вимм-Билль-Данн” — производственно-торговой группе предприятий по выпуску молочных продуктов, натуральных соков, напитков и консервированных овощей, включающей в свой состав московские предприятия (Лианозовский и Царицынский молочные комбинаты), а также предприятия в других регионах России и странах СНГ.

В последние два года активизировалась работа по интеграции крупными московскими производителями инвестиций в развитие как собственных производств, так и сельхозпроизводителей в регионах России: Московским пивобезалкогольным комбинатом введены в эксплуатацию заводы и солодовни “Очаково” в Краснодаре, Белгороде, Пензе, Липецкой области; ЗАО “Пивоварня-Эфес” введен в действие пивзавод в Ростове-на-Дону, стекольный завод в Гороховце; компанией “Вимм-Билль-Данн” осуществляется программа по модернизации производств не только в регионах страны, но и за рубежом, что обеспечивает бесперебойные поставки молочного сырья на предприятия компании по стабильным ценам, а также реализацию готовой продукции на местах; Микояновский мясокомбинат увеличил объемы переработки отечественного мясного сырья с 50 до 80 % за счет инвестиций в покупку и развитие хозяйств во Владимирской, Воронежской и Ростовской областях и Алтайском крае. Подобные процессы соответствуют роли Москвы как потенциального метрополиса в системе модернизации экономики России<sup>8</sup> и находят поддержку со стороны Правительства Москвы.

Процессы интеграции, формирование крупных компаний и бизнес-групп наталкиваются на ряд трудностей, главные из которых определяются не столько недостатками правовой базы интегрированных корпоративных структур в российской экономике, сколько действующими в сознании людей “рутинами”, боязнью быть обманутыми и потерять то, что имеют. Изменению сознания должны способствовать практический опыт собственников и менеджеров, а также осознание того, что

<sup>7</sup> Для справки: доля продаж холдинга “Объединенные кондитеры” на кондитерском рынке России составляет 15 %, компании “Нестле” — 10 %, доля остальных — меньше.

<sup>8</sup> Понятием “метрополис” обозначается крупный город, выполняющий интернациональные экономические функции, являющийся научно-производственным полюсом роста и принимающий на себя ответственность за определенную часть национального пространства с целью его интеграции в глобальную экономику [6].

в современном быстро меняющемся мире тот, кто не идет вперед — отстает.

Роль государства в ускорении процесса формирования и развития эффективных бизнес-групп (помимо прямого участия) заключается в совершенствовании корпоративного законодательства в направлении обеспечения прав и защиты государством интересов всех сторон, участвующих в процессе интеграции; в поддержке инфраструктуры промышленной деятельности, обеспечивающей повышение конкурентоспособности промышленного производства на основе интеграции организаций науки и промышленности, привлечения инвестиций в научно-промышленный комплекс, трансферта технологий, развития товаропроводящей сети московских товаропроизводителей и др.; в создании внешних условий развития, включая развитие торгово-экономических и научных связей с другими регионами и странами ближнего и дальнего зарубежья, информационную и имиджевую поддержку, подготовку квалифицированных кадров.

Важной на данном этапе формой интеграции организаций науки и промышленности, способствующей повышению их конкурентоспособности, на наш взгляд, является создание “центров коллективного пользования”, выполняющих функции внедрения новых технологий в промышленности города, обеспечивающих предприятиям доступ к современному, высокопроизводительному оборудованию и технологиям, консалтинговые услуги. В качестве таких центров могут быть организации, располагающие дорогостоящим уникальным оборудованием, необходимым для выполнения производственных операций, для проведения контроля и испытаний, и др., а также квалифицированным персоналом, выполняющим необходимые операции, обеспечивающим консультации и обучение.

В качестве **примера** подобных центров можно привести созданный в Москве на базе ОАО “Радиофизика” “Центр испытаний по электромагнитной совместимости и электробезопасности продукции (технических средств)”. Высокоточное оборудование и уникальные безэховые экранирующие камеры, имеющиеся в распоряжении Центра, позволили создать испытательный комплекс, с помощью которого предприятия Москвы могут полностью удовлетворить всем требованиям международных стандартов по проверке качества и надежности продукции на электромагнитную совместимость, электробезопасность и безопасность. Другие примеры — создание Московского лазерного инновационно-технологического центра на базе МНТО “Лазерная ассоциация”, центра по биотехнологиям для масштабирования лабораторных разработок до уровня промышленных технологий на базе Института прикладной биохимии в машиностроении и ОАО “Биохиммаш”.

Создание и развитие таких центров обеспечит координацию деятельности организаций науки и промышленности в определенной области, позволит повысить эффективность использования научно-технического потенциала города, удовлетворить потребности промышленности города в соответствующих оборудовании и технологиях, ускорить внедрение новых высокоеффективных разработок.

Другая важная форма интеграции связана с территориальным размещением промышленности. Оптимизация территориального размещения промышленности города составляет особую заботу Правительства Москвы в последние годы. Это вызвано тем, что под производственными площадями в Москве заняты колоссальные земельные ресурсы, соответствующие старым производственным технологиям. Такое положение

приводит к экологической и транспортной перегрузке города, дефициту земельных ресурсов и другим градостроительным проблемам, обуславливает проблему развития промышленности города в условиях необходимости перебазирования значительной части предприятий. Для решения этой проблемы Правительством Москвы принята Концепция проекта “Пром Сити Москва”, предусматривающая оптимизацию территориального размещения на основе формирования производственных зон нового типа, ориентированных на систему взаимосвязанных организаций науки и промышленности. На основе таких зон, расположенных на территориях, имеющих статус земель промышленного назначения, планируется интеграция различных бизнес-единиц промышленности, науки, инжиниринга, в том числе относящихся к сфере крупного, среднего и малого бизнеса, с объединением части технологических переделов, производственной инфраструктуры, обеспечивающих службы. В настоящее время начинается первый этап реализации Концепции — pilotный проект “Пром Сити Москва-Север”.

### 2.3. Развитие и совершенствование системы саморегулирования бизнеса

Непосредственное участие государственных органов в формировании корпоративных структур, повышенное внимание к формированию институтов, способных компенсировать ограниченную дееспособность рыночных механизмов в период их становления, не устраниют необходимости развития и совершенствования системы саморегулирования бизнеса.

В более чем десятилетний период проведения рыночных реформ было создано немало структур гражданского общества в форме ассоциаций, союзов, гильдий, объединяющих предпринимателей в различных отраслях и видах деятельности. Только в сфере малого бизнеса в стране зарегистрировано более 2000 объединений, в том числе более 350 — в Москве [7]. Несмотря на количественные показатели, сильных объединений предпринимателей крайне мало. Большинство из них по роду своей деятельности имеет скорее общественно-политический, нежели отраслевой или профессиональный уклон, многие (опять же в силу действующих в обществе “рутин”) тяготеют к опоре на властные структуры.

В 2003 г. внесен на рассмотрение в Государственную думу РФ проект федерального закона “О саморегулируемых организациях”, второе чтение которого планируется на июнь 2005 г. Представленный законопроект носит, как это принято говорить, “рамочный характер” и не содержит, на наш взгляд главного — механизмов активизации субъектов предпринимательской деятельности в направлении создания и деятельного участия в “саморегулируемых”<sup>9</sup> организациях. Не прописаны также формы сотрудничества и объединения (иерархические, сетевые) саморегулируемых организаций в процессе достижения общих целей (например, делегирование полномочий подписания различного рода соглашений с правительственными органами). Без этого законопроект

<sup>9</sup> Название “саморегулируемая организация”, на наш взгляд, не очень удачно, поскольку не отражает существа предмета: любая самостоятельная от непосредственного подчинения организация — саморегулируемая. Было бы значительно лучше именовать объединения, о которых идет речь в проекте закона, “некоммерческими организациями саморегулирования предпринимательской и профессиональной деятельности”.



не достигает тех целей, которые заявлены в пояснительной записке к нему.

В принципе, действующее законодательство никак не препятствует ни созданию, ни функционированию организаций саморегулирования предпринимательской и профессиональной деятельности, в том числе в форме автономных некоммерческих организаций и некоммерческих партнерств. Основные трудности в их деятельности связаны, как это верно отмечено в работе [7], с недостаточной зрелостью предпринимательской среды, особенно в сфере малого бизнеса, наиболее нуждающейся в консолидации и саморегулировании своей деятельности, а также несовершенством самих структур саморегулирования, не обеспечивающих необходимого уровня доверия и заинтересованности со стороны членов этих саморегулируемых объединений.

Главная проблема укрепления и развития организаций саморегулирования предпринимательской и профессиональной деятельности в настоящее время, на наш взгляд, состоит в правильном выборе и четком выполнении функций конкретной организации, выработке согласованной и прозрачной системы норм и правил регулирования деятельности членов объединения и эффективных методов контроля выполнения этих норм и правил (см. например, работу [8]).

Упомянутым законопроектом предусмотрены:

- разработка и установление правил и стандартов саморегулируемой организации;
- контроль деятельности своих участников на предмет соблюдения правил и стандартов саморегулируемой организации;
- привлечение к ответственности участников саморегулируемых организаций за нарушение устава, установленных правил и стандартов;
- проведение третейских разбирательств споров, возникающих между членами саморегулируемой организации;
- сбор, обработка и хранение информации о финансово-хозяйственной или профессиональной деятельности своих участников;
- анализ информации о деятельности своих участников;
- представление интересов участников саморегулируемой организации в их отношениях с органами государственной власти и местного самоуправления всех уровней;
- организация профессионального обучения, аттестации или сертификации участников.

Данный перечень фактически не содержит (или не раскрывает) функций, направленных на поддержку экономического развития участников объединения, в том числе: организации взаимного кредитования и страхования, защиты участников объединения от попыток криминального передела собственности и др.

Для организаций саморегулирования промышленной деятельности чрезвычайно важно создание механизмов саморегулирования в таких важных направлениях, как ограничение доступа на национальный рынок зарубежных импортеров, особенно ведущих недобросовестную конкурентную борьбу; обеспечение баланса интересов между производителями, оптовиками и предприятиями розничной торговли; привлечение инвести-

ций в промышленность; обеспечение качества и сертификации промышленной продукции и др.

К элементам саморегулирования, деятельность которых непосредственно касается вопросов научно-технического развития и повышения конкурентоспособности промышленного производства, могут быть отнесены системы добровольной сертификации промышленной продукции (работ и услуг) и систем качества, негосударственные фонды в научно-технической сфере, инновационно-технологические центры, технопарки, инкубаторы малого бизнеса и др.

В Москве в настоящее время функционирует ряд систем добровольной сертификации, имеющих более чем региональное значение. В их числе система "Московское качество", созданная на базе Московской торгово-промышленной палаты, система "Оборонный регистр", созданная на базе ГУП Москвы ОБОРОНТЕСТ. Реформирование важной для промышленного сектора стандартизации и оценки соответствия, определенное федеральным законом "О техническом регулировании", выдвигает настоятельные требования к формированию системы национальных стандартов на основе объединенных усилий производителей в решении этой важной для них задачи.

Необходимым звеном саморегулирования в области технико-технологического развития промышленного производства должна стать инфраструктура инновационной деятельности, элементы которой получают определенное развитие. В настоящее время в Москве функционируют 9 крупных технопарков и 12 инновационно-технологических центров, созданных, в основном, на базе ведущих университетов. В решении задач развития и укрепления инновационной инфраструктуры большую помощь оказывает Правительство Москвы. Так, при поддержке Правительства Москвы создаются новые объекты инновационной инфраструктуры в административных округах Москвы, создаются производственно-технологические зоны для размещения малых инновационных фирм (в том числе — масштабный проект строительства в Нагатинской пойме инновационного бизнес-центра "Нагатино-ЗИЛ"), в рамках Комплексной программы промышленной деятельности в Москве ведется работа по оказанию организационной и финансовой поддержки в создании конкретных объектов инновационной инфраструктуры (например, Московского центра трансферта технологий на базе Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, Московского лазерного инновационно-технологического центра на базе МНТО "Лазерная ассоциация") и др.

Начальный этап создания и становления саморегулируемых организаций безусловно требует участия государства как с точки зрения благоприятной правовой нормативной базы, так и оказания непосредственной финансовой и имущественной поддержки создания необходимых структур. Основными условиями предоставления поддержки должны быть инициатива хозяйствующих субъектов и наличие концепции или программы осуществления организацией функций регулирования соответствующей области деятельности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В период 1990-х гг. и по настоящее время институциональная среда, в которой действуют субъекты экономики, в нашей стране претерпела огромные изменения. Принятые законодательные акты определили базовые нормы и структуры рыночной экономики. Однако многочисленные пробелы в законодательстве, а также отсутствие эффективных механизмов реализации уста-

новленных государством норм и правил поведения субъектов рынка наносят значительный вред экономике, препятствуют развитию промышленного сектора, повышению его конкурентоспособности. Предстоит долгая и кропотливая работа по поиску и отладке механизмов, способных обеспечить как соблюдение основных норм государственного права, так и совершенствование практики хозяйствования субъектов экономики как единого комплекса, с учетом баланса их интересов, обеспечения условий развития, соблюдения национальных интересов.

Формирование новых институтов в обществе является сложным процессом, требующим достаточно длительного времени. В обычных условиях большинство институтов складываются в результате закрепления положительной практики и последующего законодательного оформления. Особенность периода постсоциалистической трансформации экономики, характеризуемого масштабным изменением социальных и экономических условий, состоит в необходимости формирования новых институтов, во многом не согласуемых со стереотипами поведения в обществе. В этих условиях со стороны государства необходимы действия законодательного, организационного и финансового характера, обеспечивающие поддержку становления новых институтов. Другими словами: в этот период государству не достаточно просто не мешать, нужно помогать становлению и развитию новых принципов, методов, форм, механизмов организации и функционирования общества и бизнеса, особенно в научно-технической и промышленной сфере, принявший на себя основную тяжесть трансформации экономики. Любая помощь предполагает принятие конкретного решения. Как показывает опыт, простое копирование того, как это делается на Западе, не дает положительных результатов. Нужны решения нестандартные, необходимые именно для нас и именно сейчас. Для этого необходимо максимальное использование собственного положительного опыта в решении затрагиваемой проблемы, широкое обсуждение принимаемых решений, соблюдение баланса интересов сторон.

Затянувшийся кризис обрабатывающих отраслей экономики диктует необходимость принятия энергичных мер по повышению конкурентоспособности про-

мышленного производства, обеспечению условий его ускоренного развития. Естественно, хочется найти некоторое универсальное, единственное средство, которое позволит эффективно решить большинство проблем. В качестве такого средства в начале проведения реформ назывался "рынок", который сам все отрегулирует и сам все решит. В настоящее время много говорится об инновационном пути развития как основном рецепте вывода экономике из кризиса. Очевидно, что и "рынок" и "инновационный путь развития" очень важные условия развития промышленного комплекса, но и то, и другое должно быть обеспечено соответствующей институциональной средой, развитие и совершенствование которой на современном этапе является важнейшей государственной задачей.

---

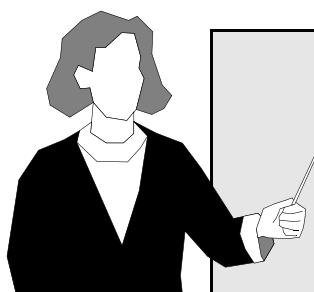
## ЛИТЕРАТУРА

---

1. Шаститко А. Неоинституциональная экономическая теория. — М.: ТЕИС, 1998. С. 105—124.
2. Эксперт. — 2005. — № 7 (454). — 21—27 февр. — С. 4.
3. Пантелеев Е. А. Интеграция промышленности, науки и малого бизнеса // Современная национальная промышленная политика России (региональный аспект) / РСПП. — М., 2004. — Вып. 2. — С. 29—36.
4. Промышленная политика Правительства Москвы на 2004 — 2006 гг. и до 2010 г. Проблемы формирования и реализации. — М.: ДНиПП, 2004.
5. Управление социально-экономическим развитием России. Концепции, цели, механизмы. — М.: Экономика, 2002.
6. Маршан П., Самсон И. Метрополисы и экономическое развитие России // Вопросы экономики. — 2004. — № 1. — С. 4—18.
7. Виленский А. О передачи контрольных функций государства объединениям малых предпринимателей // Там же. — 2003. — № 11. — С. 99—109.
8. Обыденов А. Институциональные особенности саморегулирования бизнеса // Там же. — С. 88—98.

☎ (095) 924-98-89

E-mail: panteleev@dnpp.mos.ru



## Вниманию подписчиков!

В каталоге "Роспечати" на 2005 г. ошибочно указана периодичность журнала "Проблемы управления" – 4 номера в год. Однако с 2005 г. мы выходим **6 раз в год**. Если Вы подписались по каталогу "Роспечати", то для получения № 3 и 6 Вам необходимо на них подписаться по объединенному каталогу "Пресса России" (индекс **38006**) или через Редакцию.

Редакция



УДК 330

# МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЦЕНТРОВ КАПИТАЛА

В. В. Цыганов<sup>(1)</sup>, Р. А. Багамаев<sup>(2)</sup><sup>(1)</sup> Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова, г. Москва;<sup>(2)</sup> Коммерческий банк "Витас", г. Москва

Найдены условия инвестиционной привлекательности предприятия. Показано, что экономическая свобода приводит к созданию собственности и центров капитала. Определены условия формирования региональных центров капитала. Показано, что, при сохранении утечки сверхприбылей экспортёров за рубеж, вступление России во Всемирную торговую организацию приведет к уменьшению государственного бюджета.

## ВВЕДЕНИЕ

В работе [1] рассмотрены основы теории управления эволюцией организации в условиях быстрых изменений, предусматривающего овладение капиталом с помощью либеральных механизмов, обеспечивающих условия для развития предприятия и притока в него капиталов инвесторов. Управляющий орган этой системы (Центр) может сделать бизнес привлекательным для инвесторов, если создаст благоприятный инвестиционный климат. Цель построения моделей инвестиционной привлекательности — изучение и создание условий, стимулирующих приток капиталов на предприятия.

## 1. ИНВЕСТИЦИОННАЯ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ РЕГИОНА

Рассмотрим ситуацию, когда предприниматель (Центр) владеет двумя предприятиями, которые находятся в разных регионах (или странах). Предприятию, находящемуся в  $i$ -м регионе, присвоим номер  $i$ ,  $i = \overline{1, 2}$ . В процессе самоорганизации, весь получаемый доход вновь инвестируется в эти предприятия. Процесс их развития будем описывать системой рекуррентных стохастических уравнений, связывающих их потенциалы (например, стоимость основных производственных фондов — ОПФ) с интенсивностями входных воздействий (инвестиций):

$$q_{it+1} = C_i q_{it} + B_i u_{it} + \eta_{it}, \quad q_{i0} = q^0, \quad (1)$$

где  $q_{it}$  — одномерный (скалярный) потенциал  $i$ -го предприятия,  $u_{it}$  — инвестиции,  $C_i$  и  $B_i$  — положительные коэффициенты,  $\eta_{it}$  — случайная помеха,  $i = \overline{1, 2}$ ,  $t = 0, 1 \dots$  — номер периода.

Выход  $i$ -го предприятия

$$z_{it} = A_i q_{it} + \zeta_{it}, \quad (2)$$

где  $\zeta_{it}$  — случайная помеха,  $A_i > 0$ ,  $i = \overline{1, 2}$ . Общая прибыль Центра равна сумме прибылей предприятий в обоих регионах:  $z_t = z_{1t} + z_{2t}$ . Инвестиции  $u_t = (u_{1t}, u_{2t})$

направлены на максимизацию дисконтированной прибыли Центра

$$W = \sum_{i=1}^2 \sum_{t=0}^{T-1} \rho^t z_{it} \xrightarrow{u_{it}} \max, \quad (3)$$

где  $\rho$  — коэффициент дисконтирования. Для этого центр вкладывает в предприятия всю полученную прибыль:

$$z_t = u_{1t} + u_{2t}, \quad (4)$$

где  $u_{it}$  — инвестиции в  $i$ -е предприятие в периоде  $t$ . Обозначим решение задачи (1)–(4) через  $u_t^* = (u_{1t}^*, u_{2t}^*)$ .

Будем говорить, что регион 1 инвестиционно привлекательнее региона 2, если инвестиции в предприятие, находящееся в регионе 2, отсутствуют:  $u_{2t}^* = 0$ ,  $t = \overline{1, T-1}$ . Соответственно, при этом будем говорить, что регион 2 инвестиционно непривлекателен.

**Теорема.** Для того чтобы регион 1 был инвестиционно привлекательнее региона 2, необходимо и достаточно, чтобы

$$I_{1t} > I_{2t}, \quad I_{it} = A_i B_i [1 - (\rho C_i)^t] / (1 - \rho C_i), \\ i = \overline{1, 2}, \quad t = \overline{1, T}. \quad \blacklozenge$$

Доказательство приведено в Приложении.

В формулировке теоремы  $I_{it}$  — компоненты вектора

$$I_i = (I_{i1}, I_{i2}, I_{i3}, \dots, I_{iT-1}) \quad (5)$$

инвестиционной привлекательности предприятия, находящегося в  $i$ -м регионе. Им можно воспользоваться для характеристики инвестиционного климата в  $i$ -м регионе. Компонента  $I_{it}$  характеризует инвестиционную привлекательность  $i$ -го региона в периоде  $t$ . Она зависит от параметров макроэкономического регулирования в этом регионе. Например, если  $q_i$  — стоимость ОПФ  $i$ -го предприятия, то параметр  $C_i$  — это коэффициент их амортизации в  $i$ -м регионе. Параметр  $B_i$  характеризует эффективность инвестиций, их влияние на основные фонды. Он зависит от поддержки инвестиций в  $i$ -м регионе со стороны местной власти (или государственной власти, если регионы находятся в разных странах). Более сложный по своей структуре параметр  $A_i$ . Если



$\pi_i$  — прибыль, подлежащая инвестированию, то его можно представить, например в следующем виде

$$A_i = \Pi_i g_i, \quad i = \overline{1, 2}, \quad (6)$$

где  $\Pi_i = (1 - r_i)[(1 - d_i)p_i - \pi_i]$  — прибавочный продукт на единицу продукции в  $i$ -м регионе;  $\pi_i$  — себестоимость продукции в  $i$ -м регионе;  $d_i$  и  $r_i$  — ставки налога на объем продаж и прибыль, соответственно;  $g_i$  — фондоотдача как количество продукции (в натуральном выражении), выпускаемой на единицу ОПФ в  $i$ -м регионе;  $p_i$  — цена единицы продукции в  $i$ -м регионе, выраженная в единых условных единицах,  $p_i = p_i^* e_i$ , где  $p_i^*$  — цена, выраженная в валюте  $i$ -го региона по отношению к базовой валюте. Путем выбора указанных параметров макроэкономического регулирования можно сделать тот или иной регион привлекательным для инвестиций, т. е. создать благоприятный инвестиционный климат.

## 2. ПРЕДПРИЯТИЕ КАК НЕУСТОЙЧИВЫЙ ЦЕНТР КАПИТАЛА

Предположим, что существует инвестор, который имеет свободные средства и может оплатить определенную долю  $b$  начального капитала каждого предприятия — потенциала  $q_i^0$ ,  $i = \overline{1, 2}$ . В обмен он получает соответствующую долю  $b$  прибыли, которую, в свою очередь, может постоянно инвестировать в предприятия обоих регионов. Тогда уравнения для описания динамики потенциала долевого инвестора имеют тот же вид, что и для предприятия. Естественно предположить, что дальновидный инвестор максимизирует, путем последовательных инвестиций, собственный дисконтированный общий доход, который имеет вид, аналогичный выражению (3). Тогда справедливо

**Следствие 1.** При выполнении условий теоремы, долевой инвестор осуществляет инвестиции в регион 1. ♦

Следствие 1 означает, что направление потоков капитала хозяина предприятий (предпринимателя) и долевого инвестора совпадают. Согласно теореме, эти потоки капитала направлены к предприятию с большей инвестиционной привлекательностью и формируют на его основе Центр капитала. При этом предприятие становится собственностью не только его первоначального хозяина, но и инвестора. В основе этих процессов лежит свобода хозяина и инвестора распоряжаться своими средствами, приводящая к возникновению и росту их собственности в Центре капитала. Таким образом, экономическая свобода приводит к созданию собственности и Центра капитала.

Потоки капитала определяют его миграцию между регионами. Долевым инвестором может быть акционер или финансовый игрок, который имеет "немножко предприятия". Инвестиционную привлекательность предприятия может оценить только её хозяин или крупный акционер, рядовому инвестору это сделать трудно. Следствие 1 позволяет инвестору принимать решения, наблюдая за потоками капиталов хозяина или крупного акционера. Фундаментом такой рефлексии является сформулированная ранее теорема об инвестиционной привлекательности. Следствие 1 теоретически обосновывает рефлексию на финансовых рынках в условиях быстрых изменений. Капитал мигрирует в самые "горячие" бизнесы — центры капитала, обладающие высокой

инвестиционной привлекательностью. Концентрация капитала в одном регионе происходит за счет его оттока из другого, что приводит к неустойчивости системы в целом — вместо двух предприятий, в конце концов, остается одно. В общем случае, формирование центров капитала в экономике приводит к неустойчивости, поскольку капитал перераспределяется в пользу лишь некоторых её элементов, а остальные деградируют.

## 3. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЦЕНТРЫ КАПИТАЛА

Механизмы развития региона обеспечивают инвестиционную привлекательность предприятий и, следовательно, их развитие. Вектор инвестиционной привлекательности  $i$ -го региона, по отношению к конкретному предприятию  $I_i$ , определяется согласно формуле (5). Чтобы получить более общую характеристику инвестиционной привлекательности региона, необходимо агрегировать данные по инвестиционной привлекательности конкретных предприятий. Такая характеристика может быть получена путем усреднения векторов инвестиционной привлекательности по совокупности предприятий в каждом регионе [1]. Этот подход оказывается весьма полезным, например, в случаях, когда предприятия региона обладают общими особенностями. Один из таких важных случаев связан с климато-географическими особенностями региона.

Рассмотрим модель единого экономического пространства с единой валютой, ценой, налогами, коэффициентами амортизации и эффективности инвестиций:

$$e_i = 1, \quad p_1 = p_2, \quad d_1 = d_2, \quad r_1 = r_2, \quad C_1 = C_2, \quad B_1 = B_2. \quad (7)$$

В этом случае специфика региона определяется издержками производства продукции  $\pi_i$  и фондоотдачей  $g_i$ . Рассмотрим влияние этих особенностей производства продукции в регионах на инвестиционную привлекательность.

Прежде всего, рассмотрим ситуацию, когда единственное отличие регионов состоит в том, что себестоимость производства продукции в одном из регионов выше, чем в другом. Например, это может быть обусловлено повышенными транспортными расходами, из-за большой территории региона 1, повышенной оплатой труда из-за более тяжелых его условий (например, климатических) и другими факторами, определяющими себестоимость продукции. Предположим, для определенности, что регион 1 — это регион с повышенными издержками производства продукции:  $\pi_1 < \pi_2$ .

**Следствие 2.** Центром капитала в едином экономическом пространстве при одинаковой фондоотдаче ( $g_1 = g_2$ ) является регион с пониженными издержками производства продукции.

**Доказательство.** Подставляя неравенство  $\pi_1 < \pi_2$  и условия единства экономического пространства (7) и одинаковой фондоотдачи ( $g_1 = g_2$ ) в формулу (6), а затем в вектор инвестиционной привлекательности (5), получаем  $I_{2t} > I_{1t}$ ,  $t = \overline{1, T-1}$ . Но тогда, по теореме, регион 1 инвестиционно привлекателен. ♦

**Пример 1: регион с дешёвой рабочей силой.** Очевидно, что себестоимость продукции, произведенной в стране с дешёвой рабочей силой, ниже себестоимости той же продукции, произведенной в стране с дорогой рабочей силой. Следовательно, чем дешевле рабочая сила в стране, тем выше её инвестиционная привлекатель-



ность. Такой вид экономической эволюции может приводить к вымиранию целых отраслей промышленности в странах с более высокой заработной платой, и питает движение антиглобалистов в странах Запада. ♦

**Пример 2: девальвация.** Занижение стоимости национальной валюты (валютного курса) и девальвация повышают инвестиционную привлекательность экономики за счет снижения затрат, в том числе удешевления рабочей силы, и являются элементами стратегии как развивающихся, так и развитых стран. ♦

Предположим теперь, что специфика региона определяется фондотдачей  $g_i$ . Именно, единственное отличие регионов состоит в том, что фондотдача при производстве продукции в одном из регионов ниже. Например, это может быть обусловлено повышенными расходами на строительство производственных зданий, сооружений и коммуникаций из-за суровых климатических условий и другими факторами. Предположим, для определенности, что регион 1 — это регион с повышенной фондотдачей при производстве продукции:  $g_1 > g_2$ .

**Следствие 3.** Центром капитала в едином экономическом пространстве является регион с повышенной фондотдачей.

**Доказательство.** Подставляя неравенство  $g_1 < g_2$  и условия единства экономического пространства (7) в формулу (6), а затем в вектор инвестиционной привлекательности (5), получаем  $I_{2t} > I_{1t}, t = \overline{1, T-1}$ . Но тогда, по теореме, регион 1 инвестиционно привлекателен. ♦

**Следствие 4.** Центром капитала в едином экономическом пространстве является регион с пониженной себестоимостью производства продукции и повышенной фондотдачей. ♦

#### 4. ГЛОБАЛЬНАЯ ЛИБЕРАЛИЗАЦИЯ И ИНВЕСТИЦИОННАЯ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ СТРАНЫ

Предположим, что предприятия находятся в разных странах. Глобализация предполагает взаимозависимость стран, создание единого экономического пространства. Либерализация, являющаяся официальной стратегией Всемирной торговой организации (ВТО), предполагает устранение экономических барьеров и протекционизма между странами для свободного движения товаров и технологий. В рассматриваемой модели условия глобальной либерализации имеют вид (7), где  $i$  — номер страны,  $i = \overline{1, 2}$ .

**Следствие 5.** В условиях глобальной либерализации страна с повышенными издержками производства продукции инвестиционно непривлекательна. ♦

**Пример: страна с суровым климатом.** Рассмотрим в качестве одной страны Россию, а в качестве другой — зарубежье. Среднегодовой уровень температуры в России самый низкий в мире — минус 7 °C. Такой климат сильно повышает издержки производства. Это одна из причин, почему эффективность и инвестиционная привлекательность производства в России ниже, чем в более тёплых странах. ♦

**Следствие 6.** В условиях глобальной либерализации страна с пониженной фондотдачей инвестиционно не привлекательна. ♦

**Пример: страна с суровым климатом.** Фондоотдача — это количество продукции, выпускаемой на единицу ОПФ в данном регионе. Главная составляющая ОПФ — здания, сооружения, коммуникации. В России, по срав-

нению с зарубежьем, чрезвычайно дорогое капитальное строительство [2]. Соответственно, выше амортизационные выплаты и затраты на ремонт. ♦

Инвестиционную привлекательность можно повышать путём снижения обменного курса местной валюты по отношению к базовой валюте, а также тарифов на энергию и транспортировку, ставок налога с продаж и налога на прибыль. Можно защищать внутренний рынок от импорта (например, повышать импортные пошлины) и таким образом поощрять инвестиции.

Рассмотрим в качестве региона 1 Россию, а в качестве региона 2 — зарубежье. В силу неблагоприятных, по сравнению с другими странами мирового сообщества, климатогеографических условий России, имеют место следующие утверждения.

**Закономерность Милова** [3]. Российское сельское хозяйство — это сельское хозяйство с наименьшим объемом прибавочного продукта:  $P_1 < P_2$ . ♦

**Следствие 7.** Если справедлива закономерность Милова, то механизм глобальной либерализации (7) подавляет центры капитала в российском сельскохозяйственном производстве.

**Доказательство.** Подставляя условие Милова и условия (7) в формулу (5), получаем  $I_{1t} < I_{2t}, t = \overline{1, T-1}$ . Следовательно, согласно теореме, российское сельскохозяйственное предприятие инвестиционно непривлекательно. Но тогда механизм глобальной либерализации (7) подавляет российское сельхозпредприятие. ♦

**Закономерность Паршева** [2]. При производстве российской продукции её себестоимость, по сравнению с аналогичной по потребительским качествам, но произведенной в других странах, выше:  $Z_1 > Z_2$ , а фондотдача — ниже:  $g_1 < g_2$ . ♦

Глобальная конкуренция означает, что выпускаемая продукция не является уникальной, т. е. в мире существуют другие её производители.

**Следствие 8.** Если справедлива закономерность Паршева, то глобальная конкуренция и механизм либерализации (7) подавляют российское промышленное предприятие. ♦

Следствие 8 — это Горькая теорема Паршева [2]. Подчеркнем, что оно справедливо, если только продукция российского промышленного предприятия не является уникальной, находящейся на мировых рынках вне конкуренции. Заметим, что условия глобальной либерализации (7) наиболее привлекательны для инвесторов — ведь при этом государство создает им такие же условия, как и в других странах мира. Но даже при таких условиях, Россия непривлекательна для инвестиций. Горькая теорема Паршева касается и отечественных предпринимателей. В результате вывоз капиталов, по порядку величины, сопоставим со всем бюджетом России.

В связи с этим наиболее простым решением проблемы инвестиций в российскую экономику является введение сильных штрафов за вывоз прибыли за границу, с целью инвестирования (т. е. запрета на вывоз капитала). Формально это означает, что в базовой модели капиталовложения в каждом из рассматриваемых регионов осуществляются независимо (вместо условий (4) имеют место условия  $u_{it} = z_{it}, i = \overline{1, 2}$ ). Сильные штрафы можно обеспечить, например, путем введения больших (запредельных) ставок  $r_i$  налога на прибыль, вывозимую за границу с целью инвестирования.



Сторонники глобальной либерализации и вступления России в ВТО надеются на построение механизма функционирования российской экономики в условиях глобализации, делающего Россию инвестиционно привлекательной. Действительно, в отсутствие глобальной либерализации (7), используя сформулированную теорему, можно получить теоретические условия, при которых Россия инвестиционно привлекательнее других стран. Теоретически, согласно формуле (6), можно обеспечить лучший инвестиционный климат из-за низких налогов  $d_i$ ,  $r_i$ , обменного курса  $e_i$ , амортизационных льгот  $C_i$  и т. д. За счет выпуска уникальной научноемкой продукции можно устанавливать монопольно высокие цены  $p_i$ , резко увеличить фондотдачу  $g_i$ , как это делают в развитых странах. Условия теоремы могут выполняться и при большой государственной поддержке инвестиций ( $B_1 \gg B_2$ ). Впрочем, для этого государству нужны значительные средства.

Фактические результаты функционирования экономики за последнее десятилетие свидетельствуют в пользу сторонников первого подхода (ограничения или запрета на вывоз капитала). Из России было вывезено, по разным оценкам, от 300 до 500 млрд. долл. США, а прямые иностранные инвестиции в национальное хозяйство составили всего лишь несколько десятков миллиардов долларов [1]. Вступление в ВТО может усилить процессы оттока капитала.

Проанализируем, как повлияет на российский бюджет вступление в ВТО. Бюджет пополняется выручкой экспортёров и компаний, производящих товары для внутреннего рынка. В результате вступления России в ВТО, экспортёры получат дополнительные доходы, поскольку будут сняты дискриминационные ограничения на мировом рынке. Однако, чем лучше внешнеэкономическая конъюнктура для сегодняшней России, тем больше денег в экономике и тем больше отток капитала. “Как правило, когда идет падение доходов от экспорта, сокращается и отток капитала. Происходит это потому, что меньше отчисляется от выручки на оффшоры — внутри страны деньги тоже нужны, чтобы работать”, — считает первый заместитель председателя Центрального Банка России О. Вьюгин [1]. Таким образом, существует прямая зависимость утечки капитала от дополнительных экспортных доходов (сверхприбыли). Предположим, что сохраняется отток капитала за рубеж, вызываемый инвестиционной непривлекательностью России. Тогда сохранится положение, при котором дополнительные доходы (сверхприбыли) экспортёров, получаемые в результате вступления страны в ВТО, остаются за рубежом. Соответственно, утечка капитала увеличится на сумму дополнительных доходов от вступления в ВТО.

С другой стороны, доходы российских компаний, производящих товары для внутреннего рынка, упадут из-за неизбежного усиления конкуренции со стороны иностранных фирм. Поэтому суммарная доходная часть госбюджета уменьшится. Это приведет к социально-экономическому регрессу — снижению потребления обществом, в первую очередь учителей, врачей, военных, ученых, а также сокращению государственной поддержки социальной сферы, инвестиций в экономику. Таким образом, при сохранении существующей тенденции утечки капиталов, вступление в ВТО приведет к социально-экономическому регрессу России.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Механизмы формирования центров капитала основаны на создании макроэкономических условий, обеспечивающих инвестиционную привлекательность предприятий в данном регионе. Глобальная либерализация влияет на инвестиционную привлекательность страны. Центром капитала в едином экономическом пространстве становится регион с пониженной себестоимостью производства продукции и повышенной фондотдачей. Если справедливы закономерности Милова и Паршева, то глобальная либерализация (в частности, вступление в ВТО) подавляет центры капитала на российских предприятиях. Выход из сложившейся ситуации — создание национальной системы развития, обеспечивающей инвестиционную привлекательность российских предприятий [1].

## ПРИЛОЖЕНИЕ

**Доказательство теоремы.** Подставляя выражение (1) в формулу (2)  $t$  раз, получаем

$$z_{it} = A_i B \sum_{\tau=1}^t C_i^{t-\tau} u_{i\tau-1} \quad (8)$$

с точностью до членов, не зависящих от  $u_{ik}$ ,  $k = \overline{0, t-1}$ . Подставляя выражение (8) в формулы (3) и (4), получаем

$$W = \sum_{i=1}^2 \sum_{t=0}^{T-1} m_{it}^T u_{it} + \text{const}, \quad (9)$$

$$u_{1t} + u_{2t} = \sum_{i=1}^2 \sum_{k=0}^{t-1} m_{ik}^t u_{ik} + \text{const},$$

$$m_{it}^T = A_i B_i C_i (\rho^T - \rho^t) / (\rho - 1). \quad (10)$$

Далее доказательство проводится на основе принципа оптимальности Беллмана. Покажем, что  $u_{2T-1}^* = 0$ . Из выражений (9) и (10) имеем, с точностью до членов, содержащих  $u_{2T-1}$ ,

$$W = \rho(I_{1T} u_{1T} + I_{2T} u_{2T-1}) + \text{const}. \quad (11)$$

Аналогично имеем, при  $t = T-1$   
 $u_{1T} + u_{2T-1} = \text{const.} \quad (12)$

По условию теоремы,  $I_{1T-1} = I_{2T-1}$ . Следовательно, максимум прибыли  $W$  (11), при ограничении (12), достигается при  $u_{2T-1}^* = 0$ . Повторяя эти рассуждения при  $t = T-2$ , получаем  $u_{2T-2}^* = 0$  и так далее, вплоть до  $t = 1$  и  $u_{21}^* = 0$ . Теорема доказана. ♦

## ЛИТЕРАТУРА

- Цыганов В. В., Бородин В. А., Шишkin Г. Б. Интеллектуальное предприятие: механизмы владения капиталом и властью. — М.: Университетская книга, 2004. — 776 с.
- Паршев А. П. Почему Россия не Америка. Книга для тех, кто остается здесь. — М.: Крымский мост-9Д; НТЦ Форум, 2001. — 411 с.
- Милов Л. В. Великорусский пахарь и особенности российского исторического процесса. — М.: РОСС-ПЭН, 1998.

☎ (095) 334-79-00

✉ (095) 334-89-11

E-mail: [bbc@ipu.rssi.ru](mailto:bbc@ipu.rssi.ru)

☎/✉ (095) 472-47-80

E-mail: [R.Bagamaev@vitasbank.ru](mailto:R.Bagamaev@vitasbank.ru)



УДК 519.6

# ИНОВАЦИОННАЯ И ИНВЕСТИЦИОННАЯ ПОЛИТИКА: МОДЕЛЬ СМЕНЫ ТЕХНОЛОГИЙ<sup>1</sup>

А. А. Иващенко, Р. М. Нижегородцев, Д. А. Новиков

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, г. Москва

Сформулирована и исследуется динамическая модель смены технологий, в рамках которой поставлена задача выбора инновационной политики (в какие моменты времени начинать разработку и (или) внедрение той или иной новой технологии) и инвестиционной политики — каков оптимальный график инвестиций в новые технологии.

## ВВЕДЕНИЕ

Аппарат дифференциальных уравнений и оптимального управления давно и успешно применяется для построения моделей развития сложных систем [1–6]. Настоящая работа посвящена формулировке и исследованию динамической модели смены технологий, в рамках которой ставится задача выбора инновационной политики [7, 8] (в какие моменты времени начинать разработку и (или) внедрение той или иной новой технологии, включая принятие решений о целесообразности ее внедрения вообще) и инвестиционной политики [9] — каков оптимальный график инвестиций в новые технологии. Предлагаемая модель достаточно общая — она применима для любого объекта (экономического агента, принимающего решение относительно инновационного развития), начиная с уровня государства, разрабатывающего стратегию стимулирования инноваций, и заканчивая фирмой или крупной корпорацией, реализующей стратегию инновационного прорыва на отдельных рыночных нишах.

## 1. ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ

Рассматривается динамика развития  $n \geq 1$  технологий (последовательно сменяющих друг друга технологических укладов [4, 7] или отдельных инноваций — содержательный их смысл в рамках рассматриваемой модели одинаков) на плановый горизонт  $T$ , который фиксирован и считается известным. Динамика  $x_i(t)$  развития  $i$ -й тех-

нологии (ее жизненный цикл) описывается следующим дифференциальным уравнением:

$$\dot{x}_i(t) = \{\gamma_i(x_{i-1}(t_i), u_i(t))x_i(t)[Q_i - x_i(t)]\}I(t \geq t_i), \quad (1)$$

где  $I(\cdot)$  — функция-индикатор,  $t \in [0; T]$ ,  $u_i(\cdot)$  — управление (инвестиции),  $Q_1 \leq Q_2 \leq \dots \leq Q_n$  — известные предельные уровни развития технологий (технологические пределы — разность между “соседними” технологическими пределами характеризует технологический скачок),  $i \in N = \{1, 2, \dots, n\}$  — упорядоченному множеству технологий,  $t_1 = 0 \leq t_2 \leq \dots \leq t_n \leq T$  — конечная последовательность моментов “переключения” — перехода от одной технологии к следующей. Зададим начальные и конечные условия:  $x_1(0) = x_0 \geq 0$ ,  $x_i(t) = 0$ ,  $t \in (t_{i+1}, T]$ ,  $i \in \{1, 2, \dots, n-1\}$ ,

$$x_i(t_i) = \max[x_0, x_{i-1}(t_i) - q_i], \quad i \in N. \quad (2)$$

Содержательно, моменты времени  $\{t_i\}_{i \in N}$  соответствуют “переключению” (переходу) на новую технологию, известные величины  $\{q_i\}_{i \in N}$  — потерям, связанным с переходом, управление  $u_i(\cdot) \geq 0$  — динамике изменения ресурсов, вкладываемых в развитие технологий,  $i \in N$ . Динамика  $i$ -й технологии описывается обобщенным логистическим уравнением (1) [4, 5] со скоростью роста, описываемой известной функцией  $\gamma_i(x_i(t), u_i(t))$ , зависящей от уже достигнутого на предыдущем этапе уровня  $x_i(t)$  развития (точнее, “стартового” для данного этапа уровня — см. выражение (2)) и количества ресурсов  $u_i(\cdot)$ .

Траектория  $x(t) = x_i(t)$ ,  $t \in [t_i; t_{i+1}]$ , характеризует уровень развития технологий.

Определим достигнутый к концу планового горизонта  $T$  уровень развития технологий как

$$X(T) = \max_{i \in N} \{x_i(T)\}.$$

<sup>1</sup> Работа поддержана грантом РФФИ (проект № 03-06-80083a).



## 2. ОПТИМИЗАЦИОННАЯ ЗАДАЧА

Пусть заданы:

— функция “дохода”  $H(X(T))$ , отражающая доход, получаемый в конце планового периода (зависящий от достигнутого уровня  $X(T)$  развития технологий);

— функционал “дохода”  $F(x(\cdot)) = \int_0^T f(x(t))dt$ , отражающий совокупный доход, получаемый в процессе развития технологий, где  $f(x(t))$  — текущий доход, определяемый уровнем развития технологии  $x(t)$ ;

— функция затрат  $C(u(\cdot)) = \int_0^T \sum_{i \in N} u_i(t) e^{-\delta_i(t)t} dt$ ,

где  $\forall t \in (0, T)$   $\delta_i(t) \in (0; 1]$  — это коэффициенты дисkontирования, отражающие темпы морального износа научно-технической информации, овеществленной в данном технологическом решении,  $u(\cdot) = (u_1(\cdot), u_2(\cdot), \dots, u_n(\cdot))$  — вектор динамики ресурсов, отражающий *инвестиционную политику*,  $\Theta = (t_1, \dots, t_n)$ , где  $t_1 = 0 \leq t_2 \leq \dots \leq t_n \leq T$ , — вектор моментов времен смены технологий, отражающий *инновационную политику*.

В функционале затрат множитель вида  $e^{-\delta_i(t)t}$  означает, что в промежутках между моментами технологических сдвигов действует так называемый закон убывающей производительности капитала (закон тенденции средней нормы прибыли к понижению), и моральный износ научно-технической информации в это время носит монотонно убывающий характер.

Наложим следующие ограничения:

$$u_i(t_i) \geq c_i, \quad u_i(t) = 0, \quad t \notin [t_i; t_{i+1}), \quad i \in N, \quad (3)$$

где константы  $\{c_i \geq 0\}$  могут интерпретироваться как инвестиции в приобретение и (или) начало внедрения соответствующих технологий.

Критерий эффективности можно записать в виде разности между доходом и затратами, тогда оптимизационная задача примет вид: максимизировать критерий эффективности выбором последовательности  $\Theta$  смены технологий и вектора  $u(\cdot)$  динамики ресурсов, т. е.:

$$H(X(T)) + F(x(\cdot)) - C(u(\cdot)) \rightarrow \max_{\Theta, u(\cdot)}, \quad (4)$$

при условии, что динамика технологий описывается системой уравнений (1) с начальными условиями (2), а ресурсы удовлетворяют ограничениям (3).

Альтернативой критерию (4) может быть использование коэффициента рентабельности (эффективности) инвестиций:

$$\gamma(\Theta, u(\cdot)) = \frac{H(X(T)) + F(x(\cdot))}{C(u(\cdot))}.$$

Сделаем следующие предположения: функции  $\gamma(x_{i-1}, u_i)$  не убывают по всем переменным,  $\gamma(x_{i-1}, 0) = 0, i \in N$ ; функция  $H(\cdot)$  также неубывающая. Содержательная интерпретация этих предположений очевидна — доход от наличия уже достигнутого технического уровня может разве лишь накапливаться.

Отметим, что частным случаем решения задачи (4) может быть реализация любого подмножества множества технологий  $N$ , что возможно при совпадении соответствующих времен переключений.

Каждое из уравнений, входящих в систему (1), может быть решено независимо:

$$x_i(t, u_i(\cdot)) = \frac{x_i(t_i) Q_i I(t \geq t_i)}{\left[ x_i(t_i) \int_{t_i}^{t_i} \gamma_i(r_i, x_{i-1}(t_i), u_i(\tau)) A(\tau) d\tau + Q_i \right] B(\tau)}, \quad i \in N, \quad (5)$$

$$\text{где } A(\tau) = \exp \left( \int_{t_i}^{\tau} \gamma_i(r_i, x_{i-1}(t_i), u_i(\xi)) d\xi \right), \\ B(\tau) = \exp \left( - \int_{t_i}^{\tau} \gamma_i(r_i, x_{i-1}(t_i), u_i(\xi)) d\xi \right).$$

Если  $u_i(t) = u_i$  при  $t \in [t_i, t_{i+1})$ ,  $i \in N$ , то из решений (5) получим набор логистических кривых (связанных соотношением (2)):

$$x_i(t, u_i) = \frac{x_i(t_i) Q_i I(t \in [t_i; t_{i+1}))}{x_i(t_i) + (Q_i - x_i(t_i)) e^{-\gamma_i(r_i, x_{i-1}(t_i), u_i)}}, \quad t \geq t_{i+1}, \quad i \in N. \quad (6)$$

Задача (4) является “аддитивной”, так как в ней критерий эффективности представляет собой разность функционала от терминального значения траектории и функционала, зависящего от всей траектории, причем моменты переключений априори упорядочены. Поэтому данная задача может быть отнесена к классу задач оптимального управления [10–12] с фазовыми координатами, разрывными во внутренних точках [11]. Для ее решения, в случае известных моментов переключений, могут быть применены известные методы [12], в общем же случае следует сначала искать оптимальные управление при фиксированных моментах переключений, а затем — применять метод динамического программирования для поиска моментов переключения при условии, что оптимальные инвестиции между моментами переключений ищутся из решений соответствующих задач оптимального управления (авторы признательны за данную идею профессору А. Г. Бутковскому).

Решение задачи (4) в ряде случаев может быть получено численно, что позволяет при заданных исходных данных находить оптимальную инновационную и инвестиционную политику. Кроме того, появляется возможность посредством имитационного моделирования анализировать различные инвестиционные стратегии, оценивать их эффективность, сравнивать между собой и т. д. Отметим, что в предложенной модели фигурирует достаточно много параметров, поэтому, опуская часть из них, можно получать более простые модели, вводя для которых содержательно интерпретируемые предположения, можно получать аналитические решения (см. выражение (6)).



### 3. КАЧЕСТВЕННОЕ ОБСУЖДЕНИЕ

Итак, в предложенной модели фигурируют следующие параметры (разбиение параметров на группы достаточно условно, так как в зависимости от моделируемой ситуации один и тот же параметр может быть отнесен к различным группам).

- Характеристики технологий:  $\{q_i, c_i, Q_i, \gamma_i(\cdot)\}$ , где  $q_i$  — одномоментные потери (или выигрыш) в уровне развития технологий, связанные с внедрением новой технологии,  $c_i$  — инвестиции в новую технологию,  $Q_i$  — максимальный уровень ее развития (технологический предел),  $\gamma_i(\cdot)$  — зависимость скорости развития от инвестиций и характеристик экономического агента, внедряющего новые технологии,  $i \in N$ .
- Характеристики объекта:  $x_0$  — начальный уровень развития технологий,  $T$  — горизонт планирования.
- Характеристика внешней среды:  $\{\delta_i(t)\}$  — коэффициенты дисконтирования.

Задача (4) заключается в совместном (!) выборе инновационной политики (в какие моменты времени начинать внедрение той или иной новой технологии, включая принятие решений о целесообразности ее внедрения вообще) и инвестиционной политики — каков оптимальный график инвестиций в новые технологии.

Содержательные интерпретации задачи (4) могут быть самыми разными — начиная от анализа государственной политики стимулирования инновационного развития экономики, отраслей и отдельных предприятий и заканчивая выбором стратегии инновационного развития на уровне фирмы или многоотраслевой корпорации.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в настоящей работе предложена динамическая модель смены технологий, в рамках которой сформулирована задача совместного выбора инновационной и инвестиционной политики. Перспективными представляются следующие направления дальнейших исследований (помимо численной реализации методов решения задачи (5) и получения для нее условий оптимальности).

1. Анализ чувствительности — изучение зависимости оптимального решения от начальных данных и параметров модели.

2. Введение неопределенности — получение решения, оптимального в условиях априорной неопределенности относительно различных параметров модели.

3. Сценарный анализ — исследование свойств оптимальных решений в зависимости от предположений, вводимых относительно диапазонов значений параметров модели (обобщение пп. 1 и 2). Данный этап является существенным, так как необходимо различать предпосылки и следствия из них — бессмысленно сравнивать различные стратегии инвестиций в новейшие технологические уклады и сценарии их развития, если в их основе лежат отличающиеся между собой оценки эффективности инвестиций.

4. Обобщение результатов пп. 1—3 на случаи, когда динамика развития технологий описывается другим дифференциальным уравнением, нежели уравнение (1) — общая постановка задачи при этом сохранится.

5. Управление портфелем технологий — обобщение модели на случай выбора из нескольких технологий в момент переключения, причем множество альтернатив на каждом шаге может зависеть от множества уже реализованных технологий.

В последнем случае теряется аддитивный характер задачи и, соответственно, усложняются методы ее решения. Однако, появляются и новые возможности — например, допуская зависимость  $q_i$  от  $c_j$ ,  $j \in N$ , получаем возможность анализировать различные стратегии — ориентацию на приобретение технологий (имитационный характер деятельности) или на собственные новации (инновационный характер деятельности), или на разработку и внедрение уже имеющихся технологических решений (стратегия “подхватывания” — catching up) и т. д.

Следующий этап исследований может заключаться в разработке и изучении игровой модели, в которой имеются несколько агентов и отдача от инвестиций в новые технологии каждого зависит от действий его конкурентов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Венда В. Ф. Системы гибридного интеллекта: эволюция, психология, информатика. — М.: Машиностроение, 1990. — 448 с.
2. Малинецкий Г. Г. Хаос. Структуры. Вычислительный эксперимент: введение в нелинейную динамику. — М.: Наука, 1997. — 255 с.
3. Милованов В. П. Неравновесные социально-экономические системы: синергетика и самоорганизация. — М.: Эдиториал УРСС, 2001. — 264 с.
4. Нижегородцев Р.М. Информационная экономика. — М.: МГУ, 2002. — Т. 1 — 163 с., т. 2 — 173 с., т. 3 — 170 с.
5. Новиков Д. А. Закономерности итеративного научения. — М.: ИПУ РАН, 1998. — 96 с.
6. Новиков Д. А., Суханов А. Л. Модели и механизмы управления научными проектами в вузах. — М.: ИУO РАО, 2005. — 80 с.
7. Трифилова А. А. Управление инновационным развитием предприятия. — М.: Финансы и статистика, 2001. — 176 с.
8. Управление инновациями / Под ред. Ю. В. Шленова. — М.: Высшая школа, 2003. — Т. 1. — 252 с., т. 2. — 295 с., т. 3. — 240 с.
9. Шарп У., Александер Г., Бэйли Д. Инвестиции. — М.: ИНФРА-М, 2001. — 530 с.
10. Ли Э. Б., Маркус Л. Основы теории оптимального управления. — М.: Наука, 1972. — 576 с.
11. Брайсон А., Ю-ши Х. Прикладная теория оптимального управления. — М.: Мир, 1972. — 544 с.
12. Бутковский А. Г. Фазовые портреты управляемых динамических систем. — М.: Наука, 1985. — 136 с.

☎ (095) 334-90-51

E-mail: ai@ipu.ru

bell44@rambler.ru

novikov@ipu.ru



# МЕТОДИЧЕСКИЕ И АНАЛИТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОГНИТИВНОГО ПОДХОДА К SWOT-АНАЛИЗУ

С. В. Коврига

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова, г. Москва

Представлен метод выявления возможностей и угроз развитию социально-экономического объекта, разработанный на базе когнитивного подхода и методологии SWOT-анализа. Применение метода целесообразно на этапе постановки целей и выработки стратегии развития объекта.

## ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение целенаправленного развития сложного социально-экономического объекта (СЭО) невозможно без учета влияния на него внешней среды (геополитической и внутриполитической, социально-экономической) [1]. Это обусловлено тем, что современный период развития общества характеризуется все более частым возникновением в нем разнообразных проблемных, кризисных и чрезвычайных ситуаций, т. е. ситуаций, выходящих за пределы накопленного опыта и требующих особых мер по их предупреждению и ликвидации [2], причем нарастание опасных тенденций в развитии ситуации проявляется иногда задолго до их действительного перерастания в проблемную или кризисную ситуацию.

Целенаправленность<sup>1</sup> понимается как направленное продвижение к целевому (желаемому) состоянию СЭО с учетом как его текущего состояния, так и факторов внешней среды, влияющих на него. Учет внешнего окружения при постановке целей и выборе путей их достижения обусловлен тем, что изменения во внешней среде могут как создавать благоприятные условия, так и быть источниками угроз и опасностей развитию СЭО.

Существует множество путей развития объекта с различной эффективностью достижения целевого состояния [4]. Необходимо найти такой путь преобразований СЭО из исходного состояния в целевое, при котором достигаются цели развития СЭО при наименьших потерях. Ошибочно поставленные цели и непродуманные решения по их достижению, особенно в условиях кризисных ситуаций, могут обернуться серьезным политическим, экономическим или экологическим ущербом.

Целенаправленное развитие СЭО связано с его безопасностью, которая является одним из основных условий обеспечения такого развития.

Никакой объект не может находиться в полной безопасности, так как внешняя среда, влияющая на него, постоянно меняется. Эти изменения несут в себе множе-

ство новых угроз и опасностей, которые могут нарушить нормальное функционирование объекта и помешать его целенаправленному развитию. Поэтому одной из основных задач обеспечения безопасности СЭО является определение спектра угроз его развитию, источником которых может быть как внешняя среда, так и сам объект.

В данной статье представлен метод выявления возможностей и угроз развитию СЭО, который базируется на идеологии SWOT-анализа [5–7], нашедшего широкое применение в практике стратегического менеджмента, и когнитивном подходе [8–10].

## 1. SWOT-МЕТОДОЛОГИЯ И КОГНИТИВНЫЙ ПОДХОД

В общем виде SWOT-анализ (*Strengths* — сильные стороны, *Weaknesses* — слабые стороны, *Opportunities* — возможности, *Threats* — угрозы) сводится к экспертному определению сильных и слабых сторон СЭО, возможностей и угроз (опасностей) внешней среды и формированию матрицы “Окно возможностей”, в которой на пересечении строк и столбцов (рис. 1) эксперто оценивается значимость каждого сочетания возможностей и сильных сторон, угроз и слабых сторон и т. д. На основании полученных оценок вырабатывается комплекс стратегических мероприятий по развитию объекта.

“Окно возможностей” предоставляет руководству СЭО структурированное информационное поле, в котором оно может ориентироваться и принимать решения при выработке стратегии развития объекта с учетом изменяющейся внешней среды. В этом методе информационное поле, как правило, формируется непосредственно самим руководством, его аналитиками и привлеченными независимыми экспертами на основании обобщения и согласования собственного опыта и ведения (восприятия) ситуации.

Один из недостатков SWOT-анализа заключается в недостаточной обоснованности выбора экспертами возможностей и угроз внешней среды. При определении сильных и слабых сторон, как правило, такой проблемы не возникает, так как это характеристики внутренней среды СЭО, которая подконтрольна руководству объекта. Например, если наблюдается тенденция снижения прибыли ОАО “Газпром”, то руководство компании от-

<sup>1</sup> Целенаправленность — понятие, с помощью которого удобно описывать определенным образом направленное движение систем в условиях внешней среды [3].



Матрица Окно возможностей развития СЭО		Факторы внутренней среды СЭО											
		Сильные стороны (преимущества)							Слабые стороны (недостатки)				
		$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	...	$S_{m1}$	$W_1$	$W_2$	$W_3$	$W_4$	$W_5$
Факторы внешней среды, влияющие на развитие СЭО	Возможность $O_1$	Стратегии SO, направленные на максимизацию влияния сильных сторон и возможностей на развитие СЭО							Стратегии WO, направленные на минимизацию влияния слабых сторон и максимизацию влияния возможностей на развитие СЭО				
	Возможность $O_2$												
	...												
	Возможность $O_{n1}$												
Угроза $T_1$	Стратегии ST, направленные на максимизацию влияния сильных сторон и минимизацию влияния угроз на развитие СЭО							Стратегии WT, направленные на минимизацию влияния слабых сторон и угроз на развитие СЭО					
	Угроза $T_2$												
	...												
	Угроза $T_{n2}$												

Рис. 1. Структура матрицы “Окно возможностей”

несет этот факт к слабым сторонам (недостаткам), а повышение уровня развития трубопроводной инфраструктуры — к сильным сторонам (преимуществам) функционирования компании.

Возможности и угрозы внешней среды, в большинстве случаев, находятся вне зоны контроля руководства объекта. Поэтому полагаться только на мнение экспертов (аналитиков) при классификации факторов внешней среды на возможности и угрозы не всегда оправдано. Это обусловлено тем, что субъекту не свойственно выстраивать сразу множество взаимосвязанных цепочек утверждений<sup>2</sup> об исследуемой ситуации. К тому же, как правило, эксперт не является носителем знаний во многих областях, а специализируется в одной или нескольких предметных областях. Например, при определении возможностей и угроз развитию ОАО “Газпром” эксперт-экономист, опирается, в основном, на экономические знания, и при этом не рассматривает geopolитических факторов, которые также могут оказывать существенное влияние на развитие ОАО “Газпром”. Поэтому, давая оценку некоторому фактору внешней среды, что он является угрозой, эксперт может не учсть, что тенденция по этому фактору, в конечном счете, и не окажет негативного влияния на внутреннюю среду СЭО благодаря опосредованному благоприятному влиянию других, не учтенных им, факторов. В этом случае можно говорить лишь о потенциальной угрожающей тенденции со стороны внешней среды, которая может проявиться или не проявиться.

Следует также учсть, что мнения экспертов в оценке влияния какого-то фактора внешней среды на СЭО могут полностью расходиться. Один эксперт может определять его как благоприятную возможность, а другой — как угрозу развитию объекта. Например, вступление России в ВТО оценивается одними экспертами позитив-

но, другими — негативно, и при этом позиции обеих сторон убедительно аргументируются.

Когнитивный подход к SWOT-анализу заключается в том, что на основе когнитивного картирования [8–10, 12, 13] создается “образ” исследуемой ситуации, в котором отображаются непосредственные взаимовлияния между существенными (базисными) факторами внешней и внутренней сред СЭО. “Образ” (когнитивная карта) ситуации позволяет структурировать, обобщить и формализовать представления экспертов-аналитиков, компетентных в различных предметных областях, связанных с развитием СЭО в изменяющейся внешней среде [9, 12, 13]. Формально когнитивная карта — этозвешенный ориентированный граф,  $G = (X, A)$ , в котором  $X$  — множество вершин, взаимно однозначно соответствующих множеству базисных факторов ситуации,  $A$  — множество дуг, отражающих факт непосредственного влияния факторов. Базисные факторы  $X$  группируются в блоки факторов, относящихся к описанию внешней среды,  $X^{ext}$ , и внутренней среды СЭО,  $X^{int} = X/X^{ext}$ . Также устанавливается вектор начальных тенденций факторов,  $X(0)$ , фиксирующий текущее состояние исследуемой ситуации [8] (рис. 2).

Анализируя ситуацию развития СЭО с учетом влияния внешней среды, можно выдвигать различные гипотезы о желательной динамике любого фактора когнитивной карты на основе введения показателя *оценка динамики фактора* (ОДФ) [8]. Если благоприятна положительная (отрицательная) динамика некоторого фактора, то этому фактору приписывается ОДФ, равная 1 ( $-1$ ); если затруднительно дать оценку по фактору, то ОДФ полагается равной нулю. Задание вектора ОДФ по некоторому набору факторов когнитивной карты отражает желательное изменение ситуации в СЭО относительно выделенных факторов, т. е. введение ОДФ позволяет получить оценку “благоприятности” того или иного состояния исследуемой ситуации.

Обозначим через  $R^{ext}(X^{ext})$ ,  $R^{int}(X^{int})$  — векторы желательной динамики факторов внешней и внутренней сред, где  $R^{ext}(X^{ext}) \cup R^{int}(X^{int}) = R(X)$ ;  $X^{ext}(0)$ ,  $X^{int}(0)$  — векторы начальных тенденций, соответственно (см. рис. 2).

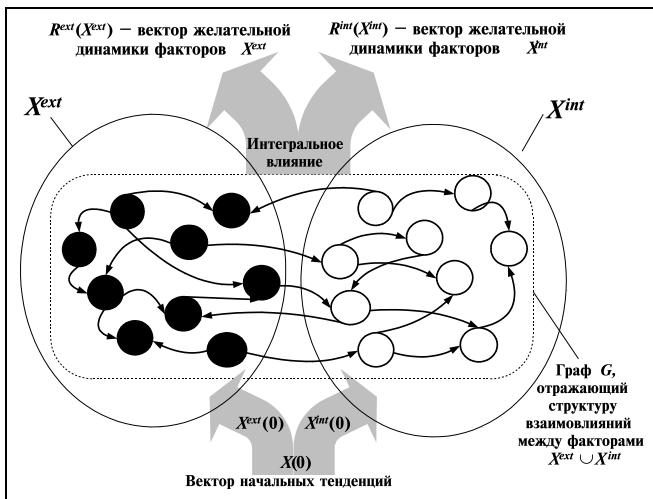


Рис. 2. Схематическое изображение когнитивной карты

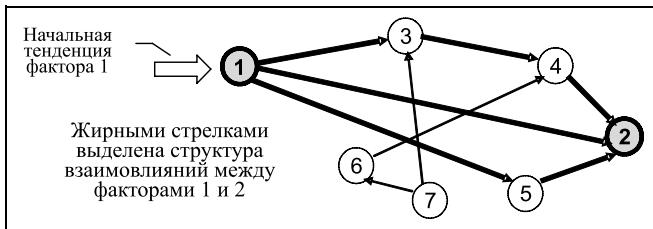


Рис. 3. Пример структуры взаимовлияний между двумя факторами

Анализ структурных свойств когнитивной карты на основе матрицы транзитивного замыкания карты [8], определяющей интегральные (непосредственные и все возможные опосредованные) влияния изменения одних факторов на изменения других факторов, и текущей динамики факторов (по начальным тенденциям  $X(0)$ ), позволяет выявить, какое влияние (благоприятное или негативное) оказывает вектор начальных тенденций  $X(0)$  на вектор желательной динамики факторов  $R(X)$ .

На рис. 3 показана структура взаимовлияний между парой факторов в когнитивной карте. В приведенном примере интегральное влияние фактора 1 на фактор 2 учитывает как непосредственное влияние первого фактора на второй, так и опосредованные влияния через цепочки факторов 1, 3, 4, 2 и 1, 5, 2.

В результате такого анализа все факторы группируются по классам *S* (*Strengths* — сильные стороны), *W* (*Weaknesses* — слабые стороны), *O* (*Opportunities* — возможности), *T* (*Threats* — угрозы). В рамках каждого класса факторы ранжируются по степени благоприятного (или негативного) влияния на факторы других классов, что позволяет оценить значимость возможностей и угроз, сильных и слабых сторон для развития СЭО.

На основе когнитивного подхода к SWOT-анализу построена формальная процедура формирования “Окна возможностей”, которая не требует *регулярного* проведения экспертизы оценки с привлечением руководства СЭО (его аналитической службы, независимых экспертов) и обработки результатов с учетом согласования мнений экспертов. Особенно это важно для ситуации, когда

проводится постоянный мониторинг внешней среды для отслеживания социально-экономических, политических и других тенденций, влияющих на развитие СЭО, и от руководства СЭО требуется своевременная реакция на неожиданные изменения во внешней среде (пересмотр целей развития, собственных ресурсов и возможностей СЭО относительно новых тенденций внешней среды).

## 2. МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ И УГРОЗ РАЗВИТИЮ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА НА БАЗЕ КОГНИТИВНОГО ПОДХОДА И МЕТОДОЛОГИИ SWOT-АНАЛИЗА

### 2.1. Определение возможностей и угроз на основе оценки влияния начальных тенденций факторов внешней среды на желательную динамику факторов внутренней среды СЭО

**Определение 1.** Если начальная тенденция фактора внутренней среды,  $x_i^{int}(0)$ , негативна, т.е. не соответствует желательному направлению изменения, то данный фактор относится к слабым сторонам (недостаткам) функционирования и развития СЭО, в противном случае (тенденция благоприятна) — к сильной стороне объекта. Слабые стороны определяют *внутренние угрожающие тенденции* развития СЭО, а сильные стороны — *внутренние благоприятные тенденции* развития объекта. ♦

Пользуясь терминологией SWOT-анализа, обозначим  $X^{st}$  — подмножество факторов-сильных сторон СЭО,  $X^w$  — подмножество факторов-слабых сторон СЭО,  $X^{st} \cup X^w \subset X^{int}$ .

**Определение 2.** Начальная тенденция фактора из множества  $X^{ext}$  оказывает благоприятное влияние на желательную динамику фактора из множества  $X^{int}$ , если  $\text{sign}(x_i^{ext}(0)q_{ij}) = r_j(x_j^{int})$ , где  $x_i^{ext}(0)$  — начальная тенденция фактора, принадлежащего  $X^{ext}$ ,  $q_{ij}$  —  $(i, j)$ -й элемент матрицы транзитивного замыкания  $Q$  [8, 9], который определяет интегральное влияние  $i$ -го фактора на  $j$ -й фактор (см. таблицу);  $q_{ij} = 0$ , если фактор  $x_i$  не оказывает влияния на фактор  $x_j$ . ♦

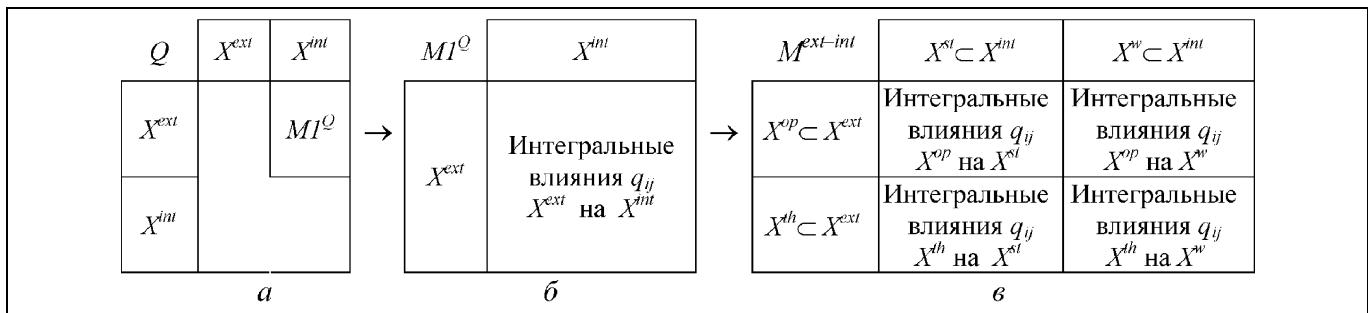
Если в матрице  $Q$  для некоторых факторов ОДФ заданы равными нулю ( $r_j(x_j^{int}) = 0$ ), то такие факторы исключаются из анализа (интегральные влияния на них других факторов не учитываются).

#### Матрица транзитивного замыкания, $Q$

$X = X^{ext} \cup X^{int}$	$x_1$	$x_2$	...	$x_n$	
	$r_1(x_1)$	$r_2(x_2)$	...	$r_n(x_n)$	
$x_1$	$\text{sign}(x_1(0))$	$q_{11}$	$q_{12}$	$\dots$	$q_{1n}$
$x_2$	$\text{sign}(x_2(0))$	$q_{21}$	$q_{22}$	$\dots$	$q_{2n}$
$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
$x_n$	$\text{sign}(x_n(0))$	$q_{n1}$	$q_{n2}$	$\dots$	$q_{nn}$

Определение 2 позволяет ввести следующие определения.

**Определение 3.** Фактор внешней среды нейтрален для  $X^{int}$ , если начальная тенденция этого фактора не оказывает никакого влияния ( $q_{ij} = 0$ ) на желательную динамику всех факторов внутренней среды СЭО,  $R^{int}(X^{int})$ . ♦

Рис. 4. Схема формирования матрицы  $M^{ext-int}$ :

$a$  — структура матрицы  $Q$ ;  $b$  — структура матрицы  $M1^Q$ ;  $c$  — структура матрицы  $M^{ext-int}$

**Определение 4.** Фактор внешней среды  $x_i^{ext}$  характеризует благоприятную возможность для развития СЭО, если он не является нейтральным и его начальная тенденция не оказывает негативного влияния (через соответствующие интегральные влияния) на желательную динамику всех факторов внутренней среды СЭО,  $R^{int}(X^{int})$ . ♦

Иными словами, начальная тенденция фактора  $x_i^{ext}$  способствует развитию СЭО в желательном направлении.

**Определение 5.** Тенденция фактора внешней среды  $x_i^{ext}$  является угрожающей для развития СЭО, если она негативно влияет (через соответствующие интегральные влияния) на желательную динамику хотя бы одного фактора внутренней среды  $x_j^{int} \in X^{int}$ . ♦

Пользуясь терминологией SWOT-анализа, обозначим  $X^{op}$  — подмножество факторов-возможностей для развития СЭО,  $X^h$  — подмножество факторов-угроз развития СЭО,  $X^{op} \cup X^h \subset X^{ext}$ .

**Замечание 1.** При выявлении факторов-угроз может оказаться (согласно определению 5), что фактор-угроза негативно влияет на один или несколько факторов внутренней среды СЭО, а на остальные факторы его влияние благоприятно, причем благоприятное влияние может значительно превышать негативное. К тому же негативное влияние фактора-угрозы на некоторое подмножество факторов внутренней среды может быть нейтрализовано благодаря благоприятному влиянию на это подмножество других факторов. Поэтому такие ситуации целесообразно отслеживать при проведении анализа. Если негативное влияние фактора-угрозы ничтожно мало, что в целом практически не сказывается на развитии СЭО, то таким фактором можно пренебречь. Если же значимость данного фактора существенна для развития объекта, независимо от уровня его негативного влияния, то при выработке стратегии целенаправленного развития СЭО следует учесть данное обстоятельство. ♦

На основании определений 1—5 строится матрица  $M^{ext-int}$  “Окно возможностей ext-int” для оценки влияния факторов внешней среды на факторы внутренней среды.

Для этого из матрицы  $Q$  выделяется подматрица  $M1^Q$ , образованная на пересечении факторов  $X^{ext}$  и  $X^{int}$  (рис. 4).

Если в строке матрицы  $M1^Q$  отсутствуют неблагоприятные интегральные влияния на  $X^{int}$  (см. определения 2—4), то данная строка образует строку в матрице  $M^{ext-int}$  с соответствующими благоприятными влияниями фактора-возможности  $x_i^{op}$  на факторы  $X^{int}$ . Если в строке матрицы  $M1^Q$  есть неблагоприятные влияния (см. определения 2, 3, 5), то данная строка образует строку в матрице  $M^{ext-int}$  с соответствующими неблагоприятными влияниями фактора-угрозы  $x_i^h$ . (При этом имеющиеся благоприятные влияния у фактора  $x_i^h$  можно не вычеркивать из матрицы  $M^{ext-int}$  для последующего уточнения значимости фактора-угрозы в соответствии с замечанием 1.)

Далее по матрице  $M^{ext-int}$  определяется значимость факторов-угроз и факторов-возможностей относительно их влияния на факторы  $X^{int}$ .

Суммарная значимость влияния каждого фактора-возможности (или фактора-угрозы) относительно всех факторов внутренней среды определяется как сумма модулей его интегральных влияний на факторы внутренней среды. Исходя из суммарной значимости, можно проранжировать возможности (угрозы) по силе их влияния на факторы внутренней среды. Причем для фактора-угрозы определяется не только его суммарное негативное влияние относительно всех факторов внутренней среды, но и суммарное благоприятное влияние, если такое есть (см. замечание 1).

Суммарная значимость всех факторов-возможностей  $X^{op}$  (или факторов-угроз  $X^h$ ) относительно каждого фактора внутренней среды  $x_j^{int}$  есть сумма модулей интегральных влияний возможностей —  $\sum |q_{ij}^{op}|$  (или угроз —  $\sum |q_{ij}^h|$ ). Для любого фактора  $x_j^{int}$  путем сопоставления величин  $\sum |q_{ij}^{op}|$  и  $\sum |q_{ij}^h|$  можно определить, возможности или угрозы оказывают большее влияние (благоприятное или неблагоприятное, соответственно) на желательную динамику фактора  $x_j^{int}$ . (При этом дополнительно могут также учитываться и благоприятные влияния факторов-угроз).

## 2.2. Оценка влияния начальных тенденций факторов внутренней среды СЭО на желательную динамику факторов внешней среды

Оценка влияния факторов внутренней среды СЭО на факторы внешней среды проводится с целью определения внутренних возможностей СЭО для нейтрализации угроз внешней среды, а также определения проблем, связанных с возможным негативным воздействием самого СЭО на внешнюю среду.

Механизм построения матрицы  $M^{int-ext}$  “Окно возможностей int-ext” (рис. 5) аналогичен построению матрицы  $M^{ext-int}$  с учетом определений 6–9.

**Определение 6.** Начальная тенденция фактора из множества  $X^{int}$  оказывает благоприятное влияние на желательную динамику фактора из множества  $X^{ext}$ , если  $\text{sign}(x_i^{int}(0)) = r_j(x_j^{ext})$ , где  $x_i^{int}(0)$  — начальная тенденция фактора,  $x_i^{int} \in X^{int}$ ,  $q_{ij}$  —  $(i, j)$ -й элемент матрицы транзитивного замыкания  $Q$ , который определяет интегральное влияние  $i$ -го фактора на  $j$ -й фактор (см. таблицу);  $q_{ij} = 0$ , если фактор  $x_i$  не оказывает влияния на фактор  $x_j$ . ♦

Если в матрице  $Q$  для некоторых факторов ОДФ заданы равными нулю ( $r_j(x_j^{ext}) = 0$ ), то такие факторы исключаются из анализа (интегральные влияния на них других факторов не учитываются).

Определение 6 позволяет ввести следующие определения.

**Определение 7.** Фактор внутренней среды нейтрален, если начальная тенденция этого фактора не оказывает никакого влияния ( $q_{ij} = 0$ ) на желательную динамику всех факторов внешней среды  $X^{ext}$ . ♦

**Определение 8.** Фактор внутренней среды  $x_i^{int}$  способствует усилению фактора-возможности внешней среды  $x_j^{op}$ , если фактор  $x_i^{int}$  не является нейтральным и его начальная тенденция оказывает благоприятное влияние (через соответствующее интегральное влияние) на желательную динамику фактора  $x_j^{op}$ . В противном случае  $x_i^{int}$  способствует снижению возможности внешней среды. ♦

**Определение 9.** Фактор внутренней среды  $x_i^{int}$  способствует парированию угрозы внешней среды  $x_j^{th}$ , если  $x_i^{int}$  не является нейтральным и его начальная тенденция оказывает благоприятное влияние (через соответст-

вующее интегральное влияние) на желательную динамику фактора  $x_j^{th}$ . В противном случае фактор  $x_i^{int}$  способствует усилению угрозы внешней среды. ♦

По матрице  $M^{int-ext}$  определяется значимость факторов внутренней среды относительно их влияния на факторы  $X^{op} \cup X^{th}$ .

Благоприятная и негативная суммарная значимость каждого фактора внутренней среды  $x_i^{int}$  относительно факторов  $X^{op}$  (или  $X^{th}$ ) определяется как сумма модулей благоприятных интегральных влияний  $x_i^{int}$  и как сумма модулей негативных интегральных влияний фактора  $x_i^{int}$  на факторы внешней среды  $X^{op}$  (или  $X^{th}$ ), соответственно. Тогда общая значимость каждого фактора внутренней среды  $x_i^{int}$  относительно факторов  $X^{op}$  (или  $X^{th}$ ) определяется как модуль разности суммы модулей благоприятных интегральных влияний  $x_i^{int}$  и суммы модулей негативных интегральных влияний  $x_i^{int}$ . Суммарные значимости факторов  $X^{int}$  относительно факторов  $X^{op}$  (или  $X^{th}$ ) позволяют определить, какие тенденции факторов из множества  $X^{int}$  способствуют нейтрализации всего спектра угроз и как тенденции факторов из множества  $X^{int}$ казываются в целом на возможностях внешней среды.

Суммарная значимость сильных сторон СЭО,  $X^{st}$ , относительно каждого фактора внешней среды  $x_j^{ext} \in X^{ext}$  определяется как модуль разности суммы модулей благоприятных интегральных влияний факторов из множества  $X^{st}$  и суммы модулей негативных интегральных влияний из множества  $X^{st}$  на фактор  $x_j^{ext}$ . Суммарная значимость слабых сторон СЭО,  $X^w$ , относительно каждого фактора внешней среды  $x_j^{ext} \in X^{ext}$  определяется как модуль разности суммы модулей благоприятных интегральных влияний факторов из множества  $X^w$  и суммы модулей негативных интегральных влияний из множества  $X^w$  на фактор  $x_j^{ext}$ .

Сопоставляя суммарную значимость сильных сторон  $X^{st}$  и слабых сторон  $X^w$ , можно определить, что из них оказывает большее влияние (благоприятное или неблагоприятное) на желательную динамику фактора  $x_i^{ext}$ .

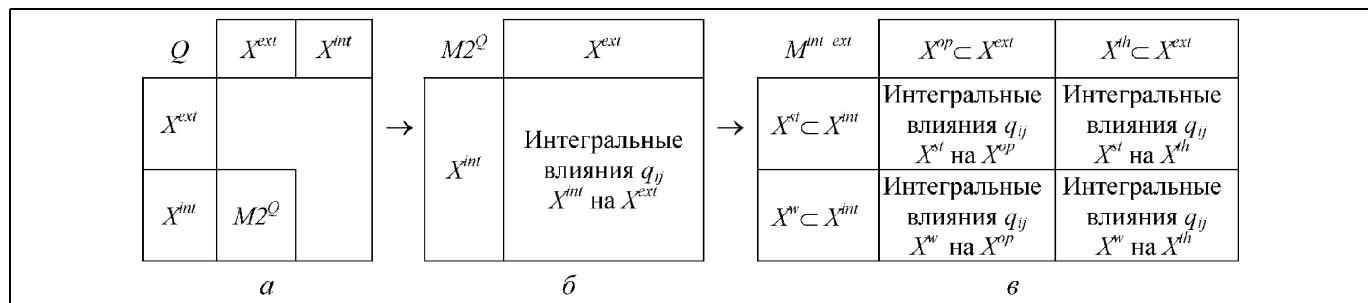


Рис. 5. Схема формирования матрицы  $M^{int-ext}$ :

*a* — структура матрицы  $Q$ ; *b* — структура матрицы  $M^{ext-Q}$ ; *c* — структура матрицы  $M^{int-ext}$

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Предложенный метод выявления возможностей и угроз развитию социально-экономического объекта позволяет:

- определить благоприятные условия для развития объекта и потенциальное множество опасностей (угрожающих тенденций) его развитию;

- оценить значимость возможностей и опасностей для целенаправленного развития социально-экономического объекта и обеспечения его безопасности;

- определить, обладает ли объект внутренними силами, чтобы реализовать имеющиеся возможности и противостоять опасностям (угрозам) внешней среды, и какие его слабые стороны могут усложнить ситуацию, в частности, негативно повлиять на безопасность самого объекта и внешней среды.

Метод целесообразно применять на этапе постановки целей и выработки стратегии развития социально-экономического объекта с учетом складывающихся тенденций во внешней среде. Вопросы его практического применения предполагается рассмотреть в последующих публикациях.

**ЛИТЕРАТУРА**

**Замечание 2.** При выработке стратегии развития СЭО с учетом обеспечения безопасности внешней среды в матрицу “Окно возможностей  $int-ext$ ” целесообразно включить все факторы внешней среды  $X^{ext}$  (а не только факторы  $X^{op} \cup X^{th}$ , которые составляют подмножество факторов-возможностей и факторов-угроз), что позволит определить проблемы, связанные с негативным воздействием самого СЭО на внешнюю среду. Например, функционирование и развитие крупного экологически опасного предприятия оказывает существенное влияние на экологическую, социальную ситуацию в регионе, на территории которого он размещен. К тому же, если это предприятие градообразующее, то и экономическая ситуация в данном регионе также зависит от его деятельности. ♦

### 2.3. Общее описание процедуры SWOT-анализа на основе когнитивного подхода

Процедура SWOT-анализа сводится к следующим шагам.

1. Построение когнитивной карты развития СЭО с выделением блоков факторов внешней  $X^{ext}$  и внутренней среды  $X^{int}$ . Установление векторов начальных тенденций факторов  $X^{ext}(0)$  и  $X^{int}(0)$ .

2. Определение желательной динамики факторов, задав для каждого из них ОДФ,  $R^{ext}(X^{ext})$ ,  $R^{int}(X^{int})$ .

3. Определение сильных и слабых сторон СЭО ( $X^{st}$  и  $X^w$ , соответственно), исходя из вектора начальных тенденций факторов внутренней среды  $X^{int}(0)$  согласно определению 1.

4. Построение по матрице транзитивного замыкания когнитивной карты:

- матрицы  $M^{ext-int}$  “Окно возможностей  $ext-int$ ” на основе которой определяются возможности  $X^{op}$  и угрозы  $X^{th}$  внешней среды (см. определения 2–5),  $X^{op} \cup X^{th} \subset X^{ext}$ ; а также их ранжирование по значимости (насколько велико их влияние на факторы внутренней среды);

- матрицы  $M^{int-ext}$  “Окно возможностей  $int-ext$ ” (см. определения 6–9) с целью определения внутренних возможностей у СЭО для нейтрализации угроз внешней среды  $X^{th}$ , а также определения проблем, связанных с возможным негативным воздействием самого СЭО на внешнюю среду  $X^{ext}$ ;

- матрицы  $M^{op-th}$  “Окно возможностей  $op-th$ ” для выявления возможностей, которые способствуют парированию угроз;

- матрицы  $M^{st-w}$  “Окно возможностей  $st-w$ ” для выявления преимуществ (сильных сторон), которые позволяют устранить недостатки (слабые стороны) СЭО.

Построение матриц  $M^{op-th}$  и  $M^{st-w}$  аналогично построению матриц  $M^{ext-int}$  и  $M^{int-ext}$ .

Отметим, что не всегда требуется построение всех четырех матриц. Все зависит от того, какие цели ставятся при проведении SWOT-анализа. Если, например, необходимо выявить угрожающие тенденции в деятельности экологически опасного объекта, влияющие на безопасное развитие региона, то в первую очередь следует построить матрицу “Окно возможностей  $int-ext$ ”, с целью определения проблем, связанных с возможным негативным воздействием экологически опасного объекта на внешнюю среду.



# СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ЦЕЛИ КОМПАНИИ: ИХ СВЯЗЬ С ТАКТИКОЙ И РЕСУРСАМИ

С. П. Бараненко

Российская академия предпринимательства, г. Москва

Дан анализ взаимосвязи целей развития предприятия, его устойчивости, планирования и тактики управления в условиях внешних и внутренних возмущений.

Деятельность предприятия многогранна и включает в себя как сферу его основной деятельности — производство, продвижение и сбыт продукции, порождающие производственный и маркетинговый циклы, так и обеспечение текущего производства материальными, финансовыми и кадровыми ресурсами, порождающее логистический, финансовый и кадровый циклы, кроме того, перспективную деятельность, выражющуюся в различных инвестиционных проектах по продвижению продукции на новые рынки, разработке новых товаров и технологий их изготовления, по изменению своей организационной структуры и своих бизнес-единиц. Несмотря на многочисленные различия отдельных направлений деятельности предприятия, их цель заключается в обеспечении долгосрочной устойчивости предприятия, означающей увеличение его рыночной стоимости, улучшение финансовых показателей, соответствие научно-технологического характера его продукции и технологии производства как современным требованиям, так и основным тенденциям мирового развития, организационную устойчивость и повышение качества персонала [1]. Обеспечение устойчивости предприятия требует согласования его стратегии и тактики, которые, в свою очередь, зависят от принимаемых стратегических целей и их ресурсного обеспечения.

Для описания предприятия как объекта управления необходима его *количественная* модель, отвечающая требованию полноты описания [2]. Пусть состояние предприятия описывается  $n$  переменными  $x(t) = \{x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)\}$ . Описание системы считается полным, если её состояние в любой момент может быть однозначно установлено по значениям этих переменных. Если при этом ни один из параметров системы в описании не может быть выражен через комбинацию других, а любой дополнительно вводимый параметр оказывается некоторой функцией уже известных параметров системы, такое описание называется базисным. Базисное описание представляет собой минимальный набор переменных, однозначно определяющих состояние системы. В реальных системах желательна некоторая известная избыточность, поскольку она позволяет контролировать состояние наиболее важных параметров системы путем независимых измерений связанных величин.

В описании предприятия полный набор переменных естественным образом включает в себя переменные, ха-

рактеризующие маркетинговые, финансовые, производственные и кадровые показатели. Размерность описания отдельного предприятия составляет несколько десятков, а по мере его усложнения — появления филиалов, дочерних компаний — быстро нарастает, доходя до сотен переменных. Формирование любого большого массива данных требует финансовых и временных затрат. Отметим, что в динамически меняющемся мире бизнеса ценность информации снижается по мере ее старения, т. е. увеличения расхождения между той информацией, на основании которой вырабатывается и принимается к исполнению управленческое решение, и реальным состоянием системы и ее окружения в этот момент. Как следствие, полностью определить состояние предприятия оказывается невозможным, и потому среди всех переменных системы выделяют *ключевые переменные*, изменение которых наиболее сильно отражается на ее состоянии. Такое определение означает, что набор ключевых переменных зависит от рассматриваемой ситуации и не является универсальным. Переход от полного описания предприятия к описанию через ключевые переменные вносит неопределенность в модель предприятия, поэтому менеджменту всегда приходится действовать на основе неполной информации о состоянии внутренней среды предприятия. Слабость влияния не-ключевых переменных дает основания считать полученную модель адекватной реальному предприятию в соответствующих условиях, однако неконтролируемый переход слабой переменной в ключевые (и наоборот) под воздействием изменений во внешней и внутренней среде предприятия может нарушить эту адекватность.

В качестве примера такой схемы описания предприятия можно назвать предложенную в 1992 г. американскими теоретиками менеджмента Р. Капланом и Д. Нортоном концепцию сбалансированной системы показателей, которая представляет собой набор монетарных и немонетарных показателей для внутрифирменных управленческих целей. Концепция направлена на увязку финансовых показателей предприятия с операционными измерениями таких аспектов деятельности предприятия, как степень удовлетворения потребителей, внутрифирменные хозяйственные процессы, эффективность инновационных процессов, а также мероприятия по улучшению финансовых показателей предприятия [3]. Эта концепция позволяет описать состояние предприятия через его ключевые переменные с ориентацией



на долговременные стратегические цели. Особо важной областью ее применения оказалось управление процессами роста стоимости предприятия, т. е. его стратегическими характеристиками. Предложено использовать такую систему показателей для информации внешних потребителей (потенциальных инвесторов), заинтересованных в знании состояния компании. Включение немонетарных показателей в отчет позволяет точнее оценить положение предприятия перед принятием ответственного решения [4].

Следующим объектом, подлежащим описанию, является *внешняя среда* предприятия. Очевидно, что полное описание состояния внешней среды — неразрешимая задача в силу несопоставимости масштабов предприятия и его окружения. Однако для целей управления достаточно описания только тех факторов, которые воздействуют на управляемое предприятие, т. е. факторов, определяющих *интерфейс взаимодействия* “предприятие — внешняя среда”.

Пусть интерфейс взаимодействия описывается  $m$  переменными:  $y(t) = \{y_1(t), y_2(t), \dots, y_m(t)\}$ . О размерности интерфейса можно судить даже по перечислению групп определяющих его факторов: политические и правовые факторы, экономические, технологические, социальные, демографические, экологические и т. п., а также факторы, определяющие взаимодействие фирмы с ее ближайшим окружением — потребителями, поставщиками, конкурентами и многочисленными посредниками. Учитывая, что взаимодействие с потребителями и конкурентами осуществляется через выпускаемую предприятием продукцию, сюда необходимо включить и сложные связи, характеризующие соотношение продукции, технологии, положения на рынке управляемого предприятия и его конкурентов. Последнее приводит к зависимости интерфейса от состояния, в котором находится управляемое предприятие, и целей, которые необходимо достичь в этой ситуации. Поэтому необходимо перейти к описанию интерфейса через ключевые переменные. Как и в случае внутренней среды, слабость влияния неключевых (слабых) переменных дает достаточные основания считать модель интерфейса адекватной реальному интерфейсу взаимодействия предприятия с внешней средой. Однако и здесь неконтролируемый переход слабой переменной в ключевые под воздействием изменений во внешней и внутренней средах может нарушить эту адекватность. Контроль за переменными интерфейса осложняется скрытностью многих переменных внешней среды (например, тщательно скрываемые тактические и стратегические планы конкурентов в отношении моделируемой компании).

Описание интерфейса взаимодействия предприятия и внешней среды через ключевые переменные объясняет масштаб распространения *ситуационного и сценарного подходов* в управлении. “Ситуационный подход расширил практическое применение теории систем, определив основные внутренние и внешние переменные, которые влияют на организацию, поскольку в соответствии с этим подходом методики и концепции должны быть применимы к конкретным ситуациям, ситуационный подход часто называют ситуационным мышлением. С точки зрения ситуации лучшего способа управления не существует” [5]. Такое описание внутренней и внешней сред предприятия вносит неопределенность в модель их взаимодействия. Поэтому менеджменту приходится действовать, располагая неполной информацией

не только о внутренней, но и о внешней среде предприятия. В последующем изложении мы будем считать, что  $n$  и  $m$  — размерности векторов ключевых переменных.

Поскольку в процессе управления состояние предприятия изменяется во времени, то для описания его динамики необходимо иметь динамическую модель. В задачах управления механическими системами (например, космическими аппаратами) модель представляется системой обыкновенных дифференциальных уравнений [6]. В экономических задачах часто используются модели, представляющие собой дискретные аналоги систем обыкновенных дифференциальных уравнений (системы с дискретным временем) [7]. На уровне отдельного предприятия создать количественную динамическую модель, учитывающую поведение партнеров и, главное, конкурентов, не удается в силу чрезмерной изменчивости и неопределенности условий. Поэтому в этих практических важных задачах применяются *качественные динамические модели*, связывающие изменения переменных предприятия с изменением времени, переменных внешней среды и действий менеджмента. Мы будем описывать предприятие системой обыкновенных дифференциальных уравнений, чтобы подчеркнуть динамический характер задачи и явно показать значимые в ней переменные:

$$\frac{dx_i}{dt} = F_i(x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_m, t, u_1, u_2, \dots, u_k, \xi), \quad (1)$$

где  $F_i(\cdot)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  — известные (установленные в ходе анализа) функции, описывающие взаимодействие внешней среды с предприятием,  $u(t, x, \xi) = \{u_1, u_2, \dots, u_k, \xi\}$  — управляющее воздействие (управление), с помощью которого менеджмент рассчитывает достичь своих целей. Управление  $u(t, x, \xi)$  зависит от комбинации ресурсов предприятия (в том числе и нематериальных) и представляет собой последовательность организационных, производственных и маркетинговых мероприятий,  $\xi$  — вектор (вообще говоря, случайный) возмущений внешней и внутренней сред. В общем случае управление зависит от состояния системы, времени и возмущений. Для решения системы уравнений (1) следует задать  $n$  начальных условий, характеризующих состояние предприятия в начальный момент времени:

$$x_i(t=0) = x_i^0, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

Из-за трудоемкости сбора большого объема информации о состоянии предприятия в начальных условиях всегда присутствует погрешность, связанная с неодновременностью задания начальных значений для разных переменных предприятия и дрейфом значений ранее измеренных переменных, а также с обычными ошибками персонала при сборе, передаче и обработке информации.

*Цель управления* характеризуется временным интервалом (сроком, горизонтом планирования) и значениями, которых должны достичь некоторые параметры управляемой системы к исходу заданного временного интервала:

$$|x_i(t=T) - x_i^T| \leq \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, k, \quad k \leq n, \quad (3)$$

где  $T$  — горизонт планирования,  $x_i^T$  — целевое значение параметра  $x_i$ ,  $\varepsilon_i$  — допустимое отклонение переменных от плановых заданий по каждой из контролируемых переменных,  $k$  — число контролируемых переменных. Ме-



неджмент может планировать и контролировать достижение заданных значений не для всех переменных, позволяя другим переменным принимать произвольные значения из некоторого интервала:

$$x_i^{\min} \leq x_i(t=T) \leq x_i^{\max}, \\ i = k+1, k+2, \dots, l, l \leq n. \quad (4)$$

При любой постановке целей управления долгосрочные цели предприятия обязательно включают в себя увеличение его активов, так как принцип экономической ответственности означает, что вся деятельность предприятия осуществляется за счет его собственных ресурсов, главные из которых время и деньги. Оба этих ресурса, естественно, ограничены:

$$R_t \leq R_t^{\max}, \quad R_M \leq R_M^{\max}, \quad (5)$$

т. е. поиск допустимого управления осуществляется при *ресурсных ограничениях* (5). Временные ограничения обусловлены тем, что предприятию приходится синхронизировать свои действия с событиями во внешней среде, чтобы предотвратить наступление неблагоприятного события либо смягчить его последствия. В другом варианте предприятие стремится достигнуть во внешней среде положительного синергетического эффекта, стараясь канализировать поток внешних событий в желательное русло. С известными ограничениями ресурсы, используемые предприятием и имеющие различную природу, — материальные, человеческие ресурсы и другие — могут быть сведены к этим двум, поскольку деньги — наиболее ликвидный ресурс, принимающий любые формы. Однако такое превращение требует времени: например, уникальную инновационную технологию, разрабатываемую в отделе НИОКР предприятия, нельзя получить к заданному числу по заказу: идея должна созреть, и время созревания зависит от множества неденежных факторов. В последнее время все чаще приходится расширять список базовых ресурсов, потому что “традиционная модель рыночной экономики практически себя исчерпала, поскольку она основана на положении о бесконечности сырьевых и трудовых ресурсов, неограниченных возможностей рынков в предоставлении товаров и услуг. В этой модели граничные условия диктуют лишь один только фактор — финансовый. Модель развития современной экономической системы должна, по крайней мере, учитывать ограниченность сырьевых ресурсов” [8]. Отсюда теоретики менеджмента приходят к понятию ключевого ресурса, обладание которым на соответствующем временном интервале способно оказать решающее воздействие на расстановку сил на отраслевом рынке и содействовать завоеванию или закреплению лидирующих позиций предприятия в отрасли.

Ресурсные ограничения дополняются *фазовыми ограничениями*, которые запрещают предприятию “заходить” в некоторые области фазового пространства. Например, предприятие не должно иметь долгов, превышающих 100 тыс. руб., более трех месяцев, иначе возможно возбуждение в арбитражном суде дела о его банкротстве, что может повлечь прекращение деятельности предприятия [9]. От управления также требуется выполнение определенных ограничений, например, оно должно быть легитимным. Фазовые ограничения можно записать как

$$u \in G_u, \quad \forall t, x, \xi, \\ x \in G_x, \quad \forall t, u, \xi, \quad (6)$$

где  $G_u$  и  $G_x$  — множества, элементы которых удовлетворяют заданным ресурсным, фазовым и управлением ограничениям. Теперь стандартную задачу управления можно приспособить к задаче управления предприятием [7].

**Задача управления предприятием** заключается в поиске управляющей функции  $u(t, x, \xi)$ , обеспечивающей перевод предприятия из начального состояния (2) в конечное состояние (3), (4) в условиях воздействия внешней среды на показатели предприятия (1) при ресурсных и фазовых ограничениях (5) и (6).

В зависимости от соотношения поставленных целей, жесткости сопротивления среды и имеющихся ресурсов задача управления может: (А) не иметь решений (цели амбициозны, а ресурсов недостаточно); (Б) иметь одно решение (при оптимальном управлении ресурсов только-только хватает для достижения целей); (В) иметь несколько решений. Оставляя в стороне не представляющие практического интереса случаи (А) и (Б), для случая (В) возникает вопрос о *критериях отбора* единственного управления и траектории, соединяющей начальное и конечное состояния предприятия. Критерии качества управления формулируются субъектом управления, исходя из его понимания задачи и целей управления. При краткосрочных целях управления критерий может формулироваться как минимизация времени достижения цели. Такая постановка возникает при угрозе платежеспособности предприятия, когда необходимо погасить задолженность в кратчайшие сроки. При долгосрочных целях все чаще применяется концепция, направленная на максимизацию его стоимости на больших временных горизонтах [10]. Выбор единственного решения из множества альтернатив, которое будет принято для реализации, осуществляется на основе заранее сформулированных критериев качества решений:

$$K^\Pi = \{K_1^\Pi, K_2^\Pi, \dots, K_m^\Pi\}, \quad (7)$$

из которых наиболее важными являются *допустимость рисков*, связанных с его реализацией, и *устойчивость* выбранного решения к возмущениям внешней и внутренней сред.

При изменении режима работы предприятия, связанного с достижением новых целей (3), (4) необходимо учитывать возможность появления в системе переходных процессов, способных приводить к нежелательным последствиям. Переходные процессы обусловлены структурой управляемой системы и жесткостью связей составляющих ее элементов. Формально предотвращение нежелательных последствий переходных процессов фильтруется фазовыми ограничениями (5), (6), которые должны не допустить попадания фазовых координат управляемой системы в опасную зону, и критерием отбора оптимального решения (7). При управлении организацией, когда математическая постановка задачи управления в значительной степени условна, необходимо предусмотреть реакцию элементов системы (и, прежде всего, ее персонала) на вводимые изменения.

Рассмотрим теперь последовательность решения задачи управления предприятием. Пусть перед предприятием поставлена цель  $G$ , заданная условиями (3) и (4), для достижения которой оно располагает некоторой комбинацией факторов производства — ресурсами  $R$ . Предприятию необходимо разработать план ее достижения. Поскольку в соответствии с уравнением (1) управление зависит от случайных возмущений внешней и



внутренней сред, неизвестных в момент принятия решения, для планирования путей достижения цели необходимо сделать некоторые допущения об усредненном воздействии случайных факторов на предприятие. В результате для планирования задача управления принимает следующий вид.

**Задача планирования:** найти управляющую функцию

$$u^0(t, x) = \{u_1^0, u_2^0, \dots, u_k^0\},$$

обеспечивающую перевод предприятия из начального состояния (2) в конечное состояние (3), (4) в условиях прогнозируемого воздействия внешней среды на показатели предприятия

$$\frac{dx_i}{dt} = F_i(x_1, x_2, \dots, x_n, \tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \dots, \tilde{y}_m, t, u_1^0, u_2^0, \dots, u_k^0), \\ i = 1, 2, \dots, n, \quad (8)$$

при ограничениях (5) и (6). Здесь

$$\tilde{y}(t) = \{\tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \dots, \tilde{y}_m\} \quad (9)$$

— прогнозируемое состояние внешней среды.

Результат решения этой задачи — набор альтернативных планов  $\{u^0(t, x)\}$ , соответствующих графикам обеспечения управления ресурсами  $\{R_0(t)\}$  и фазовых траекторий предприятия  $\{x_0(t)\}$  на интервале  $[0, T]$ . В зависимости от ресурсных и фазовых ограничений множество альтернативных планов может иметь большую или меньшую мощность, вырождаясь, в крайних случаях, до единичного или даже пустого множества. План, основывающийся на единственном решении, в общем случае нежизнеспособен: любое возмущение внешней среды, ведущее к дополнительному расходу ресурсов, делает плановую цель недостижимой. Единственное решение выбирается в соответствии с критериями (7), из которых наиболее важные допустимость рисков, связанных с его реализацией, и его устойчивость к возмущениям внешней среды.

В ходе реализации плана во внешней и внутренней средах предприятия происходят незапланированные события  $\xi$ , которые требуют соответствующей реакции менеджмента. Пусть в некоторый момент  $t_\xi$  на интервале  $[0, T]$  происходит некоторое незапланированное событие  $\xi$ . Тогда на интервале  $[t_\xi, T_1]$ ,  $T_1 \leq T$ , возникает задача тактического управления, цель которого — предотвращение угрозы срыва достижения запланированной цели.

**Задача тактического управления:** найти управляющую функцию  $u^1(t, x, \xi) = \{u_1^1, u_2^1, \dots, u_k^1\}$ , обеспечивающую перевод предприятия из начального состояния  $x_i(t = t_\xi) = x_i^1$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , в конечное состояние

$$|x_i(t = T) - x_i^T| \leq \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, k, \quad k \leq n,$$

$$x_i^{\min} \leq x_i(t = T_1) \leq x_i^{\max}, \quad i = k + 1, k + 2, \dots, l, \quad l \leq n,$$

в условиях воздействия внешней среды на показатели предприятия, описываемого уравнением (1) при ограничениях (5) и (6), где  $\xi$  — уже реализованное событие, а  $y(t) = \{y_1(t), y_2(t), \dots, y_m(t)\}$  — известное состояние внешней среды, на котором отразилось это событие;  $x_i^{T_1}$  — согласованная с первоначальными планами цель тактического управления, а  $T_1$  — момент, к которому она должна быть достигнута. Для сохранения первоначаль-

ного плана, очевидно, должно выполняться неравенство  $T_1 \leq T$ .

Результат решения этой задачи — набор альтернативных управлений  $\{u^1(t, x, \xi)\}$ , соответствующих графикам обеспечения управления ресурсами  $\{R_1(t)\}$  и фазовых траекторий предприятия  $\{x_1(t)\}$  на интервале  $[t_\xi, T_1]$ . В зависимости от ресурсных и фазовых ограничений множество тактических управлений может иметь большую или меньшую мощность. Выбор единственного решения, которое и будет принято для реализации, осуществляется в соответствии с критериями (7), из которых наиболее важным является допустимость рисков, связанных с его реализацией. В силу ограниченности интервалов времени, на которых решается тактическая задача, вопрос об устойчивости выбранного решения к возмущениям внешней среды, как правило, смысла не имеет. Исключение составляют ситуации антикризисного управления, когда поток внешних неблагоприятных событий резко ускоряется, уровень неопределенности в задаче управления возрастает, но при этом возрастают и требования к точности решения. Здесь более важна устойчивость выбранного решения к возмущениям внутренней среды. Критерии отбора решений для задачи планирования и задачи тактического управления в общем случае разные. Например, в качестве критерия качества тактического решения может выступать минимальность времени восстановления позиций, утраченных вследствие неблагоприятного воздействия противника. При этом может затрачиваться весь ресурс, отводимый на достижение этой цели.

Таким образом, управление предприятием осуществляется в двух режимах: плановом  $\{G, u_0(t, x), R_0(t)\}$  на интервале  $[0, T]$ , обеспечивающим предприятию достижение отдаленной цели, и реакции предприятия на уже случившееся событие  $\xi$ , назначение которой — сохранение возможности для достижения первоначально запланированных целей предприятия:  $\{G_\xi(G), u_1(t, x, \xi), R_1(t)\}$ , реализуемой на интервале  $[t_\xi, T_1]$ . Поскольку все управление обеспечивается из ресурсов предприятия  $R$ , выполняется равенство  $R = R_0 + R_1$ . Ресурс  $R_0$  расходуется для достижения целей предприятия с момента наступления планового периода, а ресурс  $R_1$  должен резервироваться на случай наступления ожидаемого случайного или непредвиденного события  $\xi$  и пускается в дело только после его наступления — момента  $t_\xi$ .

Целенаправленная деятельность предприятия по достижению целей делит все события внешней и внутренней сред на две группы: события, которые способствуют достижению целей (благоприятные), и те, которые препятствуют их достижению (неблагоприятные). Благоприятные события увеличивают материальные и нематериальные активы предприятия или экономят его ресурсы. Этот прирост активов или сэкономленные ресурсы затем могут либо резервироваться на случай других непредвиденных обстоятельств, увеличивая ресурс  $R_1$ , либо вводятся в оборот для достижения целей предприятия, увеличивая ресурс  $R_0$ . Неблагоприятные события внешней среды, напротив, отвлекают ресурсы предприятия от достижения его целей, уменьшая ресурс  $R_0$  и снижая темпы экономического развития. Кроме того, неблагоприятные события несут ущерб активам предприятия, размер которого может быть ограничен точ-

ным тактическим управлением  $u^1(t, x, \xi)$ . Неточность управления ведет к увеличению расхода ресурса  $R_1$  на достижение тех же целей, поэтому ресурс  $R_1$  при точном управлении является *минимально возможным* для защиты предприятия от неблагоприятного события и его последствий. Если управление настолько ошибочно, что с его помощью нельзя достичь запланированной цели, потребность в ресурсе  $R_1$  можно считать бесконечной. Частным случаем неточного управления является отказ от управления по принципу “будь что будет”. В этом случае нет расхода ресурса  $R_1$ , но есть ущерб, который наносит текущим поступлениям и активам предприятия неблагоприятное событие  $\xi$ .

Рост активов и экономия ресурсов предприятия, связанные с благоприятными событиями, могут дать основания к пересмотру планов организации в сторону достижения более высоких (ценных) целей. Другой вариант использования образовавшихся ресурсов — их резервирование на случай будущих угроз. Однако такое резервирование должно согласовываться с уровнем рисков, поскольку избыточные резервы, не внося существенных изменений в уровень защиты предприятия, замораживают ресурсы, которые могли бы быть использованы для достижения целей. Другим фактором, влияющим на размер резерва, является отношение стоимости защиты от риска к размеру ожидаемого ущерба: если стоимость защиты превосходит предотвращаемый ею ущерб, риск считается приемлемым и защита от него не производится. Что касается последствий неблагоприятных событий — ущерба активам предприятия и снижения запасов его ресурсов, то они могут дать основание к пересмотру планов предприятия в сторону их снижения. Предотвращение ущерба от неблагоприятного события  $\xi$  путем эффективной реализации точно рассчитанного тактического управления  $u^1(t, x, \xi)$  все же сопровождается снижением ресурсов предприятия на его реализацию. Возрастает риск того, что следующее неблагоприятное событие уже отразится на его активах. Таким образом, воздействие случайных событий из внешней и внутренней сред предприятия может привести к изменению целей и планов предприятия, и, следовательно, можно говорить об устойчивости целей и планов предприятия по отношению к возмущениям внешней и внутренней среды. При этом размер ресурса  $R_1$ , подкрепленного точным управлением  $u^1(t, x, \xi)$ , является мерой устойчивости достижения предприятием поставленной цели при возмущениях внешней и внутренней сред.

В зависимости от дальности горизонта планирования  $T$  определяют стратегическое, тактическое и оперативное управление, которые различаются уровнем стабильности своих целей. На стратегическом горизонте, характеризующемся большими значениями  $T$  (обычно несколько лет, но иногда — для крупных предприятий в условиях устойчивой национальной экономики — двадцать и более лет [11]), происходит больше случайных событий, поэтому задача стабилизации стратегических целей имеет большое значение и требует больших ресурсов. Оперативное управление имеет самый короткий горизонт реализации, поэтому фактор случайности в этом виде управления незначителен. Соответственно, резервы, отводимые предприятием на стабилизацию оперативных планов, минимальны. Тактическое управ-

ление, преследующее частные цели стратегического плана, характеризуются промежуточным значением горизонта планирования и целями, согласованными с целями стратегического плана, поэтому роль противодействия возмущениям внешней и внутренней сред предприятия здесь занимает промежуточное положение между ролями такого противодействия при стратегическом и оперативном управлении.

Существуют разные подходы к постановке стратегических целей и разработке стратегии организации. В концепции, получившей сокращенное наименование MOST (Mission, Objective, Strategy, Tactics — миссия, цель, стратегия, тактика) [12], постановка целей и их разведение по стратегическим и тактическим уровням происходит по линейной схеме, согласно которой организация сначала выбирает миссию, затем выбирает ближайшие и среднесрочные цели, что делает возможным разработку согласующей стратегии достижения целей. Наконец, организация разрабатывает тактики, с помощью которых будет реализовываться намеченная стратегия. По мнению автора работы [12], существует, по меньшей мере, пять причин, чтобы отвергнуть концепцию MOST при разработке стратегического управления:

- конкурентная среда, в которой действует предприятие, предопределяет некоторые элементы поведения организации, вынуждает ее достигать некоторых состояний, которые часто неверно интерпретируются как цели;
- стратегии и цели всегда переплетены, их соотношение нелинейно;
- бесполезно искать разделяющие факторы между стратегией, тактиками и операциями предприятия, потому что они почти неуловимы; понятие и понимание проблем о создании ценностей, которые будут востребованы рынком, приходят изнутри, и извне организации;
- специалисты по менеджменту, как теоретики, так и практики, в том числе и профессиональные консультанты, постоянно ищут все новые методы обнаружения, идентификации и разрешения этих проблем;
- существуют много точек зрения, как разрабатывать и реализовывать стратегии в мире возрастающих неопределенностей и непрерывных изменений.

Таким образом, проблема постановки стратегических целей, разработки стратегии и тактики предприятия остается весьма актуальной, поэтому мы предлагаем постановку целей предприятия и разработку стратегий осуществлять в ходе нелинейной итеративной процедуры, в которой согласуются цели, управление и необходимые ресурсы. Суть предлагаемой концепции заключается в следующем.

Сначала менеджмент предприятия выбирает некоторую миссию, ориентируясь на имеющиеся ключевые ресурсы и компетенции. Корректно сформулированная миссия отвечает на три вопроса [13]:

- каковы общественные потребности, которые будет удовлетворять предприятие;
- что представляет собой целевая группа, потребности которой будет удовлетворять предприятие;
- каковы базовые технологии, которыми будет пользоваться предприятие в своей работе, и функции, которые оно будет осуществлять на целевом рынке. Миссия определяет основные рамки деятельности предприятия. Она не имеет явно выраженных временных рамок, хотя через изменение общественных потребностей и базовых технологий она необходимо должна изменяться, т. е. всякая миссия ограничена во времени. Напротив, для



стратегических планов срок достижения цели является важнейшим атрибутом. Кроме того, при разработке стратегических планов указываются точные измеримые цели, так, как это указано в формуле (3), выбираемые из пространства, зафиксированного миссией. При постановке стратегических целей менеджмент ставит предприятию некоторую цель  $G^0$  в соответствии с условиями (3) и выделяет на ее достижение ресурс  $R$ . В соответствии с начальными условиями (2), состоянием внешней среды (9) и уравнениями динамики (8) менеджмент формулирует набор допустимых (альтернативных) управлений, отвечающий заданным условиям:  $\{u_i^0\} \in G_u$ ,  $i = 1, 2, \dots$ , которые осуществляют перевод предприятия из начального состояния  $x_0$  в конечное  $x_T$ . Первым критерием, которому должны удовлетворять каждое из этих управлений, является технологичность его реализации. В процессе проверки управлений на соответствие этому критерию осуществляется выбор средств и ресурсов  $R_0^0$ , используемых для достижения цели (поиск узких мест плана). Вторым критерием, которому должны удовлетворять допустимые управления, является уровень риска невыполнения плана: чем план сложнее, тем выше вероятность его срыва, тем больше ресурсов  $R_1^0$  потребуется для защиты плана. Важно отметить, что характерные для отрасли узкие места, особенно в производственных и маркетинговых технологиях, могут составлять основу ключевой компетенции предприятия. Если предприятию удается расширить для себя это узкое место и взять под контроль ключевой ресурс, необходимый для его расширения, защищая его от конкурентов, предприятие получает в свое распоряжение устойчивую ключевую компетенцию, на основе которой можно вести конкурентную борьбу.

Анализ целей  $x_T$  и планов  $u_0$  позволяет улучшить технологичность управления. Может оказаться, что сравнительно небольшие изменения во внутренней и внешней средах предприятия позволяют существенно повысить конечные результаты деятельности при тех же затратах ресурсов. На первом этапе проверяются более доступные изменения во внутренней среде компании и проводится работа по выявлению, анализу и устранению узких мест, затрудняющих исполнение плана [14]. Малые и средние компании обычно на этом и остаются. Для крупного предприятия, располагающего большими финансовыми и кадровыми ресурсами, имеющего связи во властных структурах и т. п., вполне доступна и целенаправленная коррекция внешней среды (устранение узких мест во внешней среде). Для оценки целесообразности коррекции внешней и внутренней сред организации при постановке задачи управления необходимо сравнить планы, ресурсы и результаты для случая с коррекцией внешней и внутренней сред предприятия и без нее и выбрать наиболее эффективный вариант по критерию затраты/результат.

Продолжая итеративную процедуру постановки целей предприятия, суммарный ресурс  $R^0 = R_0^0 + R_1^0$  сравнивается с ресурсом  $R$ , выделенным предприятию на достижение цели  $G^0$ . Если оказывается, что потребность в ресурсах для наилучшего из предложенных решений  $R^0$  превышает предельно допустимые запасы:  $R^0 = \min R_u > R$ ,  $u \in G_u$ , то в зависимости от относительной

ценности целей и ресурсов применяют меры по их согласованию либо снижая цели (и соответственно, уменьшая ресурсы, необходимые для их достижения), либо предпринимая шаги по увеличению ресурса  $R$ , выделяемого для достижения цели  $G^0$ . Наконец, возможно встречное движение целей и ресурсов до тех пор, пока поставленные цели, планы их реализации и ресурсное обеспечение не будут удовлетворять требованиям достаточной устойчивости, темпам роста активов предприятия и технологичности реализации планов.

Снижение целей происходит следующим образом. Устанавливаются новые цели  $G^1$ , разрабатываются планы их достижения  $u^1(t, x)$  и выделяется необходимое ресурсное обеспечение  $R^1$ , как это делалось для целей  $G^0$ . По отношению к тройке  $\{G^1, u^1(t, x), R^1\}$  выполняется проверка, которой подвергалась тройка  $\{G^0, u^0(t, x), R^0\}$ . Процедура повторяется до тех пор, пока не будет найдена такая тройка  $\{G^n, u^n(t, x), R^n = R\}$ , которая будет отвечать всем требованиям устойчивости и технологичности управления.

В заключение отметим, что, решая проблему стратегической устойчивости предприятия на долгосрочном интервале, мы сначала определили необходимые условия, которым должно отвечать предприятие и управление им. Далее нами была сделана попытка через формализацию задач управления предприятием найти общий алгоритм определения тактики компании.

## ЛИТЕРАТУРА

- Бараненко С. П. Утрата устойчивости предприятия: ее причины и методы противодействия // Проблемы управления. — 2005. — № 2. — С. 72–75.
- Мороз А. И. Курс теории систем. — М.: Высшая школа, 1987.
- Kaplan R. S., Norton D. P. The Balanced Scorecard Translating Strategy Action. — Cambridge, Mass, 1996.
- Хорват П. Сбалансированная система показателей как средство управления предприятием // Проблемы теории и практики управления. — 2000. — № 4.
- Мессон М., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента. — М.: Дело, 2000.
- Афанасьев В. Н., Колмановский В. Б., Носов В. Р. Математическая теория конструирования систем управления. — М.: Высшая школа, 1989.
- Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа. — М.: Наука, 1981.
- Крыкин М. А., Солдаткин Е. И. Государственная инновационная политика и проблемы устойчивого развития природохозяйственных систем // Предпринимательство в России: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. — М., 2003.
- Федеральный Закон РФ “О несостоятельности (банкротстве)” от 26 октября 2002 г. № 127-ФЗ.
- Коупленд Т., Коллер Т., Муррин Дж. Стоимость компаний. — М.: Олимп-Бизнес, 1999.
- Кристенсен К. Корпоративная стратегия: управление пакетом видов бизнеса // Курс МВА по стратегическому менеджменту. — М.: Альпина Паблишер, 2002.
- Campbell A. Vision and Strategy Development. In: Handbook on Management. — N.-Y.: Pitman, 1995.
- Томпсон А., Стрикланд А. Стратегический менеджмент: искусство разработки и реализации стратегии. — М.: ЮНИТИ, 1998. — С. 49.
- Ackoff R., Vergara E., Ghajaradghi J. A. Guide to Controlling Your Corporation's Future. — N.-Y.: Wiley, 1984.

☎ (095) 688-41-62

E-mail: bsp@online.ru

УДК 681.513.8

# УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ И СТОЙКОСТЬЮ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ<sup>1</sup>

А. А. Кочкаров, Г. Г. Малинецкий

Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша, г. Москва

Построена математическая модель распространения внешних негативных воздействий по структуре сложной системы. Введены качественные и количественные характеристики, оценивающие подверженность элементов системы негативным воздействиям в зависимости от положения элементов в структуре системы. В ходе исследования модели выявлено несколько синергетических эффектов.

## ВВЕДЕНИЕ

Моделирование сложных систем позволяет исследовать особенности их функционирования в различных условиях, наделять их требуемыми характеристиками и снижать риск возникновения *чрезвычайных ситуаций* (ЧС). Закономерен вопрос — возможно ли в построенной математической модели сложной системы учесть каждый из ее многочисленных элементов?

Рассмотрим проблему с позиций теории самоорганизации — синергетики и теории управления рисками. В математической модели исследуемой системы должны быть представлены основные элементы, по поведению, качеству и эффективности функционирования которых можно достоверно судить о всей системе. Такой подход в исследованиях, когда без детального представления сложных систем, процессов и явлений в них протекающих, принято называть *системным синтезом* [1]. О результативности этого подхода можно судить по многим работам [1—4]. Его плодотворность наглядно подтверждает цикл работ научной школы В. В. Кульбы [3], посвященный исследованиям по управлению рисками. В этих работах для моделирования поведения систем со сложной структурой были применены методы теории взвешенных ориентированных графов. Такой подход уже позволил обнаружить ряд синергетических эффектов [4] в поведении систем со сложной структурой.

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 04-01-00510).

В настоящей работе этот подход реализован в виде вероятностно-детерминистической модели, описывающей распространение внешних воздействий (различного характера) по элементам исследуемой системы. В основе модели лежат формализации структуры системы в виде ориентированного графа и внешнего негативного влияния на систему в виде импульсного воздействия.

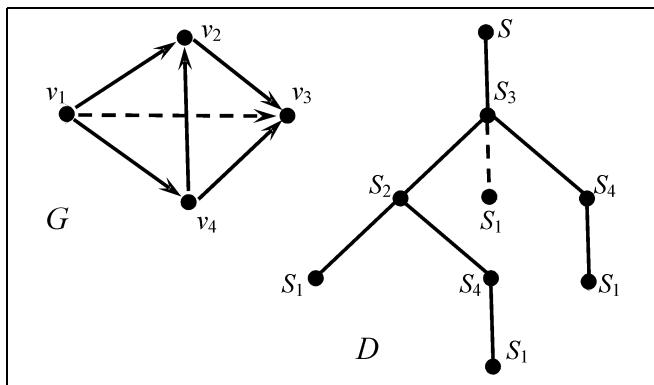
## 1. НАДЕЖНОСТЬ, ЖИВУЧЕСТЬ И СТОЙКОСТЬ

Под *системой* в кибернетике принято понимать объединение любых элементов, рассматриваемых как связное целое. Факт непосредственного (без посредников) взаимодействия между двумя элементами системы и определяет наличие *связи* между ними. Общую картину связей между всеми элементами системы отражает *структурата системы*.

С точки зрения концепции безопасности [5], всякую сложную техническую систему следует изучать с трех основных позиций: *надежности системы, живучести системы и ее безопасности*.

*Надежность* [6] — свойство системы сохранять в течение определенного промежутка времени значения параметров, характеризующих функционирование системы.

Теория надежности использует аппарат теории вероятностей и математической статистики. Как правило, для оценки возможности возникновения опасного для окружающей среды состояния системы используется дерево событий (отказов) (рис. 1). *Дерево событий (отказов)* — это диаграммное представление всех событий (отказов), последовательное и (или) совместное появление которых в системе приводит к некоторому главному



**Рис. 1. Двухполюсный граф  $G$  и дерево отказов  $D$ .**

Вершины  $v_1$  и  $v_3$  — полюсные вершины. На вершину  $v_1$  поступает сигнал, который должен достичь вершину  $v_3$ . Главное событие  $S$  — недостижение сигнала из вершины  $v_1$  в вершину  $v_3$ . Промежуточные события  $S_i$ ,  $i = \{1, 2, 3, 4\}$ , — недостижение сигналом вершины  $v_i$ . Пунктиром изображены резервное соединение (на графике  $G$ ) и соответствующее ему событие (на дереве  $D$ ). Считая надежность (вероятность безотказной работы в течение некоторого промежутка времени) для всех вершин графа равной 0,9, получаем, что надежность функционирования коммуникационной сети в виде графа  $G$  без резервного соединения равна  $P(\bar{S}) = 1 - (1 - P(S_3 S_4 S_1))(1 - P(S_3 S_2 S_1)) \times \times (1 - P(S_3 S_2 S_4 S_1)) = 1 - (1 - 0,93)(1 - 0,93)(1 - 0,94) \approx 0,975$ , с резервным —  $P(\bar{S} = 1 - (1 - P(S_3 S_4 S_1))(1 - P(S_3 S_2 S_1))(1 - P(S_3 S_2 S_4 S_1))(1 - P(S_3 S_1)) = 1 - (1 - 0,93)(1 - 0,93)(1 - 0,94)(1 - 0,92) \approx 0,995$ . Событие  $\bar{S}$  — событие противоположное событию  $S$ , т. е.  $\bar{S}$  — функционирование коммуникационной сети  $G$

событию (возможно, потенциально опасному) происшествию.

В сложных многоэлементных системах к потенциально опасному происшествию могут привести последовательные и (или) совместные отказы различных элементов системы. Поэтому для повышения надежности элементов (вероятности безотказной работы) системы, и как следствие, надежности самой системы, применяются различные методы резервирования [6] (см. рис. 1).

**Живучесть** — свойство системы, характеризующее ее способность функционировать под влиянием внешних воздействий (нагрузок), возбуждаемых в окружающей систему среде.

Изучение живучести систем возможно на основе вероятностных моделей, в рамках математической теории надежности [6], и на основе детерминистических, в рамках механики катастроф [5].

Вероятностную модель, описывающую живучесть системы, принято называть *прочностной моделью*. Под действием внешней нагрузки прочность системы постепенно уменьшается до тех пор, пока система не откажет. Внешние нагрузки описываются случайной величиной (функцией), и как правило, не приводят к скачкообразному изменению прочности системы.

Детерминистическая модель живучести системы лежит в основе механики катастроф [5]. Объектом исследования механики катастроф являются системы, испытывающие постоянные внешние воздействия (нагрузки).

Простым примером таких систем служат инженерные конструкции. В рамках механики катастроф исследуются процессы накопления повреждений, достижения предельного (критического) состояния, реакции элементов конструкций на внешние воздействия.

Особое место в механике катастроф занимает изучение процесса закритического поведения элементов конструкций (систем), который и приводит к тем или иным нежелательным событиям (авариям, катастрофам и т. д.).

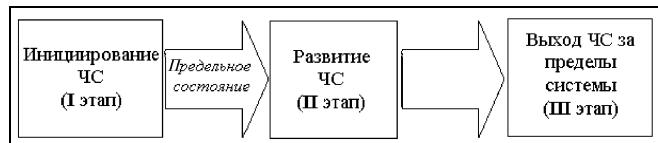
Внешние воздействия делят на воздействия природного [1] и техногенного [5] характера. Ко вторым относятся и воздействия, вызываемые умышленными действиями человека. В зависимости от интенсивности и мощности оказываемых на систему воздействий рассматриваются нормативные (проектные) и экстремальные (сверхнормативные) нагрузки. В первом случае изучается живучесть системы в штатных (нормальных) условиях функционирования, когда переход в аварийное состояние возможен при длительном накоплении системой повреждений и достижении предельного (критического) состояния. Во втором случае изучается живучесть системы, когда возможен относительно быстрый переход в аварийное состояние — форс-мажорные обстоятельства.

Механика катастроф занимается не столько изучением различного рода воздействий, сколько созданием аппарата перехода от воздействий к расчетным действующим нагрузкам.

Живучесть и надежность систем являются теми характеристиками, которые позволяют оценить риск возникновения ЧС при эксплуатации сложных технических систем. Используя эти критерии, можно обеспечить безопасность систем при ЧС или наделить системы необходимыми качественными характеристиками, не допускающими возникновения ЧС. В схеме, представленной на рис. 2, надежность и живучесть описывают переход от первого этапа ко второму. Живучесть системы предполагает тщательное описание поведения систем (в отличие от надежности) при имеющихся внешних воздействиях на систему как в докритической области (до ЧС), так и в закритической (при развитии ЧС). Третий этап предполагает изучение возможных последствий ЧС на окружающую систему среду и лежит в области обеспечения безопасности систем.

Согласно рассмотренной схеме безопасность системы можно обеспечить несколькими способами: не допустить развитие ЧС в системе, не допустить выхода ЧС за пределы системы и свести к возможному минимуму влияние аварий на окружающую систему среду.

Напомним, *структура системы* [7] отражает общую картину причинно-следственных взаимосвязей элементов системы. Во многих случаях сложность системы оп-



**Рис. 2. Схема развития чрезвычайных ситуаций**



ределяется сложностью ее структуры. Для подобных технических систем исследование инициирования ЧС (I этап, см. рис. 2) внешними воздействиями имеет особое значение. Важно оценивать, как от структуры системы зависит достижение системой предельного состояния (критического уровня), за чертой которого риск возникновения ЧС резко возрастает.

В рамках модели, предлагаемой в настоящей работе, сложная техническая система считается подвергнутой влиянию внешних воздействий. Это соответствует попаданию системы в зону “форс-мажорных обстоятельств” (под влияние ненормативных нагрузок).

Стойкостью системы назовем ее способность противостоять внешним воздействиям и функционировать в штатном режиме на этапе инициирования ЧС, т. е. в до-критической области функционирования системы. Другими словами, стойкость — это живучесть системы в до-критической области функционирования, под влиянием внешних ненормативных воздействий (нагрузок). Поэтому основной характеристикой стойкости системы будет служить время достижения системой предельного состояния. Увеличение этого промежутка времени будет способствовать уменьшению риска развития ЧС в системе.

## 2. НАДЕЖНОСТЬ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТА СИСТЕМЫ

Существуют различные виды внешних воздействий, оказывающих влияние на систему. Воздействия могут быть механические, термические, электромагнитные, биохимические, радиационные, гидродинамические и др. Как правило, основными считаются первые три из перечисленных. Всякое воздействие вызывает повышение нагрузки на те или иные элементы системы. Повышение нагрузки на отдельно взятый элемент системы отражается на состоянии этого элемента выполнять свои функции.

Установление связи между нагрузками  $\sigma_{i_1}, \sigma_{i_2}, \dots, \sigma_{i_n}$ , вызываемыми воздействиями различного рода, как уже отмечалось, является одной из важных задач механики катастроф. Установление такой связи позволяет ввести функционал

$$\zeta = \Phi(\sigma_{i_1}(t), \sigma_{i_2}(t), \dots, \sigma_{i_n}(t)), \quad (1)$$

задающий зависимость показателя качественного состояния  $\zeta$  некоторого элемента системы от нагрузок  $\sigma_{i_1}, \sigma_{i_2}, \dots, \sigma_{i_n}$ , вызванных внешними воздействиями в момент времени  $t$ . Для механических систем, все элементы которых являются механическими, функционал (1) имеет вид  $\zeta_M = \Phi(\sigma_D(t), \sigma_N(t))$ , где показателем качественного состояния  $\zeta_M$  элементов системы выступают повреждения, накопленные элементом к моменту времени  $t$ . Деформация  $\sigma_D$  и напряжение  $\sigma_N$ , возникающие у элемента системы, служат количественными представлениями полученных при внешних воздействиях нагрузок и поражений.

Как показывает практика, сложные системы состоят из взаимодействующих элементов различной природы (механической, радиоэлектронной и др.). Поэтому не для всех сложных систем удается точно воспроизвести

функционал, определяемый выражением (1), в левой части которого как показатель качественного состояния элемента системы выступают накопленные за время внешнего поражающего воздействия повреждения. В такой ситуации как показатель качественного состояния элемента разумно использовать его надежность. Надежность элемента уменьшается при получении им повреждений, вызванных внешними воздействиями.

Функционирование системы предполагает постоянное взаимодействие образующих его элементов. Поэтому внешние воздействия, причинив повреждения одним элементам системы, окажут влияние на показатели качественного состояния (надежности) и элементов, не подвергнувшихся влиянию этого воздействия непосредственно; т. е. повышение нагрузки будет наблюдаться не только у тех элементов системы, которые оказались под влиянием внешних воздействий, но и у элементов, взаимодействующих (связанных) с ними. Это приведет к понижению надежности последних. Надо отметить, что речь идет только о нагрузках, которые не являются нормативными, т. е. учтываемыми при проектировании и эксплуатации системы. Нормативные нагрузки не должны приводить к повреждениям, резко ухудшающим надежность элементов системы.

## 3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОРАЖАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПО СИСТЕМЕ

Следуя известным подходам к повышению надежности систем и их элементов, не представляется возможным продублировать все элементы системы, попадающей под внешнее влияние. Поэтому требуется изучить реакцию системы на “стороннее” влияние, найти наиболее уязвимые “места” системы и рекомендовать их к резервированию.

Опыт исследования многих сложных систем показывает, что на начальном этапе анализа их элементы целесообразно представлять в виде вершин графа, наделенных определенными свойствами, а взаимодействие описывать с помощью ребер. Будем считать тождественными следующие понятия: *граф системы* и *структура системы*, *вершина графа* и *элемент системы*, *ребро графа* и *связь между элементами системы*.

Для всякого конечного графа будем пользоваться обозначением —  $G = (V, E)$ , где  $V = \{v_i\}$ ,  $i = \overline{1, n}$  — множество вершин, а  $E = \{e = (v_i, u_j)\}$  — множество его ребер [8].

Распространение воздействия от одного элемента системы к другому будем задавать на графике системы *ориентированным ребром* — ребром с заданными началом и концом. Ориентированное ребро часто называют *дугой*, а график с дугами — *орграфом* [8]. Орграф структуры моделируемой системы не будет иметь петель (т. е. дуг, конец и начало которых совпадают).

Надежностью элемента системы будем считать вероятность  $P(t < T)$  того, что элемент будет работоспособен в течение времени  $T$  с момента начала эксплуатации. Но надежностей элементов, приписываемых соответствующим вершинам графа системы, недостаточно для полного формального представления системы. Воздействие при прохождении от одного элемента к другому теряет свою “ силу”. Надежность элемента системы и



долю уменьшения воздействия при переходе от одного элемента к другому можно получить экспериментально или путём экспертного анализа.

Таким образом,

на орграфе  $G = (V, E)$  системы для вершины  $v_i \in V, i \in \{1, 2, \dots, n\}$  весом  $w_i(t) = P_{v_i}(t < T)$  является значение надежности элемента системы, соответствующего вершине  $v_i$ . А весом  $w(v_i, v_j) = \varepsilon_{ij}, j \in \{1, 2, \dots, n\}, i \neq j$ , дуги  $(v_i, v_j) \in E$ , причем со знаком “+”, является число  $0 < \varepsilon_{ij} \leq 1$ , равное сохранившейся доле передаваемого воздействия, при переходе от вершины  $v_i$  к вершине  $v_j$ .

Процесс изменения весов вершин графа системы можно отразить следующим правилом, называемым *импульсным воздействием*. Импульсное воздействие определяется *импульсом*  $imp_j(t), j \in \{1, 2, \dots, n\}$ , в дискретном времени  $t = 0, 1, 2, \dots$ , который задается отношением

$$imp_j(t) = w_j(t)/w_j(t-1) \text{ при } t > 0. \quad (3)$$

Тогда для  $t \geq 0$  для  $i$ -й вершины графа  $G$  определим импульсное воздействие

$$w_i(t+1) = w_i(t) \prod_{k=1}^{\deg v_i} \varepsilon_{ji} imp_j(t), \quad (4)$$

или

$$imp_j(t+1) = \prod_{k=1}^{\deg v_i} \varepsilon_{ji} imp_j(t), \quad (5)$$

полагая, что  $\deg v_i$  — число входящих в вершину  $v_i$  дуг.

Формулы (3)–(5) задают изменения весов вершин графа  $G = (V, E)$ , тем самым определяя динамику распространения внешних воздействий по системе.

*Автономное импульсное воздействие* на взвешенном орграфе  $G$  определим по правилу (3) с вектором начальных значений  $W(0) = (w_1(0), w_2(0), \dots, w_n(0))$  и вектором импульсов

$$Imp(0) = (imp_1(0), imp_2(0), \dots, imp_n(0)), \quad (6)$$

задающим импульс  $imp_j(0)$  в каждой вершине  $v_j$  в момент времени  $t = 0$ . Автономное импульсное воздействие в паре с вектором начальных значений описывает состояние системы в начальный момент времени, когда под влияние внешних поражающих воздействий попадают все элементы системы.

Автономное импульсное воздействие, в котором вектор  $imp(0) = (1, 1, \dots, imp_i(0), \dots, 1)$ ,  $imp_i(0) > 0$ , имеет только  $i$ -ю отличную от единицы компоненту, назовем *простым воздействием с начальной вершиной*  $v_i \in V$ . Простое импульсное воздействие описывает состояние системы в начальный момент времени, когда внешнее воздействие поражает один из элементов системы. А именно тот, который соответствует  $i$ -й вершине графа системы.

В соответствии с описанным импульсным воздействием на орграфе, можно ввести различные критерии (признаки) достижения системой предельного состоя-

ния. К примеру, можно считать, что система находится в предельном состоянии, если надежность хотя бы одного из наиболее значимых элементов системы, например, элемента  $v_i \in V$  ниже некоторого допустимого уровня. Этот уровень будем называть *критическим уровнем* надежности элемента и обозначим его как  $cr(v_i)$ . Введенный критерий четко разделяет докритическое и заkritическое состояния элемента системы. Если надежность элемента ниже критического уровня, то элемент не в состоянии выполнять возложенных на него функций или функционировать требуемое время.

Представление исследуемой системы в виде взвешенного по правилу (2) графа  $G = (V, E)$  и формализация внешнего влияния на систему как автономного импульсного воздействия (3)–(6) определяет *модель распространения поражающих воздействий по системе*.

Исследование построенной модели необходимо для решения важной задачи — выяснить, как внешнее воздействие распространяется по структуре системы и влияет на качественное состояние ее элементов.

Поставленная задача требует введения ряда параметров, отражающих подверженность элемента системы внешним воздействиям в зависимости от “положения” элементов в структуре системы.

*Структурной уязвимостью*  $v_i(u)$  вершины  $u \in V$  назовем число путей, концом которых является вершина  $u$ .

Структурная уязвимость элемента дает качественную оценку его расположения в структуре системы. Она позволяет судить о том, насколько безопасно расположение элемента в структуре системы относительно других элементов во время поражающих воздействий.

Важно знать, как к окончанию времени распространения импульсного воздействия по графу системы изменились надежности элементов системы. *Предельной надежностью вершины*  $u$  назовем значение надежности соответствующего ей элемента системы на момент окончания времени воздействия и обозначим ее через  $br(u)$ .

Можно подсчитать сумму длин всех путей, концом которых является вершина  $u$ . Обозначим эту сумму через  $ps(u)$  и назовем её *мерой структурной уязвимости* вершины  $u$ .

Конденсацией [9] графа  $G = (V, E)$  будем называть граф  $G^* = (V^*, E^*)$  полученный из графа  $G$  стягиванием в некоторую вершину каждого контура.

**Теорема 1.** *Предельная надежность*  $br(u)$  *вершины*  $u \in E$  *графа*  $G^* = (V^*, E^*)$  *с равными весами*  $\varepsilon$  *для всех ребер из*  $E^*$  *при автономном импульсном воздействии с начальным импульсом*  $imp_0$ , *одинаковым для всех вершин из*  $V^*$ , *определяется формулой*

$$br(u) = w_u imp_0^{vl(u)+1} \varepsilon^{ps(u)}, \quad (7)$$

где  $w_u$  — надежность вершины  $u$  в начальный момент автономного импульсного воздействия.

**Доказательство.** Предельная надежность вершины  $u \in V^*$  графа  $G^* = (V^*, E^*)$  определяется импульсными воздействиями, отходящими от вершин его множества уязвимости (множества вершин, от которых импульсное воздействие доходит до вершины  $u$ ). Каждое импульсное воздействие, проходя путь от вершины  $v \in V^*$  (важно, что таких путей может быть несколько) до вершины  $u$ , уменьшается в  $\varepsilon^{l(v, u)}$  раз,  $l(v, u)$  — длина пути

$(v, u)$ , и становится равным  $imp_0 \varepsilon^{l(v, u)}$ . По этому же принципу высчитываются значения всех импульсных воздействий, подходящих в вершине  $u$ . А их число, как известно, равно  $vl(u)$  — числу путей, концом которых является вершина  $u$ . Перемножив, в соответствии с выражением (4), значения всех импульсных воздействий, подходящих к вершине  $u$ , получим искомую предельную надежность  $br(u) = w_u imp_0 imp_0^{vl(u)} \varepsilon^{ps(u)} = w_u imp_0^{vl(u)+1} \varepsilon^{ps(u)}$ .

Показатель степени  $ps(u)$  множителя  $\varepsilon^{ps(u)}$  появляется в произведении (7) как результат сложения длин всех путей, концом которых является вершина  $u$ . Множитель  $imp_0$  появляется в произведении (7) без уменьшающего его сомножителя  $\varepsilon$ , поскольку одно импульсное воздействие подходит к вершине  $u$  непосредственно. ♦

#### 4. ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПОСТРОЕННОЙ МОДЕЛИ

Контуры обратной связи графа  $G = (V, E)$  из модели (2)–(6) потребовали отдельного рассмотрения по следующей причине. Использование конденсации  $G^*$  модели (2)–(6) позволило заметить, что веса вершины конденсации, соответствующие контурам самого графа  $G$  системы, изменяются при отсутствии внешних импульсных воздействий. Это позволило считать контуры графа системы *внутренними источниками импульсных воздействий*. “Зацикливание” импульсного воздействия в контуре графа системы приводит к повторному изменению весов вершин самого контура и может оказывать влияние на веса других вершин графа системы (рис. 3). Внутренние источники импульсных воздействий на графах систем приводят к появлению *остаточного эффекта*. Для произвольного графа  $G = (V, E)$  эффект выхода из строя элементов системы по происшествию  $t = l(S)$  шагов распространения импульсного воздействия по структуре системы в виде графа  $G$  назовем *остаточным*, где  $S \subseteq G$  — путь максимальной длины.

“Затухание” внутреннего источника возмущений возможно в двух случаях. Первый — выход из строя контурообразующего элемента остановит циркуляцию импульсного воздействия по контуру. Второй происходит, когда нагрузки, вызываемые импульсными воздействиями, уменьшаются до нормативных, т. е. не будут приводить к резкому снижению надежностей элементов системы. Пример (см. рис. 3) показывает, что если нейтрализация контура не производится искусственно — путем изменения структуры системы, то контур перестанет быть источником импульсных воздействий с момента выхода из строя одного из контурообразующих элементов системы. При этом важно знать, как долго контур будет внутренним источником возмущений.

Началом и окончанием действия контура  $S_{con}$  как внутреннего источника возмущений на графике  $G$  будем считать момент первого и, соответственно, последнего изменения надежности вершин (или вершины) образующих контур  $S_{con}$ . Время действия контура  $S_{con}$  в качестве внутреннего источника возмущений будем обозначать как  $T(S_{con})$ .

Простой контур [9]  $S_{con}$ , вершины которого не являются началами дуг, не входящих в его образование, назовем *изолированным*.

**Теорема 2.** Время действия изолированного контура  $S_{con}$  в качестве внутреннего источника возмущений на графике  $G = (V, E)$  с равными весами  $\varepsilon$  для всех ребер из  $E$  и равными весами  $w_0$  для всех вершин контура  $S_{con}$  при простом импульсном воздействии  $imp_0$ , приложенном к одной из вершин контура  $S_{con}$ , определяется формулой

$$T(S_{con}) = \frac{\ln \frac{cr(S_{con})}{w_0 p_0}}{K \ln \varepsilon}, \text{ где } cr(S_{con}) — \text{критический уровень надежности вершин контура, } (K - 1) — \text{число полных обходов импульсного воздействия по всем вершинам контура.}$$

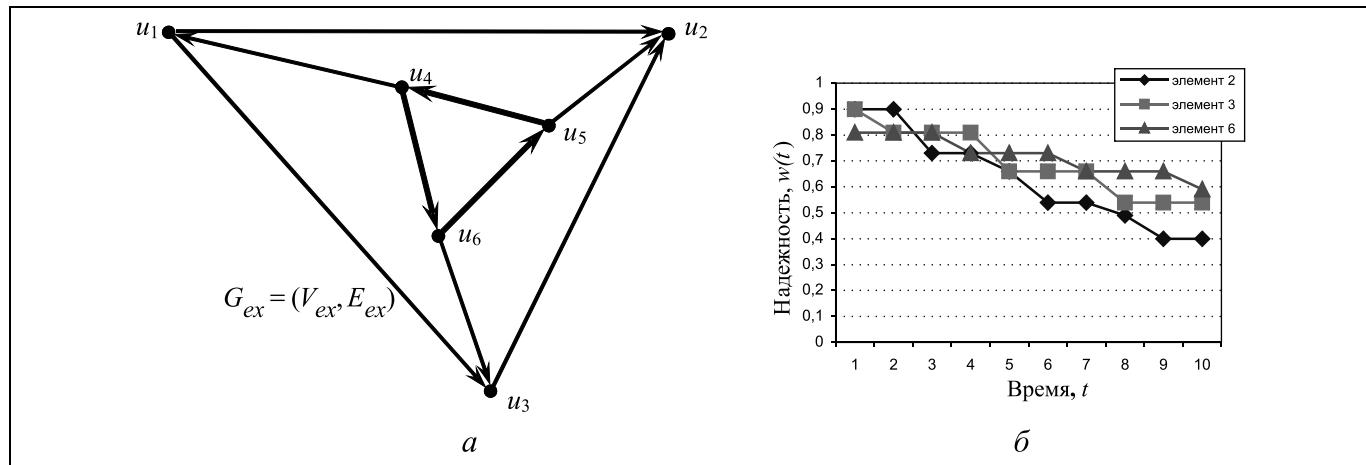


Рис. 3. Граф  $G_{ex}$  с единственным контуром, образуемым вершинами  $\{u_4, u_5, u_6\}$  (а); изменение (б) весов нескольких вершин графа  $G_{ex}$  при простом импульсном воздействии  $Imp(0) = (1; 1; 1; 1; 1; 0,9)$ .

При установленном критическом уровне надежности  $cr(u) = 0,6$ , одинаковым для всех  $i = \overline{1, 6}$  элементов системы со структурой, соответствующей графу  $G_{ex}$ , из строя сначала выйдут элементы  $u_2$  и  $u_3$ , только затем контурообразующий элемент  $u_6$ , при том, что в начальный момент времени надежность первых элементов была выше



**Доказательство.** Рассмотрим орграф  $G = (V, E)$  с изолированным контуром  $S_{con} \subseteq G$ , удовлетворяющий условиям настоящей теоремы. Поскольку простое импульсное воздействие будет приложено к одной из вершин изолированного контура  $S_{con}$ , то оно будет распространяться только по вершинам контура. А это позволяет исследовать процесс распространения импульсного воздействия по контуру  $S_{con}$ , пренебрегая остальными вершинами и дугами графа  $G$ .

Благодаря структурным особенностям контура  $S_{con}$ , простое импульсное воздействие, приложенное к одной из вершин этого контура, будет распространяться только в одном направлении: к вершине, смежной с вершиной, уже достигнутой воздействием. Это, напомним, позволяет легко проследить изменение уровня распространяющегося по контуру импульсного воздействия. В момент времени  $t$  величина импульсного воздействия при передачи от одной вершине к другой, согласно условию теоремы, будет уменьшена в  $\varepsilon$  раз, а по отношению к начальному моменту времени — в  $\varepsilon^t$  раз, и будет равна  $\varepsilon^t imp_0$ . При этом вес каждой вершины контура зависит от того, сколько раз эта вершина испытала на себе влияние импульсного воздействия. Таким образом, можно вывести зависимость

$$w(t) = w_0 \varepsilon^t imp_0^{k(t)}, \quad (8)$$

где  $k(t) = [t/l(S_{con})] + 1$  — число импульсных воздействий, испытанных вершиной контура к моменту времени  $t$  (квадратными скобками обозначена целая часть числа), а  $l(S_{con})$  — длина контура  $S_{con}$ . Вообще говоря, слагаемое  $[t/l(S_{con})]$  показателя степени в правой части зависимости (8) есть число полных обходов зависимости [9] импульсного воздействия по всем вершинам контура  $S_{con}$ , а  $[t/l(S_{con})] + 1$  — соответственно, номер текущего обхода.

Подставив в зависимость (8) значение критического уровня вершин контура, получим формулу

$$cr(S_{con}) = w_0 \varepsilon^{T(S_{con})} imp_0^K \quad (9)$$

для определения времени окончания распространения простого импульсного воздействия по контуру  $S_{con}$ . Выразим из формулы (9) время  $T(S_{con})$  действия контура как внутреннего источника возмущений:

$$T(S_{con}) = \frac{\ln \frac{cr(S_{con})}{w_0 imp_0}}{K \ln \varepsilon}. \quad (10)$$

Формула (10) определяет время действия изолированного контура в качестве внутреннего источника возмущений для исследуемой системы. ♦

## 5. АЛГОРИТМ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ СИСТЕМЫ

Рассмотрим систему со структурой в виде ориентированного графа  $G = (V, E)$ . Предельное состояние системы определяется предельным состоянием некоторого

множества его элементов  $\tilde{v}_i \in V, i \in \{1, 2, \dots, \tilde{n}\}$ . Пусть система попадает под влияние импульсного воздействия  $Imp(0)$ . Для предотвращения перехода системы в предельное состояние необходимо над каждым из элементов  $\tilde{v}_i$  проделать следующие операции.

1. Подсчитать предельную надежность  $br(\tilde{v}_i)$  (см. теорему 1). В случае если среди элементов  $\tilde{v}_i, i \in \{1, 2, \dots, \tilde{n}\}$ , есть элементы контуров обратной связи или элементы, смежные с контурами, подсчет величины  $br(\tilde{v}_i)$  необходимо вести с учетом времени действия этих контуров.

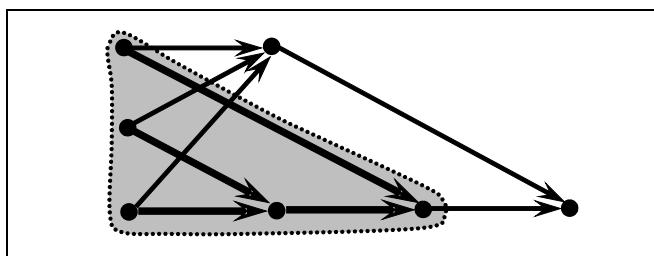
2. Повысить надежность элемента  $\tilde{v}_i$  на разницу  $w_i(0) - br(\tilde{v}_i)$ . Повысить надежность элемента  $\tilde{v}_i$  можно любым из известных методов резервирования [6].

К примеру, для графа системы, изображенного на рис. 1, предельным будем считать состояние, когда надежность элемента  $v_3$  опустится ниже отметки 0,4. Тогда предельное состояния этой системой достигается при импульсном воздействии  $Imp_1(0) = (1; 0,75; 1; 0,75)$  за время  $t_1 = 3$ , а при  $Imp_2(0) = (0,75; 1; 1; 1)$  за время  $t_1 = 3$  (учитывая и резервное соединение). И в первом, и во втором случаях время, определяющее стойкость системы, равно трем единицам, но во втором случае система переходит в предельное состояние при меньшем воздействии по сравнению с первым. Для предотвращения перехода системы в предельное состояние под влиянием импульсного воздействия  $Imp_1(0)$  достаточно повысить надежность элемента  $v_3$  до 0,95.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная математическая модель распространения внешних воздействий по системе позволяет объяснить ряд явлений, наблюдавшихся в сложных технических системах при попадании их в условия внешних воздействий (форс-мажорные обстоятельства). В частности, становится ясно, как при внешних воздействиях выходят из строя (достигают предельного состояния) элементы, не получавшие импульсного воздействия непосредственно. Показано, что причиной выхода из строя элементов системы вне зоны форс-мажорных обстоятельств (после окончания влияния внешних воздействий) являются *внутренние источники возмущений*. Существенная особенность построенной модели состоит в демонстрации возможности выхода из строя (перехода в предельное состояние) при распространении импульсных воздействий по системе наиболее надежных элементов. Этот факт красноречиво подчеркивает *прямую зависимость надежности элемента от его положения в структуре, а также зависимость стойкости всей системы от выбранной при проектировании структуры*. Обнаруженные в ходе исследования модели явления относятся к классу синергетических эффектов [9], прогнозирование которых на начальных этапах исследования нетривиально.

Использование предложенных в работе характеристик (структурная уязвимость, предельная надежность) для оценки состояния элементов при внешних воздействиях, позволяет, с одной стороны, решить оптимизационную задачу — резервирование наиболее подверженных



**Рис. 4. Множество уязвимости и граф уязвимости вершины  $v_3$  графа  $G$**

Граф уязвимости  $J = (U, W)$  вершины  $v_3$  на графе  $G$  нарисован жирными стрелками. Множество уязвимости  $U = \{u_1, u_2, u_3, v_2, v_3\}$  вершины  $v_3$  очерчено пунктирующей линией. Внешние воздействия, приложенные ко всем или некоторым элементам множества уязвимости вершины  $v_3$  в состоянии привести к выходу из строя элемента системы, соответствующего этой вершине

внешнему влиянию элементов системы. С другой стороны, искусственно направленными воздействиями на множество уязвимости (рис. 4) некоторого элемента системы можно вывести его из строя.

Руководствуясь предложенной моделью, можно говорить о стойкости системе к конкретным воздействиям. В случае, когда класс воздействий за время их распространения по структуре системы не переводит ее в предельное состояние, система можно считать *абсолютно стойкой* к этому классу воздействий.

Модель позволяет предложить рекомендации по наделению системы требуемым уровнем стойкости к внешним поражающим воздействиям с целью уменьшения риска [10] возникновения ЧС в системах, предназначенных для работы в условиях внезапных внешних воздей-

ствий, а при заданных внешних воздействиях — определить значение стойкости с целью предупреждения возможности возникновения ЧС.

---

## ЛИТЕРАТУРА

---

1. Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г. Синергетика и системный синтез // Новое в синергетике: взгляд в третье тысячелетие. — М.: Наука, 2002.
2. Новое в синергетике: взгляд в третье тысячелетие / Под ред. Г. Г. Малинецкого, С. П. Курдюмова. — М.: Наука, 2002.
3. Методы формирования сценариев развития социально-экономических систем // В. В. Кульба, Д. А. Кононов С. А. Косяченко, А. Н. Шубин. — М.: СИНТЕГ, 2004.
4. Нестационарные структуры и диффузионный хаос // Т. С. Ахромеева, С. П. Курдюмов, Г. Г. Малинецкий, А. А. Самарский. — М.: Наука, 1992.
5. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Функционирование и развитие сложных народнохозяйственных, технических, транспортных систем, систем связи и коммуникаций / Под ред. К. В. Фролова. — М.: МГФ “Знание”, 1998.
6. Острайковский В. А. Теория надежности. — М.: Высшая школа, 2003.
7. Архипова Н. И., Кульба В. В. Управление в чрезвычайных ситуациях. — М.: РГГУ, 1998.
8. Малинецкий Г. Г. Хаос. Структуры. Вычислительный эксперимент: Введение в синергетику. — М.: Наука, 1997.
9. Лекции по теории графов // В. А. Емеличев, О. Н. Мельников, В. И. Сарванов, Р. И. Тышкевич. — М.: Наука, 1990.
10. Управление риском / В. А. Владимиров, В. В. Кульба, Г. Г. Малинецкий и др. — М.: Наука, 2000.

☎ (095) 250-79-71; 250-79-16

E-mail: Azret\_Kochkarov@mail.ru

GMalin@keldysh.ru



---

## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

---

Статья представляется в редакцию по электронной почте или в одном экземпляре на бумаге, к которому необходимо приложить дискету с текстом, идентичным напечатанному. Аннотация, название статьи и фамилии авторов желательно перевести на английский язык. Объем оригинальной статьи не должен превышать 12, обзорной — 18 страниц текста. Текст печатается через полтора интервала с одной стороны бумаги формата А4, страницы нумеруются. В электронной форме текст должен быть набран в редакторе не ниже Word 97 шрифтом Times New Roman, 12 пунктов.

Рисунки должны иметь расширение, совместимое с Word 97 (Рисунок MS Word (толщина линий — не менее 3 пкс), редакторы CorelDraw, Photoshop, Illustrator и т.п.).

Фотографии должны быть предельно четкими, на глянцевой бумаге или в формате TIFF с разрешением 300 dpi (цветовая кодировка CMYK). Все буквенные обозначения на рисунках необходимо пояснить в основном или подрисуночном текстах.

Математические формулы следует набирать в формульном редакторе MathTypes 5.0 Equation или MS Equation 3.0, греческие и русские буквы набирать прямым шрифтом, латинские — курсивом. Нумеровать следует только те формулы, на которые есть ссылки в последующем изложении.

Список литературы составляется в порядке цитирования и оформляется в соответствии с действующим ГОСТом. Ссылки на литературу в тексте отмечаются порядковыми номерами в квадратных скобках.

Перед заголовком статьи желательно указать индекс УДК, а в ее конце — номер контактного телефона и электронный адрес.





УДК 007(061.3)

# ЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ДОСТОВЕРНОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ<sup>1</sup>

Н. А. Абрамова

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова, г. Москва

Предложен и продемонстрирован на примерах логический подход к задачам практической идентификации, позволяющий оценивать достоверность теоретических методов решения таких задач и выявлять факторы, влияющие на достоверность решений, основанных на идентификации.

## ВВЕДЕНИЕ

Широкий спектр научных и практических задач относится к задачам идентификации или может быть отнесен к таковым в соответствии с принятым понятием идентификации. Важно сразу же уточнить, что понятие идентификации (опознания, распознания, определения) является многозначным и по-разному определяется даже в словарях. И даже в научном направлении идентификации систем, в рамках теории автоматического управления, где понятие идентификации является ключевым и, по сути, относится к одному типу задач и типу деятельности (не считая разновидностей идентификации), его содержание обсуждается, о чем свидетельствуют публикации (см. например, работу [1]). Обнаруживаются также различия в его словоупотреблении. (Это видно, например, на конференциях “Идентификация систем и задачи управления” — SICPRO).<sup>2</sup> К тому же, в разных направлениях исследований и областях науки и практики понятие идентификации применяется в существенно разных смыслах, по крайней мере, с логической точки зрения, так что можно говорить о разных видах идентификации.

<sup>1</sup>Статья представляет собой расширенное изложение одноименного доклада на конференции “Идентификация систем и задачи управления” SICPRO’03 (Москва, 2003), рекомендованного к публикации в журнале “Проблемы управления” Программным комитетом конференции.

<sup>2</sup>Хотя в этом направлении нормой считается говорить об идентификации объекта, нередко говорят об идентификации модели, сопоставляемой объекту, или параметров модели. Об идентификации моделей принято говорить и в других областях наук, в том числе, гуманитарных.

проблеме адекватности применения научных знаний к

Данная работа посвящена широко распространенному виду идентификации, который назван *интенсиональной идентификацией*. Речь идет о сопоставлении конкретным объектам реального мира (или ситуациям, процессам, явлениям и др.) их описательных “признаков”. В качестве такого “признака” может выступать и тип теоретической модели объекта, посредством которой он будет описан, и набор значений параметров модели. К интенсиональной идентификации можно отнести и различные задачи диагностики объектов реального мира или их оценки, в которых в качестве признаков выступают соответствующие диагнозы или оценки, и задачи практической верификации<sup>3</sup>.

Нередко к решению задач идентификации такого рода<sup>4</sup> предъявляются более или менее высокие требования по достоверности результата. При этом достоверность понимается неформально — как возможность доверять результату идентификации, полагаться на него при решении практических задач.

В случае применения теоретических методов для решения задач идентификации и задач, неотъемлемой составной частью которых является идентификация, легко понять, что достоверность конечных результатов зависит от этих методов. Иначе говоря, в широком смысле рассматриваемый вопрос достоверности относится к

<sup>3</sup> Для сравнения, к другим видам идентификации можно отнести сопоставление признакам конкретных объектов реального мира — опознание объектов по признакам, или экстенсиональную идентификацию, а также более сложные виды, например, переход из одного пространства признаков, в котором описывается реальный объект, в другое.

<sup>4</sup> В дальнейшем будем без оговорки пользоваться термином “идентификация”, имея в виду именно интенсиональную идентификацию.



Проведенный автором анализ некоторых типов практических задач и методов, неотъемлемой составной частью которых является идентификация, показал, что:

- достоверность результатов существенно зависит от выбора постановки задач,
- основания для анализа достоверности и некоторые возможности ее оценки и повышения имеют, в значительной мере, логическую природу и слабо связанны со спецификой проблемной области.

В частности, оказалось, что некоторые общие логические идеи, которые развивались применительно к анализу и оценке достоверности тестирования и верификации программ и программно-технических средств [2, 3], находят применение в совсем иной ситуации: идентификации научных задач, которые могут быть полезными при поиске путей выхода из слабо структурированных проблемных ситуаций [4].

Цель статьи состоит в том, чтобы продемонстрировать логический подход к постановке задач идентификации, направленный на выявление факторов, влияющих на достоверность, которые имеют место для задач разнообразной природы.

В основе подхода лежит интуитивное понятие доказательного метода решения задачи (не обязательно идентификации): метод решения доказателен, если можно формально доказать, что решение, полученное на его основе, удовлетворяет требованиям, которые отличают решения от “не решений”. Тогда решения, полученные посредством доказательного метода, можно считать достоверными, а в случае невозможности доказать желаемое могут обнаружиться препятствующие условия — факторы недостоверности. При этом специфика задачи интенсиональной идентификации состоит в том, что доказательство будет относиться к объектам (явлениям, процессам, ситуациям) реального мира, которым мы в процессе рассуждений сопоставляем свои, модельные представления о них, не обязательно справедливые. Для реализации описанной идеи решаемая задача должна быть определенным образом поставлена, и должна быть сформулирована и доказана теорема о доказательности рассматриваемого метода решения.

Подход демонстрируется на основе идеализированной, предельно упрощенной постановки задачи идентификации, которая названа базовой. Она позволяет формализовать понятие доказательного метода решения, не перегружая его математическими деталями, и выделить ряд общих факторов возможной недостоверности.

Эта постановка может использоваться в качестве образца (прототипа) для анализа и оценки достоверности методов решения разнообразных задач и выявления факторов, влияющих на достоверность решений, которые основаны на идентификации. При этом заведомо предполагается, что перенос основной идеи на более сложные задачи может быть связан с теми или иными отклонениями от базовой постановки, если обнаруживается, что она неприменима к рассматриваемым задачам и методам их решения. В ходе адаптации базовой постановки могут видоизменяться и логические особенности постановки задачи идентификации, и формальное понятие доказательности метода, и спектр факторов недостоверности.

В статье рассмотрены примеры анализа достоверности известных методов, которые, в основном, вкладываются в базовую постановку. При этом представлены некоторые подходы к оценке достоверности для методов, которые оказываются недоказательными. В Заключении изложены некоторые соображения о специфике практического применения такого рода методов.

---

## 1. БАЗОВАЯ ЗАДАЧА ИДЕНТИФИКАЦИИ

---

Формальная постановка базовой задачи (интенсиональной) идентификации такова. Пусть дан объект  $a$  и определен универсум объектов  $A$ , заведомо включающий  $a$ . Известно пространство  $I$  однотипных альтернативных признаков, характеризующих объекты из  $A$ , так что объекты универсума и признаки связаны *отношением идентификации*:  $\phi : A \rightarrow I$ .

Отношение  $\phi$  может трактоваться как, в общем случае, частичная функция, определенная, по крайней мере, для  $a$ . Задача идентификации объекта  $a$  (относительно признаков типа  $I$ ) состоит в том, чтобы определить его признак  $\phi(a)$ <sup>5</sup>.

Подчеркнем, что универсум  $A$  составляют объекты (ситуации, процессы, явления) реального мира, а  $I$  — это “мир” знаний, описаний объектов реального мира. Отношение идентификации  $\phi$  с формальной точки зрения, определяет требования к решению задачи идентификации. По существу оно также является знанием, которое устанавливает связь двух “миров”, возможно, лишь предполагаемую, на основании которой мы хотим сопоставить конкретному объекту его признак.

Как из логических, так и из pragматических соображений можно понять, что методы, создаваемые для идентификации — даже ради решения единичных задач, т. е. для единственного объекта идентификации — будут в общем случае применимыми не только к заданному объекту, но и к другим: ко всем объектам универсума либо, по крайней мере, к тем из них, которые априорно, до проведения идентификации неотличимы от  $a$  (в интересующем нас отношении).

Пусть  $R$  — метод, предлагаемый для идентификации объекта  $a$ . Для простоты будем считать, что метод однозначен, т. е. для любого объекта  $a'$ ,  $a' \in A$ , к которому он применим (включая  $a$ ), результат его применения однозначен; в результате применения метода  $R$  получаются значения из  $I$ .

Иными словами, метод  $R$  может быть представлен, в общем случае, частичной функцией вида  $R : A \rightarrow I$ .

Обратимся к понятию доказательного метода идентификации. Для начала еще больше упростим постановку задачи, полагая, что и отношение идентификации  $\phi$ , и метод  $R$  определены на всем универсуме. В этом случае метод  $R$  естественно считать доказательным для произ-

---

<sup>5</sup> С учетом двойственности, фактически существующей в употреблении понятия идентификации, при рассмотрении этой задачи можно говорить как о том, что идентифицируется (определяется) признак  $\phi(a)$  объекта  $a$ , так и о том, что объект  $a$  идентифицируется посредством его признака  $\phi(a)$ . Вопрос о предпочтительном словоупотреблении для одной и той же задачи переносится на лингвистический план.



вольного объекта универсума, если для него может быть сформулирована и доказана теорема вида

$$\forall_{a' \in A} a': R(a') = \phi(a').$$

Теорема означает, что:

- не делается никаких априорных допущений о свойствах конкретного объекта идентификации, отличающих его от других объектов;
- тем самым, метод доказателен для любого объекта  $a'$  универсума. Согласно этой теореме, результат идентификации по методу  $R$  совпадает с истинным признаком  $\phi(a)$ , который определяется отношением  $\phi$ .

В действительности, и при формализации представлений об объектах и отношении идентификации, и при разработке и обосновании методов, и при их применении с объектом идентификации связываются те или иные свойства, отличающие конкретный объект идентификации от других объектов универсума. С одной стороны, может идти речь о естественной фиксации каких-то параметров, например, числа входов и выходов объекта. С другой стороны, характерно стремление ограничить сложность методов идентификации из-за тех или иных допущений об объектах; например, возможно допущение о детерминированном поведении всех объектов или об однозначной зависимости поведения от определенного множества параметров. С учетом этого уточним понятие доказательного метода, предполагая, как и ранее, что  $\phi$  и  $R$ , в общем случае, представляются частичными функциями определенными, по крайней мере, для  $a$ .

Метод  $R$  идентификации объекта  $a$  будем называть *доказательным*, если:

- для него сформулирована и доказана теорема вида

$$\forall_{a' \in A} a': M_a(a')[R(a') = \phi(a')], \quad (1)$$

где  $M_a$  — множество свойств, связанных с объектом идентификации  $a$  при постановке задачи, формулировке и доказательстве теоремы;  $M_a(a')$  — предикат, истинный тогда и только тогда, когда объект  $a'$ ,  $a' \in A$ , обладает свойствами  $M_a$ ;

- любое свойство из  $M_a$  является “легко проверяемым” свойством над  $A$  (т. е. для любого  $a'$ ,  $a' \in A$ , оценка истинности  $M_a(a')$ , какой бы она ни была, может быть принята в качестве факта).

Множество свойств  $M_a$  называется *априорной моделью объекта идентификации* для метода  $R$ , а объекты класса  $A|M_a(a')$ , на котором модель  $M_a(a')$  выполняется, — *априорно неотличимыми от a*.

При этом предполагается, что модель  $M_a$  построена таким образом, что метод  $R$  и отношение идентификации  $\phi$  определены на классе объектов  $A|M_a(a')$ .

В представленной теореме проявляется специфика интенсиональной идентификации. Она состоит в том, что для достоверного применения некоторого теоретического метода идентификации к конкретному реально-му объекту на практике необходимо установить, что ему соответствует априорная модель, на которую опирается метод (например, что объект действительно обладает предполагаемым множеством входов и выходов, что

других способов влияния на его поведение, которые следует учитывать как “входы”, у него нет)<sup>6</sup>. Иначе говоря, необходимо провести предварительную идентификацию.

Принятие решений о том, что свойства, которые составляют модель  $M_a$ , являются легко проверяемыми, лежит за рамками метода и теории, лежащей в его основе, как и оценка соответствия конкретного объекта априорной модели. Именно здесь действуют человеческие факторы, влияющие на достоверность идентификации. Легко понять, что эта ситуация является общей для достоверного применения самых разных теоретических методов к реальным объектам.

Уточним, почему в представленном определении доказательного метода и задача идентификации, и метод рассматривались по отношению к единственному выделенному объекту  $a$ , т. е. речь шла о единичном, или индивидуальном, методе. Ведь обычно теоретические методы строятся как массовые, рассчитанные на некоторый универсум объектов или какой-то его класс. Здесь можно выделить две причины. Первая из причин — техническая, обусловленная стремлением облегчить понимание основных идей. Такое построение позволило обойтись единственной априорной моделью объекта и простейшим моделированием метода — в виде частичной функции (при допущении его однозначности). В действительности, в массовых, или общих, методах априорная модель для конкретного объекта включает и общие свойства (такие как свойство детерминированности), и переменные параметры объекта (например, число входов или выходов); при этом одни из параметров могут предполагаться легко проверяемыми, а другие — нет. Тем самым, массовый метод обычно предполагает параметрическое семейство априорных моделей объектов, и абстракция “метода для идентификации одного объекта универсума” означает сужение общего метода на определенные значения параметров. Рассмотрение параметризованных методов увеличивает сложность формализации (в работе [2] это сделано для массовых стратегий тестирования), не внося при этом качественно новых идей.

Вторая, более глубокая причина рассмотрения единичных методов состоит в том, что многие общие методы не являются доказательными по отношению к своему универсуму, и тогда вопрос о достоверности результатов их применения может разрешаться в ходе решения конкретной практической задачи. Например, в случае программ многие свойства, которые не являются легко проверяемыми для произвольной программы на определенном языке программирования, легко проверяются при ограничении на состав используемых конструкций языка, выполнение которого также может легко проверяться. Именно такого рода решения применяются при верификации программ (которая может рассматривать-

<sup>6</sup> Такого рода свойства, зачастую “примитивные”, “само собой разумеющиеся”, обычно не рассматриваются теорией. Однако, как показывает анализ различных методов тестирования программ, при этом в теоретические методы нередко проскальзывают серьезные, с практической точки зрения достоверности, ошибки, как, например, допущение об однозначной зависимости результатов исполнения программы от множества входных переменных, определенного по заданию (спецификации) программы.



ся как разновидность идентификации с пространством признаков “правильность доказана”, “доказана ошибочность”, “найти доказательство не удалось”). Отметим, что для выявления факторов, влияющих на достоверность общих методов, вполне успешным может оказаться рассмотрение доказательности их сужений на произвольный единичный объект в универсуме.

Рассмотрим два примера, в которых анализ достоверности применяемых методов идентификации, в основном, может осуществляться путем попытки доказательства теоремы вида (1).

## 2. ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОДХОДА. АНАЛИЗ ДОСТОВЕРНОСТИ МЕТОДОВ

**Пример 1** относится к оценке достоверности стратегий поверочного тестирования программ, т. е. тестирования с двузначным диагнозом: “правильно”, “неправильно” [2, 3]. Такое тестирование, с логической точки зрения, является разновидностью интенсиональной идентификации. В качестве универсума для некоторой программы может выступать множество всех синтаксически правильных программ на языке рассматриваемой программы. Признаком служит диагноз. Отношение идентификации представляется критерием правильности программы — предикатом *правильно* ( $a'$ ), истинность которого означает, что программа правильна. Стратегия тестирования  $S$  определяет критерий успеха тестирования — предикат *успешно<sup>S</sup>* ( $a'$ ), истинность которого означает, что тестирование, предписываемое этой стратегией, прошло успешно, т. е. ошибок не обнаружено<sup>7</sup>. Априорная модель для конкретной программы  $a$ ,  $M_a$ , при логической формализации постановки задачи должна быть построена так, чтобы оба критерия были определены на  $A|M_a(a')$ . Упрощенно теорему о доказательности стратегии можно представить в виде

$$\left( \forall_{a' \in A} a' : M_a(a') \right) [\text{успешно}^S(a') \leftrightarrow \text{правильно}(a')]. \quad (2)$$

Сегодня признано, что для программ универсальные (т. е. применимые ко всем программам) доказательные стратегии тестирования, дающие основание считать правильной программу, успешно прошедшую испытания по данной стратегии, не известны или оказываются нереализуемыми по ресурсным соображениям. Исследованы такие широко известные эвристические стратегии как тестирование по всем путям и по всем ветвям

<sup>7</sup> Понятие «стратегия тестирования» в рассматриваемом контексте близко к привычному понятию метода, но стратегия отличается меньшей подробностью. В частности, это приводит к неоднозначному результату тестирования, т. е. не обеспечивает однозначной оценки успеха при соблюдении заданной стратегии. Для упрощения здесь, по сравнению с работами [2, 3], за грублен критерий успеха. В работах [2, 3] детали, специфичные для тестирования, которые неуместны в этой статье, представлены более подробно и корректно. Кроме того, в работе [2], где представленные вопросы рассматриваются более формально, для учета неоднозначности в формулировке теоремы о доказательности стратегии присутствует еще один квантор — по разным вариантам применения стратегии.

программы [5, 6], и установлено, что доказательность обеспечивается лишь для крайне узких классов программ [6], представляющих лишь теоретический интерес, и при очень сильных дополнительных допущениях о типах ошибок [5], которые с практической точки зрения почти не правдоподобны. Из практики известно, что выбор стратегии тестирования для конкретной программы обусловлен не только требованием достоверности, но и ресурсными ограничениями. Значимым оказывается вопрос о том, *как оценивать и сравнивать стратегии для конкретного тестирования*.

Для оценивания степени достоверности диагноза, получаемого при применении недоказательных стратегий, в работе [3] представлен *метод сведения стратегий тестирования к условно доказательным*, более детально и формально описанный в работе [2]. Он состоит в том, чтобы представить стратегию тестирования как условно доказательную путем введения в теорему (2) множества гипотез относительно объектов класса  $A|M_a(a')$  (которые не являются легко проверяемыми свойствами), так что при их выполнении тестирование оказывается доказательным.

Условно доказательные стратегии, когда это возможно, могут сравниваться по логической силе гипотез. В общем случае, оценка и сравнение может производиться методом экспертных оценок по правдоподобности гипотез и по относительной мощности области достоверного диагноза в универсуме. Кроме того, появляется возможность целенаправленного улучшения качества стратегий тестирования путем включения в стратегию требования проверки менее правдоподобных гипотез.

Альтернативный метод оценки качества стратегий тестирования, который сегодня многими учеными и практиками принимается как норма, состоит в оценке полноты покрытия по отношению к известной универсальной стратегии тестирования (по путям, по ветвям, по операторам). По оценке автора, основанной на предлагаемой логической постановке задачи (применительно к массовым стратегиям), этот метод оценки является скрытым источником недостоверности: он создает формальную основу для принятия решений о достаточности тестирования, не давая какой-либо реальной оценки достигнутой достоверности диагноза “*программа правильна*”.

Попытки, применяя логический подход, выделить и оценить осмысленные гипотезы, при выполнении которых названные универсальные стратегии тестирования были бы доказательными, оказываются безуспешными, если считать, что рассматриваемая программа априорно неотличима от любой другой из универсума. Никаких формальных оснований полагаться на эти стратегии не находится, поскольку, во-первых, множество всех путей (или ветвей, или операторов) идентифицируемой программы  $a$ , по которым требуется провести тестирование, вовсе не обязательно является необходимым свойством правильной программы, во-вторых, явная содержательная связь, позволяющая из успешности тестирования программы вывести ее правильность, по любой из этих стратегий отсутствует.

Требуется, с одной стороны, так или иначе ограничить класс программ, к которому будет применяться метод и в котором должна заведомо содержаться правиль-



ная программа, будет ли это идентифицируемая программа  $a$  или какая-то другая, если  $a$  неправильна. С точки зрения логики, это ограничение направлено на выявление тестируемых свойств программы, которые рассматриваются как необходимые свойства правильной программы, и недостающих свойств, так чтобы в сумме они были достаточны для заключения о правильности в случае успеха тестирования. Ограничения могут представляться либо легко проверяемыми свойствами, либо гипотезами.

С другой стороны, нужно вовлечь содержательные знания, на основании которых мы хотим сопоставить конкретной программе из ограниченного класса ее признак.

Здесь, как показывает анализ, обнаруживается специфика программ, отличающая их от ряда других типов объектов идентификации, как естественных, так и искусственных. Обнаруживается, что объективных достоверных общих знаний, связывающих отношение идентификации  $\phi$ , которое определяет требования к решению задачи (в данном случае, критерий правильности программы, более или менее произвольный), со свойствами, проверяемыми по стратегии, нет. Именно это и является фактором, влияющим на достоверность результатов.

Напротив, в основе допущения о том, что тестируемая программа правильна, лежат более или менее субъективные, более или менее достоверные, часто неявные знания разработчика программы. Эти-то знания, явные или неявные, от которых зависит действительная правильность, вовлекаются в процесс анализа достоверности в виде предполагаемых свойств правильной программы при попытке доказать, что принятая стратегия условно доказательна для рассматриваемой программы. Это позволяет оценить достоверность субъективных предположений и, при необходимости, подвергнуть их дополнительной проверке.

**Пример 2.** Диагностирование технического состояния объектов, которое является предметом технической диагностики, может рассматриваться как частный случай задач интенсиональной идентификации. В соответствии с принятой нами схемой постановки задачи идентификации через подходящее отношение, объектом идентификации является текущее техническое состояние объекта диагностирования. Отношение идентификации — это отношение принадлежности состояния (из универсума состояний) одному из различных классов, например, “исправное” или “неисправное” (или может рассматриваться более детализированная диагностика по виду неисправности).

В технической диагностике нормой является подход к обнаружению неисправностей и диагностике, исходящий из допущения, что неисправность, а соответственно, и текущее состояние объекта диагностирования относится к определенному классу, мощность которого обычно существенно ниже мощности универсума. При этом нередко говорят об обнаружении неисправностей определенного класса. Анализируя этот подход в соответствии со структурой теоремы (1), легко убедиться, что подход не обеспечивает доказательности, так как названное свойство принадлежности состояния к определенному классу обычно не является легко проверяемым,

а только служит гипотезой. Оценка мощности области достоверного диагноза в универсуме состояний при этом оказывается низкой.

Сказанное, разумеется, не означает, что все методы проверки неисправностей определенного класса плохи. Оно означает лишь, что требуется дополнительное обоснование выбора того или иного класса, за счет которого достоверность метода диагностирования может быть приемлемо высокой. Например, может идти речь о методах и стратегиях, доказательных в вероятностном смысле [2]. Поскольку действующая норма проверки неисправностей определенного класса не требует таких обоснований, ее можно рассматривать как скрытый источник недостоверности диагностирования реальных объектов.

Подчеркнем, что такого рода постановки задач идентификации, опирающиеся на допущения, которые не легко проверяемы, теоретически корректны. Более того, они могут играть важную теоретическую роль. Однако они могут оказаться неадекватными для решения практических задач из-за несоответствия априорных моделей объектов свойствам универсума.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные примеры анализа достоверности известных методов идентификации на основе логического подхода, т. е. попытки сформулировать и доказать определенного вида теорему о доказательности рассматриваемого метода, показывают, что таким путем выявляются различные человеческие факторы как объективного, так и субъективного характера (т. е. зависящие от конкретных людей), которые препятствуют обеспечению достоверности результатов.

К значимым человеческим факторам, по оценке автора, относятся не только индивидуальные знания людей, более или менее достоверные, но и некоторые нормы, действующие на практике и в отдельных научных направлениях, которые затушевывают проблему достоверности.

Анализ различных примеров, не представленных в статье, показывает, что целый ряд специфических проблем, связанных с человеческими факторами, возникает при переходе от сравнительно простых задач идентификации, поддающихся четкому логико-математическому описанию, к задачам с нечеткими “параметрами”: отношением идентификации, универсумом, методом. Предлагаемая формализация выявляет их нечеткость, не позволяющую говорить о достоверности.

Логический подход к анализу вопросов достоверности лишь частично приподнимает завесу над проблемой достоверности решений, опирающихся на идентификацию. В частности, имеются мало изученные в контексте решения прикладных задач, но известные в психологии факторы, влияющие на адекватность решений и действующие на стыке применения теоретических знаний и субъективных человеческих решений. Одна из проблем здесь состоит в действии “факторов веры”, которые реально обнаруживаются в решении, по крайней мере, одного класса задач практической идентификации [7]. Дело в том, что достоверность как субъективная уверенность человека в каких-то знаниях зависит как от



объективной достоверности, так и от влияния психологических факторов, изменяющих уверенность<sup>8</sup>. (Именно так действуют различные нормы.) В рамках логического подхода, использующего традиционные логические средства, которые ориентированы на объективные знания, отсутствуют средства учета такого рода фактов. Для них нужен специальный формализм, включающий идеи рефлексии.

Однако уже тех факторов, которые обнаруживаются при анализе вопросов достоверности на основе логического подхода, достаточно, чтобы прийти к следующему выводу. Многие теоретические методы идентификации, а значит, и методы, опирающиеся на идентификацию, сами по себе, только за счет теоретических средств обоснования методов, в общем случае, не могут обеспечить достоверности решения практических задач. Это связано с тем, что наука в своих моделях и методах нередко опирается на общие допущения об универсумах изучаемых реальных объектов, которые не имеют подтверждения, или допущения, справедливость которых предполагается зависимой от объекта приложения. Применение таких методов на практике оказывается нормой, хотя и вынужденной. Проблема достоверности результатов решения задач, в значительной мере, лежит между реальным миром и теоретическими знаниями, и посредником между ними является человек.

Исследовательская проблема состоит в том, как при таких условиях обеспечивать приемлемую достоверность при решении конкретных практических задач, когда требования достоверности действительно значимы. Подход к выявлению факторов недостоверности — это лишь начальный шаг в решении этой проблемы.

Таким образом, важные методологические выводы, к которым приводит данная работа, и которые могут повлиять на направление поисков, таковы.

- Вопрос об обеспечении достоверности результатов применения теоретических методов идентификации, недоказательных или недостаточно достоверных в общем случае, не может решаться только средствами соответствующих теорий — по крайней мере, часть проблемы лежит за пределами этих теорий.
- При недостаточной достоверности метода в общем случае достоверность может обеспечиваться или, по крайней мере, повышаться для частных случаев вплоть до единичных практических задач.

<sup>8</sup> “Следует различать объективную (общеобязательную) достоверность знания и субъективную, внутреннюю уверенность, которая может играть большую роль в практической деятельности человека” [8].

- Применение методов и стратегий тестирования объектов, построенных с применением теоретических методов, использующих идентификацию, с целью повышения достоверности конечных результатов, в общем случае, ограничено возможностями методов тестирования как методов идентификации.

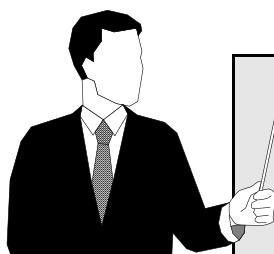
По мнению автора, поиск более адекватных подходов к проблеме достоверности идентификации и качеству решений, принимаемых на ее основе, должен включать в себя более углубленное и разностороннее изучение процессов внедрения научных знаний в практическую деятельность и инвентаризацию идей, накопленных в разных областях. В связи с этим хотелось бы выразить солидарность с авторами статьи [1], рассматривающих в качестве конечной цели создание “методологии идентификации”, “методологии практического применения математического аппарата теории управления”, которые должны охватывать не только применение формальных методов, но и поиск, и принятие решений человеком, и текущее управление процессом идентификации. Именно в рамках таких методологий и должен решаться практически значимый вопрос о снижении рисков из-за недостоверности принимаемых решений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Идентификация систем и задачи управления: на пути к современным системным методологиям / И. В. Прангшивили, В. А. Лотоцкий, К. С. Гинсберг, В. В. Смоляников // Проблемы управления. — 2004. — № 4. — С. 2—15.
2. Abramova N. A. On Proving Testing Strategies // Technical Diagnostics 89. The House of Technology. Prague, 1989. — Part 1. — P. 232—236.
3. Абрамова Н. А. Об одном подходе к оценке достоверности стратегий тестирования правильности программ // Надежность. — 2002. — № 3.
4. Поиск подходов к решению проблем / И. В. Прангшивили, Н. А. Абрамова, В. Ф. Спиридов и др. — М.: Синтег, 1999. — 284 с.
5. Howden W. E. Reliability of the Path Analysis Testing Strategy // IEEE Trans. on SE. — 1976. — Vol. SE-4, Sept. — P. 208—214.
6. Tai K. C. Program Testing Complexity and Test Criteria // Ibid. — 1980. — Vol. SE-6, N 6. P. 531—538.
7. Абрамова Н. А. О некоторых мифах в оценке качества программного обеспечения // Надежность. — 2004. — № 1.
8. Советский энциклопедический словарь. — М.: Советская энциклопедия, 1980.

☎ (095) 334-92-09

E-mail: abramova@ipu.ru



*Читайте в номере 1/2006*

**Эпштейн В.Л.** Как ускорить научно-технический прогресс России в постиндустриальном мире.



УДК 007(061.3)

# СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ИДЕНТИФИКАТОРОМ.

## Ч. I

А. Л. Бунич

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова, г. Москва

Дан анализ исследований по дискретным стохастическим системам с идентификатором, используемым для решения задач проектирования и обслуживания систем управления в условиях неполной априорной информации об объекте и характеристиках внешних возмущений. Рассмотрены вопросы о месте идентификационного (непрямого) подхода среди альтернативных методик синтеза с учетом сложности вычислительной реализации алгоритмов и проблемы предельно достижимого быстродействия идентификатора.

### ВВЕДЕНИЕ

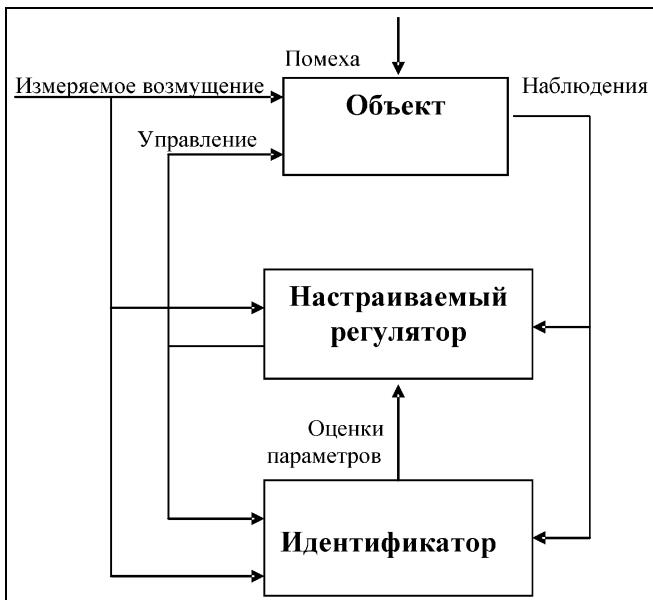
В классической теории регулирования рассматриваются методы синтеза систем управления в условиях достаточно полной априорной информации о характеристиках объекта. При более реалистичной, ориентированной на запросы приложений постановке задачи проектирования устранение дефицита априорной информации становится самостоятельной проблемой. Частично дефицит информации преодолевается уже на этапе проектирования при построении модели объекта управления. Если выборка наблюдений достаточно велика, а оценки параметров объекта состоятельны, то неточность модели несущественна. Однако высокая стоимость измерений и потери качества в период накопления информации, а также параметрический дрейф объекта на больших временных интервалах лимитируют объем выборки наблюдений. В этих условиях применение традиционного двухэтапного подхода с разделением во времени этапов проектирования и эксплуатации не обеспечивает выполнения требований к качеству и надежности проектируемой системы.

**Пример 1.** Цель управления состоит в стабилизации скалярного объекта  $x_{t+1} = 9x_t + u_t + v_{t+1}$ ,  $x_0 = 0$  с неизвестным параметром  $\vartheta \in [-L, L]$ ,  $L > 0$  — заданная константа, управлением  $u_t$  и белошумным возмущением  $v_t$ . Замкнем объект некоторым П-регулятором  $u_t = -kx_t$ , по наблюдениям  $x_1^N = (x_1, \dots, x_N)$  с фиксированным объемом выборки  $N$  сформируем оценку параметра  $\vartheta_N = \vartheta_N(x_1^N)$  и расчетный регулятор определим законом  $u_t = -\vartheta_N x_t$ ,  $t > N$ . Устойчивость замкнутой системы, т. е. накрытие точки  $\vartheta$  случайным интервалом  $(\vartheta_N - 1, \vartheta_N + 1)$ , представляет собой статистическую гипотезу, принятие которой сопряжено с ошибками первого и второго рода.

В предположении состоятельности оценки параметра  $\lim_{T \rightarrow \infty} P_{\vartheta, T} = 1$ , где  $P_{\vartheta, T}$  — вероятность накрытия, т. е. для любого коэффициента доверия  $\chi \in (0, 1)$  при  $T > N^*$  выполняется неравенство  $P_{\vartheta, T} \geq \chi$ , где порог  $N^*$  зависит от оцениваемого параметра, значения  $\chi$ , неизвестного распределения возмущения и алгоритма оценивания. С другой стороны, надежное функционирование системы требует выполнения неравенства  $P_{\vartheta, N} \geq \chi$  для фиксированных значений  $N$ ,  $\chi$  и, очевидно, в рамках двухэтапного подхода проблема надежного функционирования системы управления не решается. ♦

Разумеется, проблема надежности лишь обостряется для более содержательных задач проектирования многомерных систем в условиях помех измерений с более сильными целями синтеза. На практике недостатки двухэтапного подхода преодолеваются периодической перенастройкой регулятора, т. е. реально процессы проектирования и эксплуатации не разделены во времени.

Альтернатива двухэтапному подходу состоит в функциональном разделении процессов оценивания и формирования управления (рисунок). Система управления включает в себя автономный блок (*идентификатор*), вычисляющий в реальном времени оценки параметра объекта по наблюдениям, и являющийся управляющим по отношению ко второму блоку — настраиваемому регулятору. Идея применения беспоисковых идентификаторов, корректирующих оценки параметров по ошибке прогноза выхода объекта, высказывалась еще в 1950-е гг. [1]. Замкнутую систему можно представить как обобщенный настраиваемый объект (комплекс “объект — настраиваемый регулятор”), управляемый идентификатором. Обоснование алгоритма идентификатора опирается на концепцию “медленной адаптации” [2] с разделением движений на медленные (в алгоритме идентификатора с малым шагом) и быстрые, обусловленные воздействием координатных возмущений, а при иссле-



Система управления с идентификатором

довании сходимости алгоритм идентификатора заменяют упрощенной моделью, полученной его усреднением относительно быстрых переменных.

Зависимость настроек регулятора от параметра объекта определяется при синтезе основного контура управления, а идентификатор выполняет роль датчика параметрических возмущений объекта. Суть идентификационного подхода к задаче синтеза заключается в применении в законе управления вместо неизвестного параметра объекта эмпирических оценок, вычисляемых идентификатором на соответствующих тактах. Один из возможных подходов к задаче синтеза систем с идентификатором состоит в применении “переплетенных” стратегий, когда настройки регулятора “замораживаются” на циклах идентификации с коррекцией в конце цикла.

Идентификатор и сам по себе может быть иерархической системой для разнотемповых параметрических возмущений объекта. Основной контур может проектироваться на основе принципа управления по возмущению, когда идентификатор применяется для настройки компенсатора [3].

Идентификационный подход к задаче синтеза регулятора называют также *непрямыми*, в отличие от прямого подхода, когда настраивается не модель объекта, а непосредственно коэффициенты регулятора. В отличие от альтернативных схем системы с идентификатором более универсальны. Идентификатор в качестве датчика параметрических возмущений может применяться для решения ряда важных задач обслуживания систем управления, например, для диагностики медленных параметрических отказов.

Фиксация структуры системы с разделением процессов оценивания параметров и формирования управлений для упрощения вычислительной реализации алгоритмов синтеза служит класс допустимых стратегий управления, и проблема компромисса между приемлемыми потерями

качества и сложностью вычислительной реализации одна из центральных в современной теории управления. По классификации Саридиса системы управления с идентификатором относятся к классу самоорганизующихся систем с параметрической адаптацией. Одна из первых промышленных систем с идентификатором для управления трубопрокатным агрегатом была внедрена в 1967 г. Идентификатор в цепи обратной связи по стабилизируемому выходу использовался для настройки компенсатора наблюдаемых возмущений линейного статического объекта [3]. Обоснование идентификационного подхода к задаче синтеза систем управления динамическими объектами потребовало преодоления значительных технических трудностей, и первые результаты в этой области были получены лишь к началу 1980-х гг.

Выбор алгоритма идентификатора должен обеспечить компромисс между помехоустойчивостью и качеством отслеживания. В ряде случаев, например, когда дрейф параметров линейного объекта с конечно зависимой помехой описывается линейным разностным уравнением с известными коэффициентами и неизвестными начальными данными, можно построить алгоритмы состоятельного оценивания расширенного вектора параметров, включающего в себя постоянные параметры порождающего возмущение фильтра и отслеживаемые параметры [4]. Если дрейф описывается моделью с шумом, то алгоритм идентификатора можно конструировать по типу фильтра Калмана. В более типичной для приложений ситуации квазистационарных объектов динамикой дрейфа пренебрегают, считая, что высокая скорость затухания переходных процессов в идентификаторе для стационарного объекта свидетельствует о его работоспособности и в условиях медленного дрейфа. В любом случае проблема качества переходных процессов в идентификаторе является центральной и может рассматриваться в контексте общей задачи оптимизации в условиях помех.

Если градиент гладкой выпуклой функции  $\varphi(\theta)$ ,  $\theta \in R^n$ , измеряется без помех, то для решения задачи выпуклого программирования  $\varphi(\theta) \rightarrow \inf$ ,  $\theta \in R^n$ , можно применять алгоритмы с экспоненциальной и в ряде случаев даже конечной сходимостью [5]. Существенно иная ситуация возникает, когда измерение градиента целевой функции сопровождается помехами. Пусть, например,  $\varphi(\theta) = (\theta - \theta^*)^2/2$ ,  $\theta \in R^1$ , и на каждом такте  $t$  в точке  $\theta_t$  результат измерения производной  $y_t = \theta_t - \theta^* + v_{t+1}$  где помеха  $\{v_t\}$  — центрированная последовательность независимых случайных величин с общей плотностью распределения  $p_v$ ,  $\theta^*$  — неизвестный параметр. При некоторых условиях регулярности плотности распределения  $p_v$  порядок скорости сходимости  $E(\theta_T - \theta^*)^2 = o(T^{-1})$  относительно объема выборки наблюдений  $T$  недостижим, а предельно достижимая скорость сходимости в рассматриваемой и более общей регулярной задаче оценивания (многомерного параметра нелинейного объекта) определяется нижней границей информационного неравенства [6]. Достаточно низкий (по сравнению с оптимизацией при отсутствии помех) “барьер быстродействия” характерен и для широкого класса задач идентификации и адаптивного управления. Например, для объекта из примера 1 можно построить идентификатор



и настраиваемый регулятор  $u_t = -\vartheta_{t-1}x_{t-1}$  где  $\vartheta_{t-1}$  — оценка параметра на такте  $t-1$ , обеспечивающие предельную оптимальность стратегии в смысле соотношения  $\lim_{t \rightarrow \infty} E_\vartheta x_t^2 = Ev_t^2$  и неулучшаемую оценку скорости затухания переходного процесса в системе управления:

$$T^{-1} \sum_{t=1}^T E_\vartheta (x_t - v_t)^2 = O(\ln T / T) \text{ (более точная оценка предельной скорости переходных процессов приведена в работе [7, с. 287])}$$

для задачи отслеживания эталонного сигнала многомерным авторегрессионным объектом  $a(\nabla)y_t = u_{t-1} + v_t$ ,  $a(0) = I_n$ , достижимые нижние границы качества переходного процесса в замкнутой системе получены в работе [8]. Таким образом, для широкого класса возмущений барьер быстродействия ограничивает предельно достижимое качество управления независимо от выбора конкретного алгоритма идентификатора.

Плата за универсальность систем с идентификатором состоит в их избыточности по отношению к целям синтеза, достижимыми и для более простых неидентифицирующих стратегий. Например, состоятельный оценивание настроек оптимального регулятора в системах, синтезированных на основе прямого подхода, обеспечивает предельную оптимальность стратегии управления, в то время как для типичной в приложениях ситуации, когда разностный порядок объекта выше порядка регулятора, проверка условий идентифицируемости объекта в замкнутом контуре достаточно затруднительна. Кроме того, реализация алгоритма идентификатора более громоздка и требует, вообще говоря, специальных мер обогащения спектра процесса управления. Возможны и альтернативные методы синтеза с частичным устранением неопределенности объекта, например, на основе “функциональной идентификации”, обеспечивающей близость выходов объекта и модели при одинаковых входах и реализуемой конечно-сходящимися алгоритмами решения рекуррентных целевых неравенств. Наконец, можно полностью отказаться от снижения неопределенности объекта, заданной в интервальной форме, ограничившись наиболее слабой стабилизационной целью, и используя дискретные аналоги известной теоремы В. Л. Харитонова. Идейно такой подход близок к известной проблеме Айзermana об абсолютной устойчивости системы Лурье в гурвицевом угле и ее обобщению — работе об абсолютной устойчивости [9]. Отметим, что теорема Харитонова не имеет прямого дискретного аналога (известны контрпримеры для систем четвертого порядка) и, кроме того, интервальная форма задания неопределенности адекватна лишь по отношению к физическим параметрам объекта с заданными допусками. Самостоятельной проблемой являются и значительные вычислительные затраты, например, задача построения стабилизирующего регулятора заданной структуры.

Универсальность идентификационного подхода и возможность его реализации в системах реального времени с использованием рекуррентных стохастических процедур оценивания стимулировала интенсивные исследования в этой области, и в настоящее время число публикаций по этой тематике составляет многие тыся-

чи. Тем не менее, несмотря на значительный прогресс в решении частных проблем идентификации, связанных преимущественно с исследованием сходимости алгоритмов оценивания, остро стоит вопрос об области применимости идентификационного подхода в целом и его месте среди альтернативных схем синтеза систем управления.

Несмотря на запросы приложений, высокие требования к современным системам автоматического управления и прогресс в элементной базе и теоретических разработках, доля простых регуляторов с постоянными настройками среди реально действующих систем управления неоправданно высока. Настоящая статья адресована широкому кругу инженеров и научных сотрудников, интересующихся проектированием и обслуживанием систем прямого цифрового управления объектами с параметрической неопределенностью. В ней отсутствуют “строгие” формулировки условий оптимальности стратегий управления и сходимости алгоритмов идентификации, что в определенной степени является ее недостатком. Вместе с тем отметим, что такие формулировки имеют характер достаточных условий, причем разрыв между достаточностью и необходимостью часто объясняется не существом проблемы, а техникой доказательств. Кроме того, ограничения на класс адаптивности (включая, например, условия регулярности распределений возмущений и вещественной положительности порождающего фильтра) часто неадекватны прикладным задачам синтеза и проверка их выполнения сама по себе является сложной проблемой. Перечисленные трудности, а также ориентация идентификационного подхода преимущественно на линейные номинальные модели привели за последние 10–15 лет к ослаблению интереса специалистов по автоматическому управлению к работам по данной тематике, что особенно заметно на фоне резкого роста числа публикаций по методам синтеза нелинейных систем и нейросетевым моделям.

Статья не претендует на универсальность охвата тематики и не является обзором публикаций по идентификации, исчисляемых многими тысячами. Многие частные вопросы построения и исследования сходимости различных алгоритмов идентификации и многочисленные примеры применения идентификационного подхода в приложениях подробно рассматриваются в материалах последних конгрессов и специализированных симпозиумов ИФАК по идентификации, регулярно проводимых Институтом проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН конференциях “Идентификация систем и задачи управления” и симпозиумов “Теория адаптивных систем” в Санкт-Петербурге, а также в работах, приведенных в библиографическом списке в конце статьи.

#### Принятые сокращения:

- п. ф. — передаточная функция;
- д. р. ф. — дробно-рациональная функция (без полюсов в замкнутом единичном диске) над полем вещественных чисел (устойчивая);
- с. в. — случайная величина;
- п. н. — почти наверное;
- $\nabla$  — оператор задержки на такт.



## 1. ОПТИМАЛЬНЫЕ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ИХ АППРОКСИМАЦИЯ

Если параметры объекта представляют собой с. в. с известным распределением, то задачу синтеза можно сформулировать для объекта с расширенным состоянием, интерпретируя вычисление апостериорных распределений параметров относительно наблюдений как “изучение объекта”. Естественно ожидать, что для задач синтеза с большим горизонтом управления вычислительно менее затратная идентификационная стратегия аппроксимирует оптимальную при существенно более слабых требованиях к необходимому объему априорной информации.

Как известно, оптимальные системы классифицируются в зависимости от способов использования информации о неопределенности объекта при формировании управления, и задача оптимизации стратегии рассматривается для каждого из этих классов [10]:

- 1) системы без обратной связи (системы программного управления);
- 2) системы с *пассивной* обратной связью (“разомкнутой обратной связью” по классификации Дрейфуса и Цзе);
- 3) системы дуального управления (с активной обратной связью, используемой для снижения неопределенности объекта).

Ко второму классу относятся, например, линейно-квадратичные гауссовы (ЛКГ) системы. С другой стороны, можно привести простые примеры объектов, не являющихся нейтральными по А. А. Фельдбауму, для которых оптимальная стратегия определяется теорией дуального управления [11]. Активность обратной связи проявляется, например, при управлении наблюдениями с целью снижения будущих рисков из-за неустранимой неопределенности объекта (риска действия), в то время как для нейтральных систем расширение класса стратегий управления не приводит к уменьшению суммарного риска действия и изучения. В системах третьего класса оптимальная стратегия минимизирует суммарный риск действия (издержек на текущем такте) и изучения (суммарных издержек на последующих тактах), являясь по А. А. Фельдбауму направляющей и в известной степени изучающей.

Фиксация структуры системы с автономизацией оценивания и формирования управлений аналогично теореме разделения для ЛКГ систем (по типу структуры, представленной на рис. 1) упрощает вычислительную реализацию алгоритмов синтеза, но одновременно сужает класс стратегий, причем в более узком классе стратегий глобальный минимум функционала издержек, вообще говоря, не обеспечивается. С другой стороны, можно привести примеры простых линейных объектов, для которых оптимальная стратегия управления не обязательно обладает идентифицирующим свойством.

**Пример 2.** Скалярный объект с белошумным возмущением  $v^\infty$  описывается уравнением  $y_t = \vartheta(\nabla)(u_{t-1} - y_{t-1}) + v_t$ ,  $\vartheta(z) = \vartheta_0 + \vartheta_1 z + \dots + \vartheta_n z^n$ , с. в.  $v_t$ ,  $\vartheta = \text{col}(\vartheta_1, \dots, \vartheta_n)$  независимы в совокупности с известными гаус-

совыми плотностями распределений, начальные данные фиксированы. Независимо от выбора неупреждающей стратегии  $Ey_t^2 \geq E v_t^2$ ,  $t > n$ , равенство выполняется для неидентифицирующего селектора  $u_t = y_t$ . Для построения идентифицирующей стратегии используем обратную связь  $u_t = y_t + e_t$ , рандомизированную независимым от возмущения измеряемым белошумным сигналом  $e^\infty$ ,  $e_t \sim N(0, \sigma^2)$ . Идентификация сводится к стандартной задаче оценивания параметров объекта  $y_t = \vartheta(\nabla)e_{t-1} + v_t$ . Так как  $Ey_t^2 - Ev_t^2 = \sigma^2 E\|\vartheta\|^2$ , то для устранения потерь качества из-за рандомизации необходимо использовать тестовые сигналы с достаточно медленно уменьшающейся мощностью, обеспечивающей выполнение идентифицирующего свойства. ♦

Зависимость темпа накопления информации от выбора стратегии управления характерна и для статических объектов с мультиплексивным вхождением неопределенности.

**Пример 3** [11, с. 426 — 434]. Объект  $y_t = x_t + v_t$ ,  $x_t = \vartheta u_t$  с независимыми гауссовыми белошумным возмущением  $v_t$  и случайным коэффициентом усиления  $\vartheta$ , плотности распределения которых известны. Качество отслеживания известного детерминированного задающего воздей-

ствия  $x_t^*$  определяется критерием  $T^{-1} \sum_{t=0}^T E(\vartheta u_t - x_t^*)^2$ .

Апостериорное распределение параметра гауссово  $p_\vartheta(\cdot | y^t, u^t) \sim N(m_r, \sigma_r)$  с рекуррентно вычисляемыми по наблюдениям  $(y^t, u^t)$  достаточными статистиками  $m_r, \sigma_r$ . Оптимальный закон управления имеет вид  $u_t^{\text{opt}} = u_t^{\text{opt}}(m_{t-1}, \sigma_{t-1}, x_t^*, T-t)$ . Вычисление функций в правой части требует привлечения численных методов. ♦

Свойство нейтральности, в частности, приводимости системы к эквивалентной разомкнутой, значительно упрощает процедуру синтеза.

**Пример 4** [11, с. 410—414]. Объект с аддитивной неопределенностью  $y_t = x_t + v_t$ ,  $x_t = \vartheta + u_t$ , где гауссова с. в.  $\vartheta$  независима относительно белошумной гауссовой помехи измерения  $v^\infty$ , качество управления определяется

функционалом  $\vartheta_T = T^{-1} \sum_{t=0}^T E(x_t - x_t^*)^2$  с детерминиро-

ванным ограниченным задающим воздействием  $x_t^*$ ,  $t = 1, 2, \dots, T$ . Оптимальная стратегия порождается обратной связью  $u_t = x_t^* - \vartheta$ ,  $t > 0$  с байесовской оценкой

параметра  $\vartheta_t = (t + \sigma_v^2 / \sigma_\vartheta^2)^{-1} \sum_{k=0}^{t-1} (y_k - u_k)$ . В рамках

структуре (см. рис. 1) аппроксимирующую стратегию можно получить заменой  $\vartheta_t$  выборочным средним, либо любой другой состоятельной рекуррентной оценкой, вычисление которой не использует значений дисперсий  $\sigma_v^2, \sigma_\vartheta^2$ . Очевидно, способ аппроксимации существенно влияет на качество переходного процесса. Однако для



больших выборок различия в качестве управления пре-небрежимы и резко ослабляются требования к объему априорной информации о распределениях параметра и помехи. Кроме того (для негауссовых распределений), процедура вычисления байесовской оценки сложна и не допускает, вообще говоря, рекуррентного представления. ♦

Перейдем к рассмотрению более общей ситуации, когда объект и измеритель описываются уравнениями

$$\begin{aligned} X_{t+1} &= f(X_t, u_t, \vartheta) + v_t, \quad t = 0, \dots, T-1, \quad X_0 = v_0, \\ Z_t &= g(X_t, \vartheta) + w_t, \quad t = 0, \dots, T. \end{aligned} \quad (1)$$

Все переменные и параметр объекта  $\vartheta \in \Lambda$ , где  $\Lambda$  — априорно заданное множество неопределенности, принимают значения в евклидовых пространствах соответствующих размерностей:  $X_t$  — состояние,  $Z_t$  — измеряемый выход,  $u_t$  — управление,  $v_t$  и  $w_t$  — неизмеряемые возмущения в объекте и канале наблюдения, функции  $\{f_t\}_{t=0}^{T-1}$  и  $\{g_t\}_{t=0}^T$  известны,  $T$  — горизонт управления. Независимые в совокупности системы с. в.  $\{v_t, w_t, \vartheta\}$  имеют распределения с известными независимыми от  $t$  плотностями.

Используемые при формировании управлений обратные связи  $u_0 = U_0(Z_0, e_0)$ ,  $u_t = U_t(u_0^{t-1}, Z_0^t, e_0^t)$ ,  $t = 1, 2, \dots, T$  могут быть рандомизированы измеряемым тестовым сигналом  $e_t$  (обычно предполагается, что с. в.  $e_t$  независима относительно системы с. в.  $\{v_t, w_t, \vartheta\}$ ). Последовательность борелевских функций  $\{U_t(u_0^{t-1}, Z_0^t, e_0^t)\}_{t=0}^T$  называется стратегией управления  $U_0^T(\cdot)$ . Класс стратегий  $U$  содержит, в частности, нерандомизированные стратегии (селекторы), порожденные обратными связями  $u_0 = U_0(z_0)$ ,  $u_t = U_t(u_0^{t-1}, Z_0^t)$ ,  $t = 1, 2, \dots, T$ . Фиксация стратегии  $U_0^T(\cdot)$  порождает в силу уравнения объекта (1) управляемый случайный процесс  $\{X_t\}_{t=0}^T$  в соответствующем вероятностном пространстве с некоторой стратегической вероятностной мерой и математическим ожиданием относительно этой меры  $E_{U_0^T}$  (далее для фиксированной стратегии символ  $E$  не индексируется). Качество управления определяется показателем (функционалом средних издержек)

$$I_T[U_0^T(\cdot)] = T^{-1} \sum_{t=1}^T J_t, \quad J_t = EQ_t(X_t, u_{t-1}, \vartheta) \quad (2)$$

с заданными неотрицательными выпуклыми функциями потерь  $Q_t(\cdot)$  (на каждом такте  $t$  математические ожидания по предположению существуют и ограничены). Стратегия  $U_0^T(\cdot) \in U$ ,  $I_T[U_0^T(\cdot)] = \inf_{V_0^T \in U} I_T[V_0^T(\cdot)]$  называется оптимальной.

В задачах с бесконечным горизонтом ( $T \rightarrow \infty$ ) цель оптимизации формулируется по отношению к предельным показателям качества

$$I_\infty[U_0^\infty(\cdot)] = \limsup_{T \rightarrow \infty} T^{-1} \sum_{t=1}^T J_t^*, \quad (3)$$

где  $J_t^* = J_t$  для задач с ансамблевым усреднением (безусловным функционалом) и  $J_t^* = Q_t(X_t, u_{t-1}, \vartheta)$  для случайногого функционала, который при фиксированной стратегии зависит от реализаций совокупного возмущения  $(v_0^\infty, w_0^\infty, e_0^\infty)$ . В последнем случае в классе  $U$  вводится частичный порядок, определяемый выполнением для сравниваемых стратегий  $U_0^\infty(\cdot)$  и  $\bar{U}_0^\infty(\cdot)$  неравенства  $I_\infty[U_0^\infty(\cdot)] \geq I_\infty[\bar{U}_0^\infty(\cdot)]$  с вероятностью единица и стратегия  $\bar{U}_0^\infty(\cdot)$  оптимальна, если неравенство выполняется при любой стратегии  $U_0^\infty(\cdot)$ . Используются также и предельные функционалы (3) с условным усреднением относительно предыстории.

Задачи с предельными функционалами можно интерпретировать как оптимизацию установившегося (стационарного) режима функционирования системы, поскольку функционал (3) не зависит от переходных процессов, и отказ от управления переходными процессами относится к издержкам асимптотического подхода. Отметим в этой связи, что в рамках асимптотического подхода оптимальные стратегии можно классифицировать по качеству переходного процесса, когда предельные возможности системы управления определяются нижними границами информационных неравенств [8, 12]. В частности, для скалярного авторегрессионного объекта  $a(\nabla)y_t = u_{t-1} + v_t$ ,  $a(0) = 1$ , с выходом  $y_t$  управлением  $u_{t-1}$  и возмущением  $v_t$  качество переходных процессов определяется скоростью сходимости средних в условии предельной оптимальности  $\lim_{T \rightarrow \infty} T^{-1} \sum_{t=1}^T E_{U_0^\infty} \delta_t^2 = 0$ ,  $\delta_t = y_t - v_t$ . Аналогичное определение распространяется и на объекты  $y_t = f(y_{t-1}) + u_{t-1} + v_t$  с непараметрической нелинейностью  $f$  из гельдеровского класса  $F$  когда ошибка стабилизации  $\delta_t = u_{t-1} - f(y_{t-1})$  интерпретируется как ошибка оценивания неизвестной характеристики  $f$  в точке  $y_{t-1}$  и оценкой является управление  $u_{t-1}$ . Минимаксная нижняя граница среднеквадратической ошибки стабилизации характеризует предельно достижимое качество переходных процессов, равномерно не улучшаемое по классу  $F$  для любых реализуемых стратегий, удовлетворяющих условию равномерной устойчивости  $\sup_{t>0} \sup_{f \in F} E_{f, U_0^\infty(\cdot)} y_t^2 < \infty$  [12]. Для построение стратегии с асимптотически достижимой нижней границей используется идентификатор, вычисляющий непараметрические оценки характеристики  $f$  по наблюдениям  $y_0^\infty$ , и настраиваемый регулятор с экспоненциально растущим временным интервалом между коррекциями.



Издержки асимптотического подхода окупаются преодолением “априорной трудности” — зависимости стратегии управления от априорного распределения параметра объекта. Устранение этой априорной трудности обеспечивается возможностью применения различных идентификационных процедур при формировании стратегии. Очевидно, для задач оптимизации (1), (3) необходимо дополнительное ограничение на класс стратегий управления  $U$  обеспечивающее устойчивость (в вероятностном смысле) замкнутой системы. Так, например, для неминимально-фазового объекта оптимальная стратегия в задаче (1), (2) уже не является допустимой в задаче (1), (3) с бесконечным горизонтом. В связи с возможным применением при решении задачи синтеза идентификационных процедур и рандомизирующих управление тестовых воздействий определения класса  $U$  будут различными в зависимости от того, используется ли в этих определениях операция ансамблевого усреднения (аналогичное замечание относится и к определениям оптимальных стратегий для функционала (3) с усреднением и без усреднения).

Если уравнение (1) не содержит неизвестных параметров, то задача (1), (2) представляет собой задачу стохастического оптимального управления. К редким исключениям относятся ЛКГ системы, когда оптимальная стратегия определяется в явной форме. При фиксации некоторого селектора апостериорное распределение состояния ЛКГ системы асимптотически нормально,  $p_X(X_t|Z^{t-1}) \sim N(m_{t-1}, P_{t-1})$  с рекуррентно вычисляемыми достаточными статистиками  $(m_{t-1}, P_{t-1})$ , причем условные ковариации  $P_{t-1}$  не зависят от наблюдений и в силу условной нормальности аналогичное утверждение справедливо и для энтропии апостериорного распределения состояний. Именно свойство нейтральности упрощает вычислительную реализацию байесовской стратегии для задачи синтеза (1), (2), которая для ЛКГ систем определяется в явной форме теоремой разделения.

Задача (1), (2) сводится к задаче стохастического оптимального управления объектом с расширенным состоянием  $x_t = \text{col}(X_t, \vartheta)$ . Такая задача решается комбинацией алгоритма динамического программирования (ДП) и алгоритма фильтрации частично наблюдаемого процесса  $(x^t, Z^t)$ , причем в процессе решения устанавливается достаточность класса селекторов для формирования оптимальной стратегии [11, 13]. Сложность вычислительной реализации ДП (“проклятие размерности”) еще более обостряется переходом к расширенному объекту и, например, линейный объект (1) с *неопределенным* параметром является *нелинейным* относительно расширенного состояния. Проблема вычислительной реализации достаточно сложна и для первоначально рассмотренной А. А. Фельдбаумом задачи дуального управления статическими объектами, поскольку на каждом такте  $t$  необходимо учитывать не только риск

действия  $J_t$  но и риск изучения,  $\sum_{k=t+1}^T J_k$ . Алгоритм ДП

основан на построении функции Беллмана — минимальных издержек, которые можно получить на временном интервале  $(t+1, \dots, T)$  при фиксированной пре-

дыстории, и включает в себя следующие шаги: вычисление апостериорных средних издержек относительно прошлых наблюдений, определение нижней грани средних издержек относительно управления и определение селектора, отображающего наблюдения в то управление, при котором достигается нижняя грань на втором шаге. На первом шаге с использованием формулы Байеса  $P_{x_{t+1}, u_t}(dx_{t+1}, du_t | Z^t, u^{t-1}) = P_{x_{t+1}}(dx_{t+1} | Z^t, u^t) P_{u_t}(du_t | Z^t, u^{t-1})$  вычисляются распределения состояний  $x_{t+1}$  относительно фиксированной предыстории  $(Z^t, u^{t-1})$ , поэтому формируемую стратегию называют байесовской.

Помимо “априорной трудности” и вычислительных затрат необходимо отметить важный для проектировщика вопрос *интерпретации* алгоритма в терминах структурных схем, предполагающей определенную иерархию связей в проектируемой системе. Кроме того, необходимо согласовать операцию перехода к нижней грани на втором шаге с условием измеримости селектора, поскольку уравнение Беллмана включает операцию условного усреднения. Наконец, рассмотренная схема ДП неприменима для задач с бесконечным горизонтом. С учетом перечисленных трудностей актуальность идентификационного подхода к задаче синтеза достаточно очевидна.

## 2. АСИМПТОТИЧЕСКИ ОПТИМАЛЬНЫЕ СТРАТЕГИИ И СИСТЕМЫ С ИДЕНТИФИКАТОРОМ

По А. А. Фельдбауму в оптимальных системах с активным накоплением информации снижение неопределенности объекта проявляется в локализации апостериорных плотностей распределения параметра  $p_\vartheta(\cdot | Z^T)$  в окрестности его истинного значения [11]. С другой стороны, независимо от идентифицирующего свойства стратегии, байесовские оценки асимптотически (относительно объема выборки наблюдений  $T$ ) инвариантны к априорному распределению параметра из достаточно широкого класса таких распределений. Естественно возникает вопрос о полноте устранения неопределенности начального описания объекта или, в более общей постановке, об идентифицирующем свойстве оптимальных стратегий.

Предположим, что в классе селекторов построена некоторая оптимальная (в смысле предельного функционала (3)) стратегия  $U_0^\infty$ , и введем мартингал  $M_T = E[\varphi(\vartheta)|Z^T]$ , где  $\varphi(\vartheta)$  — произвольно равномерно непрерывная функция параметра. По теореме П. Леви существует предел  $\lim_{t \rightarrow \infty} M_t = M_\infty$  п. н., но локализация апостериорных плотностей распределений на истинном значении параметра требует также уменьшения апостериорных дисперсий  $\lim_{T \rightarrow \infty} D[\varphi(\vartheta)|Z^T] = 0$  п. н. Однако, как показывает пример 2, это условие может нарушаться даже для достаточно простых линейных объектов. Примеры неидентифицирующих оптимальных селекторов можно построить и применительно к задаче управления минимально-фазовым объектом с применением в иден-



тификаторе метода наименьших квадратов (МНК), а также для локально оптимальных (в смысле заданной квадратичной целевой функции) стратегий [14]. Нарушение условий идентифицируемости связано с предельным вырождением информационной матрицы при идентификации объекта в замкнутом контуре без рандомизации управления. Вместе с тем, как видно из примера 2, расширение класса стратегий посредством рандомизирующих управление обратных связей, вообще говоря, позволяет строить идентифицирующие оптимальные стратегии управления.

Структуру систем с идентификатором поясним для скалярных линейных объектов (1), где состояние стандартно определяется через скалярные выход  $y_t$  и управление  $u_t$  (для многомерных объектов схема синтеза аналогична). Объект описывается уравнением  $a(\nabla)y_t = b(\nabla)u_t + c(\nabla)v_t$ ,  $a(0) = c(0) = 1$ ,  $\vartheta = \text{col}(-a_1, \dots, -a_n, b_1, \dots, b_n) \in \Lambda$  с обновляющим возмущение процессом с независимыми значениями  $v^{\omega}$ . Предположим, что решена задача синтеза основного контура, и регулятор  $\alpha(\vartheta, \nabla)u_t = \beta(\vartheta, \nabla)y_t$ ,  $\alpha(0) = 1$ ,  $\vartheta \in \Lambda$ , с заданными непрерывными на  $\Lambda$  настройками (коэффициентами операторных полиномов) обеспечивает достижение цели управления независимо от начальных данных и значения параметра  $\vartheta \in \Lambda$ . Такой регулятор порождает стационарный селектор  $U^{\omega}(\cdot)$ , который реализуем для объекта с известным параметром ( $\Lambda = \{\vartheta\}$ ). Если, например, критерием качества является дисперсия установившейся реакции, то для минимально-фазового объекта селектор  $U^{\omega}(\cdot)$  порождается регулятором Острема, однако для неминимально-фазового объекта стратегия, минимизирующая дисперсию ошибки прогноза выхода, недопустима, поскольку цель управления включает в себя требование устойчивости замкнутой системы. Требование допустимости стратегии предполагает определенные ограничения на множество неопределенности объекта, в частности, условие стабилизируемости пары полиномов  $\alpha(\vartheta, z)$ ,  $\beta(\vartheta, z)$ ,  $\vartheta \in \Lambda$ . Возможны и дополнительные ограничения на  $\Lambda$ , обусловленные частичной априорной информацией об объекте (например, когда предполагается, что  $\Lambda$  — заданное компактное выпуклое множество), либо связанные с условиями сходимости конкретных алгоритмов идентификатора, например, условие строгой вещественной положительности полинома  $c(z)$  (*SPR*-условие). Для неопределенных объектов цель управления в классе стационарных линейных стратегий нереализуема, так как настройки регулятора зависят от неизвестного параметра. Введем классификацию стратегий и целей управления применительно к линейным объектам с квадратичной функцией потерь.

Неупреждающая стратегия  $U^{\omega}(\cdot)$  допустима, если независимо от значения параметра  $\vartheta \in \Lambda$  и начальных данных обеспечивается предельная ограниченность (в вероятностном смысле) процессов в замкнутой системе. Допустимая стратегия *реализуема*, если порождающие ее обратные связи не зависят от параметра объекта  $\vartheta \in \Lambda$ . На классе  $U$  допустимых стратегий определим функционал качества управления (3) и положим

$I^* = I^*(\vartheta) = \inf_{U^{\omega}(\cdot) \in U} I[U^{\omega}(\cdot)]$ . Наиболее слабая цель управления (диссипативность по функционалу  $I$ ) состоит в построении реализуемой стратегии  $U^{\omega}(\cdot)$ , для которой  $I[U^{\omega}(\cdot)] \leq CI^*$  с некоторой константой  $C = C(\vartheta) < \infty$ . Субоптимационная цель состоит в выполнении неравенства для  $C \in [1, \rho]$ , где  $\rho$  — уровень субоптимальности,  $\rho > 1$ . Наиболее сильная оптимационная цель синтеза обеспечивается при  $C = 1$ . Все целевые условия выполняются при любом допустимом значении параметра объекта независимо от начальных данных в системе управления, причем для функционала (3) без ансамблевого усреднения все неравенства выполняются п. н. Возможны также локальные цели в форме предельного неравенства  $\limsup_{t \rightarrow \infty} E[Q_t(x_t, u_{t-1}, \vartheta)|y^{t-1}, y^{t-1}] \leq q(\vartheta)$  п. н. с условным усреднением по предыстории,  $x_t$  — состояние на такте  $t$ ,  $q(\vartheta)$  — нижняя грань функционала в левой части неравенства по классу допустимых стратегий.

Применение идентификатора для формирования реализуемой стратегии  $U^{\omega}(\cdot)$ , вообще говоря, не обеспечивает состоятельного оценивания параметра объекта. Если же при любом допустимом значении параметра вычисленная идентификатором оценка состоятельна, то стратегия  $U^{\omega}(\cdot)$  называется *идентифицирующей*.

В качестве алгоритма идентификатора, как правило, применяются различные версии расширенного МНК, в частности, схема Гудвина (упрощенный МНК без операции обращения матрицы). Обогащение спектра процесса управления осуществляется различными схемами рандомизации, в частности, схемой Саридиса—Лоббии (“с возмущением на входе”) и ее модификациями [10, 13]. Основная трудность при установлении идентифицирующего свойства нерандомизированной стратегии — условие постоянного возбуждения (*persistent excitation property*), проверка которого достаточно затруднительна.

В работе [15] для задачи управления минимально-фазовым объектом с белошумным возмущением в качестве алгоритма идентификатора применен МНК. Установлена предельная оптимальность стратегии в смысле сходимости функционала качества регулирования (3) к минимальному значению дисперсии возмущения получена оценка качества переходного процесса, т. е. скорости сходимости временных средних к этому значению.

В работе [13] идентифицирующая стратегия, обеспечивающая оптимизационную цель синтеза для случайного функционала качества (3), в котором  $x_t = \text{col}(y_t, \dots, y_{t-n+1}, y_{t-1}, \dots, y_{t-n+1})$ , порождается настраиваемой обратной связью  $\alpha(\vartheta, \nabla)u_t = \beta(\vartheta, \nabla)y_t + e_t$ , где белошумное рандомизирующее управление тестовое воздействие  $e^{\omega}$  независимо от возмущения в объекте с достаточно медленно убывающей мощностью ( $Ee_t^2 \geq C(\ln t)^{-1}$ ,  $C > 0$ ). Допустимость стратегии понимается в смысле неравенства  $\limsup_{T \rightarrow \infty} T^{-1} \sum_{t=1}^T (y_t^2 + u_t^2) < \infty$ . Рассматривается также задача оптимизации по отношению к функционалу



качества (3) с ансамблевым усреднением. Предполагается, что объект стабилизируется некоторым регулятором  $\alpha_s(\nabla) = \beta_s(\nabla)y_t$  с известными постоянными настройками. Система работает в двух режимах: режиме стабилизации с регулятором  $\alpha_s(\nabla)y_t = \beta_s(\nabla)y_t + e_t$  и режиме оптимизации с регулятором  $\alpha_{\text{opt}}(\vartheta_r, \nabla)y_t = \beta_{\text{opt}}(\vartheta_r, \nabla)y_t + e_t$ , настройки которого являются заданными непрерывными функциями оценок параметра объекта  $\vartheta_r$ , а для вычисления значения  $\vartheta_r$  используется схема Гудвина с проектированием на заданное компактное выпуклое множество  $\Lambda$  допустимых значений параметра. Алгоритм прямых и обратных переключений режимов обеспечивает ограниченность с вероятностью единица режима стабилизации и выполнение оптимизационной цели управления.

Применение рандомизации поясним оцениванием параметра  $\vartheta = \text{col}(-a, \dots, -a_n, b_1, \dots, b_n)$  объекта  $a(\nabla)y_t = b(\nabla)y_t + v_t$ , с ограниченным возмущением  $v^\infty$  в замкнутой системе со стабилизирующим регулятором  $\alpha(\nabla)y_t = \beta(\nabla)y_t + e_t$ ,  $e^\infty$  — рандомизирующий управление измеряемый тестовый сигнал. Используя белошумный сигнал  $e^\infty$ , независимый относительно возмущения в объекте, и размыкая систему по каналам  $e \rightarrow (y, u)$ , получаем задачи идентификации пары устойчивых по выходам  $(y, u)$  объектов  $y_t = H_1(\nabla)e_t + v_t^1$ ,  $g(\nabla)v_t^1 = \alpha(\nabla)v_t$ ,  $u_t = H_2(\nabla)e_t + v_t^2$ ,  $g(\nabla)v_t^2 = \beta(\nabla)v_t$  с общим белошумным входом и п. ф.  $H_1 = bg^{-1}$ ,  $H_2 = ag^{-1}$  ( $g = aa - \beta b$ ). При условии идентифицируемости (несократимости д. р. ф.  $H_{1,2}$ ) эти задачи решаются по стандартной методике. Состоятельное оценивание возможно и для тестовых сигналов с достаточно медленно убывающей мощностью (для исключения потерь качества из-за рандомизации управления), а применение “переплетенных стратегий” позволяет при некоторых дополнительных условиях распространить метод оценивания на объекты в системах с настраиваемыми кусочно-стационарными обратными связями.

В работе [16] рассматривается задача управления линейным объектом (1)  $x_{t+1} = Ax_t + Bu_t + v_{t+1}$  с полностью наблюдаемым состоянием  $x_t$ , управлением  $u_t$ , белошумным возмущением  $v^\infty$ . Тройка  $\vartheta = [A, B]$  наблюдаема, функция потерь в функционале качества (3) без ансамблевого усреднения квадратична по состоянию. Зависимость матричного коэффициента передачи регулятора  $K(\vartheta)$  от  $\vartheta$  определяется стандартно решением уравнения Лурье — Риккати. В качестве алгоритма идентификатора выбран МНК. Рандомизированное белошумным тестовым сигналом управление  $u_t$  определяется линейным законом с вычисляемым идентификатором на такте  $t$  коэффициентом передачи регулятора  $K_t$ . Установлены предельная оптимальность и допустимость стратегии в смысле неравенства  $\limsup_{T \rightarrow \infty} T^{-1} \sum_{t=1}^T \|x_t\|^2 < \infty$  п. н., сходимость  $K_t \rightarrow K(\vartheta)$  п. н. и сходимость алгоритма иденти-

фикатора п. н. со степенной оценкой скорости сходимости  $\|\vartheta - \vartheta_t\|^2 = O(t^{-\gamma})$ ,  $\gamma < 1$ .

Реализация и обоснование алгоритмов существенно упрощаются, если ограничиться собственно задачей синтеза (необязательно идентифицирующей) стратегии управления. В работе [17] рассматривается задача отслеживания эталонной траектории  $y_t^*$  с применением идентификационной версии регулятора Острема и расширенного МНК в качестве алгоритма идентификатора. Установлена предельная оптимальность стратегии с оценкой

$$\text{качества переходного процесса } \sum_{t=1}^T (y_t - y_t^* - \xi_t)^2 = O(\ln T)$$

п. н., где процесс скользящего среднего  $\xi_t$  представляет собой ошибку слежения для стационарной оптимальной стратегии при известном параметре объекта. В работе [14] с помощью нерасширенной версии МНК синтезирована локально оптимальная стратегия отслеживания минимально-фазовым объектом эталонной траектории  $y_t^*$ . Настройки локально оптимального регулятора (для объекта с известным параметром) определяются условием  $E(Q_{t+p}|y_0^{t-1}, u_0^{t-1}) \rightarrow \inf$  с условным усреднением по предыстории,  $p$  — запаздывание в объекте по управлению,  $Q_t = (y_t - y_t^*)^2$  — целевая функция. В замкнутой системе имеет место разделение движений на быстрые  $y_t$ ,  $u_t$  и медленные (в идентификаторе, вычисляющем МНК-оценки параметров и элементы информационной матрицы). При некоторых предположениях (включая SPR-условие для п. ф.  $c^{-1}(z) = 1/2$ ) для задачи стабилизации ( $y_t^* = 0$ ) установлено существование глобального аттрактора, всем точкам которого соответствует локально оптимальный закон управления с одинаковыми параметрами (несмотря на предельное вырождение информационной матрицы и смещение оценок параметра из-за коррелированности возмущения). В работе [18] решена задача субоптимального управления с предельно ограниченными (в среднеквадратическом смысле) известной константой  $\sigma^2$  аддитивными возмущениями (необязательно стохастической природы). Конечно-сходящийся алгоритм (КСА) идентификатора решает систему аккумулирующих неравенств

$$T^{-1} \sum_{t=1}^T (y_t - x_t^T \vartheta)^2 < I^*, \quad T > T^* \quad (\text{с достаточно большим}$$

$T > 0$ ), где уровень субоптимальности  $I^* > \sigma_2$  определяется для показателя качества стабилизации  $I[U_0^\infty(\cdot)] =$

$$= \limsup_{T \rightarrow \infty} T^{-1} \sum_{t=1}^T y_t^2. \quad \text{Условия сходимости КСА слабее, чем МНК.}$$

Построение идентифицирующих стратегий осложняется требованием выполнения условия постоянного возбуждения, для выполнения которого применяются различные схемы рандомизации управления тестовыми сигналами убывающей мощности [13, 16, 19, 20].



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Системы с идентификатором предназначены для решения комплекса задач обслуживания и синтеза систем управления. Применение идентификатора в задачах синтеза ограничивается рамками асимптотического подхода, и отказ от управления переходными процессами относится к издержкам идентификационного подхода. Вместе с тем применение идентификационного подхода обосновывается при существенно менее жестких требованиях к объему априорной информации, а его вычислительная реализация существенно проще по сравнению с оптимальными (байесовскими) стратегиями управления. Перспективность систем управления с идентификатором в приложениях определяется быстродействием алгоритма идентификатора и проблема предельно достижимого быстродействия является центральной. Вопросы предельного быстродействия идентификатора и синтеза основного контура системы управления будут рассмотрены во второй части статьи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Margolis M., Leondes C. T. A parameter tracking series for adaptive control systems // IRE Trans. Automatic Contr. — 1959. — Vol. AC-4, N 2. — P. 100–111.
2. Riedle B. D., Kokotovic. Integral Manifolds and Slow Adaptation // IEEE Trans. Aut. Contr. — 1986. — N 4, AC-31. — P. 316–323.
3. Основы управления технологическими процессами / Под ред. Н. С. Райбмана. — М.: Наука, 1978.
4. Бондаренко М. В., Позняк А. С. Сходимость алгоритмов оценивания нестационарных параметров регрессионно-авторегрессионных объектов при помехах типа скользящего среднего // Автоматика и телемеханика. — 1993. — № 8. — С. 90–108.
5. Зангили У. Нелинейное программирование. Единый подход. — М.: Сов. радио, 1973.
6. Невельсон М. Б., Хасьминский Р. З. Стохастическая аппроксимация и рекуррентное оценивание. — М.: Наука, 1972.
7. Васильев В. А., Добровидов А. В., Кошкин Г. М. Непараметрическое оценивание функционалов от распределений стационарных последовательностей. — М.: Наука, 2004.
8. Назин А. В., Юдицкий А. Б. Нижние информационные границы в задаче адаптивного слежения для линейного дискретного стохастического объекта // Проблемы передачи информации. — 1995. — Т. 31, вып.1. С. 56–67.
9. Tsypkin Y. Z. Robust absolute stability of Lure control systems // J. of Comp. & Systems Sciences International. — 1994. — Vol. 32. — P. 1–13.
10. Саридис Дж. Самоорганизующиеся стохастические системы управления. — М.: Наука, 1980.
11. Фелльбаум А. А. Основы теории оптимальных автоматических систем. — М.: Наука, 1966.
12. Juditsky A., Nazin A. On minimax approach to non-parametric adaptive control // Int. J. Adapt. Control & Signal Process. — 2001. N 15. — P. 153–168.
13. Фомин В. Н. Методы управления линейными дискретными объектами. — Л.: ЛГУ, 1985.
14. Коган М. М., Неймарк Ю. И. Функциональные возможности адаптивного локально-оптимального управления // Автоматика и телемеханика. — 1994. № 6. — С. 94–105.
15. Барабанов А. Е. Критериальная сходимость МНК в адаптивной системе управления // Доклады Академии наук. — 1998. — Т. 358. — № 1. — С. 32–34.
16. Chen H. F., Guo L. Optimal stochastic adaptive control with quadratic index // Int. J. Contr. — 1986. — Vol. 43, N 3. — P. 869–881.
17. Lay T.L., Ying Z. Parallel recursive algorithms in asymptotically efficient adaptive control of linear stochastic systems // SIAM J. Contr. & Optimization. — 1991. — Vol. 29, N 5. — P. 1061–1127.
18. Гусев С. В. Конечно-сходящийся алгоритм восстановления функции регрессии и его применение в задачах адаптивного управления // Автоматика и телемеханика. — 1989. — № 3. С. 99–108.
19. Chen H. F., Zhang J. F. Stochastic adaptive control for ARMAX systems with unknown orders, time delay and coefficients // 11-th IFAC World Congress, 1990. Preprints. Vol. 4. — P. 81–86.
20. Бунич А. Л. Пассивная и активная идентификация линейного дискретного объекта с ограниченной помехой // Автоматика и телемеханика. — 2003. — № 11. — С. 60–73.

☎ (095) 334-87-59

E-mail: bunfone@ipu.ru



## ВНИМАНИЕ!

### Журнал "Проблемы управления" на компакт-диске

Появилась возможность приобретения компакт-диска, полностью воспроизводящего все номера журнала "Проблемы управления" за 2003 г.

### ЭТО УДОБНО И НЕДОРОГО

Стоимость диска равна примерно половине стоимости одного номера журнала. Его смогут приобрести не только библиотеки, но и кафедры вузов, отделы и лаборатории, ученые и специалисты.

Цена диска — договорная.

Заказать диск можно в редакции журнала "Проблемы управления": 117997, ГСП-7, Москва,

Профсоюзная ул., 65, офис 104

Тел./факс (095) 330-42-66, тел. 334-92-00

E-mail: datchik@ipu.ru

УДК 519.240

# ФЕНОМЕН ЗДОРОВЬЯ: КОНЦЕПЦИЯ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ<sup>1</sup>

Л. А. Дартау

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова, г. Москва

С позиций классической теории управления сделана попытка найти связь между понятиями *здоровья* в жизни и науке. Приведено обоснование необходимой государственной политики управления здоровьем населения. Сделан вывод, что результативное управление здоровьем может осуществляться только совместно государством и гражданином на паритетной основе. Отмечено, что такое управление включает в себя образовательную деятельность как обязательную со стороны государства, со стороны гражданина результатом обучения становится ответственное поведение в отношении собственного здоровья.

*Нет бедных и богатых стран,  
есть плохое или хорошее управление.*

И. В. Прангисвили

Этой статьей автор подводит некоторые итоги двадцатилетней работы по теме “Исследование неоднородных популяций и управление по неполным данным”, инициированной А. М. Петровским (1925—1993 гг.). В 1985 г. первую апробацию в одной из поликлиник г. Москвы прошла компьютерная программа, предназначенная для самостоятельного заполнения пациентами электронного варианта анкеты с вопросами о жалобах на здоровье и о факторах риска хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ), которые являются основной причиной смертности и инвалидизации населения развитых стран. Развитие этой работы привело к появлению новой основной тематики, посвященной фундаментальным и прикладным аспектам изучения, измерения и управления здоровьем. В её рамках были созданы компьютерная технология и система ЭДИФАР (экспертный диалог для исследования факторов риска), которые сегодня применяются в нескольких учреждениях систем здравоохранения и образования для целей скрипинга и мониторинга здоровья человека [1].

Представления о здоровье на бытовом уровне уточнения не требуют, это не научный термин, а понятие,

известное всем с детства, во все времена и у всех народов. Вопрос “А что это такое?” вызывает недоумение, удивление и даже раздражение, поскольку в быту считается, что и так все ясно. Если все же проявить настойчивость, то ответ будет “Ну, это — когда ничего не болит, и когда человек хорошо себя чувствует”. Философ-феноменолог Д. Ледер (1995 г.) отмечал, что “когда мы пытаемся описать опыт здоровья, нас поражает, как мало мы обычно фокусируемся на нем. Эта привычная тенденция упускать из виду здоровье, считать его чем-то само собой разумеющимся, отражается также и в малом количестве описательной литературы, посвященной данному предмету. Во многих отношениях это действительно так: быть здоровым — значит быть свободным от некоторых ограничений и проблем, побуждающих к рефлексии” [2].

Попытки дать объяснение бытовому, возникшему как житейская необходимость, понятию через научную терминологию бесполезны. Населению это не нужно, социального запроса на это к ученым нет, а специалисты вполне могли бы обходится и без этого термина. Тем более, что для описания состояний организма вполне достаточно самого термина *состояние*, который универсален и широко используется во многих научных дисциплинах. В то же время присутствие слова *здравье* в названиях некоторых учреждений, товаров и услуг объ-

<sup>1</sup> Работа доложена на Научных чтениях памяти профессора А. М. Петровского, Москва, Ин-т проблем управления, 17 марта 2005 г.



яснимо исключительно по причине их предназначения именно для населения.

Поскольку изучением живых организмов (человека, в частности) занимаются разные науки, то и определений здоровья — множество. Каждая научная дисциплина для описания своей предметной области, как правило, разрабатывает свою терминологию, а затем в рамках этой терминологии и делается попытка дать определение *здравому* [3—5]. В то же время, прежде чем сформировать или обозначить новый предмет изучения (в биологии, социологии, психологии, физиологии, анатомии и пр.) исследователи работали и продолжают работать с одним и тем же объектом, каковым у всех является живой организм. Объект при этом часто даже не упоминается, а исследователи и специалисты работают с его фрагментом или с той или иной характеристикой, которые замещают объект. Так, врач на практике, как правило, “лечит болезнь”, а не больного. В этой ситуации возможно такое развитие мысли и даже появление ошибочных научных направлений, при которых объекту приписываются свойства, не имеющие отношения к реальности [6].

Особое место занимает определение здоровья (последняя редакция), данное Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) [7]: *Здоровье — это динамическое состояние физического, психического и социального благополучия индивида (и общества), а не только отсутствие болезней и физических недостатков.* В оригинале на месте слова *психического* стоит латинский термин *mental*, который, помимо психической, включает также умственную и духовную компоненты деятельности центральной нервной системы, определяющие соответственно характер, способности и нравственность индивида. На наш взгляд, здесь нет попытки объяснить суть здоровья через другие, уже известные понятия. Здесь имеет место простая констатация связи с теми сторонами жизнедеятельности, которые в первую очередь надо принимать во внимание, если браться за организацию мероприятий, связанных с сохранением или улучшением здоровья. Другими словами — и в контексте последующего изложения — браться за управление здоровьем.

В последние десятилетия развитие науки и техники и внедрение их достижений в медицину привели ко все возрастающему интересу к проблеме здоровья со стороны представителей других наук. Эти науки пытаются расширить наши представления о здоровье, используя подходы и методы, доказавшие свою работоспособность в других областях. К таким наукам относится и теория управления. Методологически теория управления не позволяет уходить от реального объекта, поскольку что бы нас ни интересовало в нем (т. е. та характеристика, в отношении которой ставится цель управления), воздействие в конечном счете всегда направлено непосредственно на объект. Таким образом, *здравье как цель управления* имеет право на существование, но как объект — не существует. При таком подходе *здравье* может быть рассмотрено только как одна из характеристик объекта живой природы — такая же, как любая другая величина, которую можно наблюдать, измерять, и о которой можно спросить самого человека. В контексте изложенного отметим еще одну принципиальную особенность, свя-

занную с феноменом здоровья. Если деятельность по сохранению и улучшению собственного здоровья требует осознанного и грамотного участия самого человека, то как бы ни были наукообразны рассуждения о нем специалистов, цели и задачи управления должны быть сформулированы популярно и в рамках бытовой лексики.

Как объект изучения живой организм очень сложен, многомерен и описания его допустимы на любых уровнях детализации и иерархии. Поводов для рассуждения о здоровье можно найти везде и чтобы понять, на каком именно уровне целостности описания объекта есть место бытовому понятию *здравье*, надо начинать с природы объекта. Наука термодинамика относит объекты живой природы к классу открытых систем, т. е. систем, которые обмениваются с окружающей средой веществом, энергией и информацией. Отсюда сразу же следует ключевой вывод: у системы, в которую постоянно что-то поступает и выделяется наружу, а количество этого внутри системы постоянно, то постоянство измеренной величины является виртуальным, а сама она относится к так называемым параметрам стационарного неравновесного состояния [8]. Постоянство же отдельных параметров в открытой системе возможно лишь при обеспечении баланса, т. е. равенства соответствующих входящих и выходящих потоков. В физиологии совокупностью таких параметров, которых на сегодня известно более тысячи, описывают состояние внутренней среды организма (температура, артериальное давление, уровень гемоглобина крови и т. д.). В 1929 г. Уолтер Кенон ввел термин *гомеостаз*, который одновременно используется для обозначения как постоянства внутренней среды, так и способности живых систем поддерживать такое постоянство, обеспечивая тем самым нормальную жизнедеятельность клеток. Механизмы поддержания баланса потоков называются механизмами гомеостаза и на сегодня их описано несколько десятков тысяч, в том числе — сердце и легкие. Такие механизмы реагируют на сдвиги уровней, вызванные рассогласованием потоков (недостатком или избытком вещества, энергии или информации), меняя характер своего функционирования (показатели, производительность и пр.). Изучая эти явления, Норберт Винер (1948) впервые сформулировал концепцию *обратной связи* и дал оценку ее роли в обеспечении эффективности управления, заложив тем самым основы кибернетики — науки об общих закономерностях управления и передачи информации в машинах, живых организмах и обществе. С появлением кибернетики понятие гомеостаза, а следовательно, и здоровья распространилось и на сообщества организмов. В организме существует множество контуров управления, включающих в себя все необходимые элементы, в том числе измерительные устройства (рецепторы органов чувств) и каналы прямой и обратной связей. Таким образом, живой организм в каждый момент времени представляет собой интегральную совокупность вещества, энергии и информации, количества и состав которых непрерывно меняется, а иллюзию постоянства создает лишь согласованная деятельность механизмов гомеостаза. Выражаясь современным языком, ежедневно человек “воссоздается” из хаоса потоков по некоторому задан-



ному алгоритму. “Корсет” гомеостаза сохраняет и удерживает нашу неповторимость.

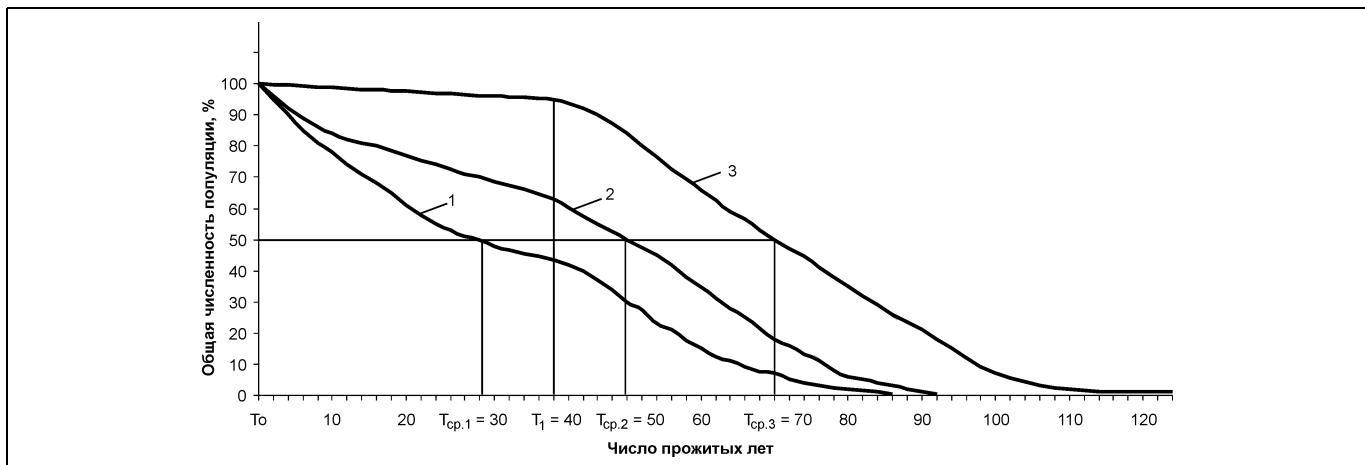
Одно из основополагающих условий организации любого процесса управления состоит в наличии для достижения цели средств и времени. О средствах (механизмах поддержания гомеостаза) уже было сказано, их живой организм получает по факту рождения. Что касается фактора времени, то с одной стороны он проявляется в инерционности тех или иных процессов обмена, протекающих в организме, а с другой — определяет ограниченный промежуток существования конкретной особи (индивидуа) на земле. В науке биологии описана общая для любого вида живых организмов интегральная популяционная закономерность существования и ухода из жизни особей, одновременно появившихся на свет. Эта закономерность — кривая дожития — представлена на рисунке кривой 3. Так, живые существа одного вида, появившиеся на свет в момент  $T_0$ , почти все живы до некоторого момента  $T_1$ , при условии, что никто не умер раньше в результате несчастного случая или инфекционного заболевания. Затем они начинают уходить из жизни, одни раньше, другие позже, и когда их остается половина, то этот возраст называется “средней продолжительностью” жизни  $T_{cp}$ . Временной интервал ( $T_1 - T_0$ ) у каждого биологического вида свой. У человека он равен 40 годам. Геронтология — наука о старении — так объясняет это значение. Примерно к 20 годам человеческий детеныш становится социально зрелым и подготовленным не только к воспроизведству потомства, но и способен защищать и материально обеспечивать своего ребенка в течение всего периода его взросления, т. е. также до 20 лет, и так далее. Механизмы гомеостаза, в свою очередь, как раз и обеспечивают ему эту возможность вплоть до 40 лет. Одновременно и, как правило, в этот же возрастной период с 20 до 40 лет человек решает свои основные биологические и социальные задачи, которые включают в себя получение специального образования, поиски работы, создание семьи и обеспечение жильем. После 40 лет, как говорят геронтологи [9], “природа теряет к нам интерес”, а общественный прогресс и эволюцию обеспечивает именно сменяемость членов популяции из-за их временного пребывания на земле.

В свою очередь, у науки управления есть замечательные возможность, преимущество и даже право не мучиться проблемами мироздания в конкретной предметной области, которые не могут позволить себе другие науки, обслуживающие эту область. У этих других всегда что-то непознано и вызывает сомнения, в их теориях существуют гипотезы и возникают жаркие споры о сути тех или иных особенностях объекта. Специалисты же по управлению обязаны что-то делать в любых ситуациях, т. е. управлять (по неполным данным, в условиях конфликтов и помех, оптимально по отношению к выделенным средствам и пр.). При этом специалисты других дисциплин всегда могут выступать в роли критиков и говорить, что управление плохое, а средства надо тратить на более глубокое изучение объекта. Особенно это касается управления в социуме и организации повседневной жизнедеятельности конкретного человека, когда

процесс управления идет, но как управление зачастую может совсем не осознаваться. Все приписывается воле, желаниям и прихотям отдельных людей, руководителей и представителей власти.

Функционируя от рождения до смерти, механизмы гомеостаза не информируют нас о том, в каком состоянии находятся их исполнительные механизмы, а главное, каковы оставшиеся резервы. Последнее оказывается на судьбах отдельных индивидов самым роковым образом. Эта иллюзия благополучия и отсутствия угрозы сопровождает здорового человека всю жизнь даже при условии, что он знает об ограниченном сроке своего пребывания на земле. Причина в том, что в процессе эволюции природа обделила живые организмы обратной связью по параметрам гомеостатических механизмов. Организм знает, что ему в данный момент не хватает воздуха, что ему холодно, что он голоден. Он даже знает, что “саны нужно готовить летом, а телегу — зимой”. Однако о том, что, к примеру, просвет жизненно важных сосудов головного мозга или коронарных сосудов сердца составляет уже менее четверти от исходного (в результате возрастных изменений или образования на них склеротических бляшек) и что с этого момента любая повышенная физическая нагрузка или эмоциональное напряжение, которые раньше ему сходили с рук, могут привести к инсульту или инфаркту — не догадывается. Любые онкологические перерождения тканей протекают бессимптомно до тех пор, пока данный орган выполняет свои обязанности, возложенные на него природой, по отношению к другим. При одновременном (синхронном) ослаблении всех процессов жизнедеятельности организма, как правило, доживает до преклонных лет и умирает от старости. Если же один из механизмов гомеостаза перестает выполнять свои функции значительно раньше, когда остальные работают еще normally, это приводит к развитию цепочки событий: хроническое заболевание, неотложное состояние, оперативное вмешательство, инвалидность и период так называемого вынужденного образа жизни. Этот период связан с необходимостью уже волевым образом брать на себя функции какого-нибудь механизма гомеостаза, утраченные в результате заболевания (например, контроль за уровнем сахара в крови и инъекциями инсулина при диабете). В тех случаях, когда лечение невозможно, наступает преждевременный и, как правило, болезненный и трагический уход из жизни.

Изложенного достаточно, чтобы попытаться сопоставить научное знание о гомеостазе с обыденными представлениями о здоровье. Именно сопоставить, а не объяснить, что такое здоровье. В течение всего периода существования индивида от рождения до смерти система гомеостаза проходит через некоторый континuum состояний, часть из которых индивидом и окружающими воспринимается (и озвучивается) как здоровье, а часть — как незддоровье, плохое самочувствие, болезнь и пр. Таким образом, феномен здоровья порождается в сознании гомеостазом, т. е. управлением. Здоровью соответствует область вокруг положения равновесия открытой системы, внутри которой механизмы поддержания гомеостаза выполняют свои функции, даже если при этом некоторые из них находятся на пределе своих функциональных



#### Трансформация "кривой дожития" человека в процессе развития цивилизации:

1 — до обнаружения бактериальной природы инфекционных заболеваний (средняя продолжительность жизни 30 лет); 2 — до создания антибиотиков (средняя продолжительность жизни 50 лет); 3 — до концепции "факторов риска" (средняя продолжительность жизни 70 лет)

возможностей или уже практически исчерпали свои резервы. Место *здравью* есть везде, где есть место гомеостазу, т. е. не только на уровне целостного организма, но и на уровнях подсистем организма, отдельных органов и клеток. Находясь в этой области, живой организм свободен от необходимости волевого или внешнего управления параметрами внутренней среды. По этой же причине организм свободен и от ощущений самого здоровья. Таким образом, сначала было управление, результат которого — феномен относительного постоянства существенных переменных в организме — был описан Клодом Бернаром (1875 г.). Затем У. Кеннон (незадолго до появления кибернетики) создал учение о *гомеостазе*, использовав этот термин для обозначения относительного динамического постоянства как *состава*, так и *свойств* внутренней среды и *устойчивости* основных физиологических функций организма (1929 г.). Таким образом, научный термин *гомеостаз* фактически является синонимом бытовому понятию *здравье* в той части континуума состояний, которая дополняет болезни и переходную стадию. Наивно полагать, что когда-нибудь термин *гомеостаз*, прочно завоевавший место в научных кругах, станет расхожим, и население будет употреблять его в повседневной жизни, заменив им слово *здравье*, или хотя бы будет иметь его в виду, рассуждая о здоровье.

Итак, ресурсы механизмов гомеостаза не подлежат контролю со стороны сознания и вегетативной нервной системы, т. е. на уровне рефлексов, ввиду отсутствия обратной связи. Связь возникает только в форме ощущения незддоровья, когда неблагополучие или чувство боли испытывают не те механизмы гомеостаза, которые недодают, а те органы и ткани которые недополучают. Здоровье, следовательно, как и гомеостаз, можно связывать как с континуумом состояний относительного постоянства внутренней среды, так и со способностью живого организма оставаться в этой области и возвращаться в нее после периода незддоровья. И хотя почувствовать здоровье нельзя, область состояний живой системы, ко-

торую можно поставить ему в соответствие, существует реально. Ее размеры (за исключением генетически обусловленных особенностей) зависят от управления, осуществляющего индивидом в повседневной жизни, независимо от того, осознает он это или нет. И сегодня мы это знаем, изучая (т. е. наблюдая, измеряя и спрашивая) человека-долгожителя или просто благополучного человека. А мысль, заключенную в эпиграфе, каждый может трансформировать должным образом и в отношении собственного здоровья.

Анализируя исторические аспекты развития медицинской науки, можно попытаться получить ответ и на вопрос “Почему у человека отсутствует контроль за резервами гомеостаза?”. Существование человека насчитывает сотни тысяч лет. Медицина, возникшая как искусство взаимопомощи во время болезни, при родах и в момент ухода из жизни, скорее всего, существует примерно столько же. Однако государственным системам здравоохранения в их современном виде не более 300 лет. Для сравнения, науке управления и одной из ее составных частей — кибернетике — чуть более 50 лет. На рисунке приведена теоретическая кривая 1 дожития населения европейских стран до 1850—1900 гг., поскольку еще 100—150 лет назад средний возраст ухода из жизни равнялся тридцати годам, и, следовательно, основная часть населения не сталкивалась с проблемой деградации механизмов гомеостаза и смертью от старости. На этом графике отсутствует детская смертность, доля которой к пяти годам достигала 75 %. Причиной были масштабные эпидемии инфекционных заболеваний, уносившие за короткий промежуток времени сотни тысяч жизней. В 1672 г. Антони Левенгук впервые обнаружил и описал существование в жидкой среде организма “маленьких животных”, получивших впоследствии название микроорганизмов: бактерий, микробов и вирусов.

Однако прошло около 200 лет, в течение которых ученые смогли сопоставить наличие определенных бактерий в организме с симптомами конкретных заболеваний, таких как оспа, холера или чума. Были разработаны



способы и организационные меры борьбы с этими заболеваниями — вакцины и массовые иммунизации населения. В результате средняя продолжительность жизни увеличилась до 50 лет (кривая 2 на рисунке). Престиж врачей и ученых, чья деятельность способствовала избавлению от страха преждевременной смерти, поднялся исключительно высоко. Этот период следует считать началом возникновения государственных систем здравоохранения в их современном виде, т. е. как части государственной структуры и на средства из казны. (Существовавшие до этого времени городские больницы и богадельни при монастырях своим появлением были скорее обязаны нравственному долгу общества перед немощными и умирающими, а не результатам научного обоснования или эффективности расходования государственных средств). Вакцинации стали подвергать и домашних животных, существенно увеличив эффективность животноводства. Одновременное развитие технологий пастеризации и консервирования продуктов постепенно привело к значительному снижению социального напряжения, связанного с решением продовольственных проблем. Именно в это время на развитие медицинской науки стали выделять все больше средств как из государственной казны, так и от частного капитала. В 1950-е гг. наступила эра антибиотиков, и дети перестали умирать от осложнений после банальных инфекций, а взрослые после травм и оперативных вмешательств. После Второй мировой войны были созданы Организация объединенных наций (ООН) и ВОЗ — аналог национальных систем здравоохранения. В 1970-е гг. продолжительность жизни в странах Европы (включая Россию), Америке и Канаде достигла 70 лет, а кривая дожития обрела свой современный вид (кривая 3 на рисунке). Начался новый этап борьбы за увеличение продолжительности жизни и поиска причин ее ограничения. Всемирной организацией здравоохранения была инициирована крупномасштабная программа СИНДИ<sup>2</sup>, в рамках которой в течение 20 лет сотни тысяч граждан были привлечены к скрининговым мероприятиям и заполняли анкеты с вопросами об образе жизни, социальном статусе, жалобах на здоровье и пр. [10]. До определенной поры военная терминология в этой области была вполне уместна, поскольку речь шла о фактическом уничтожении врагов — микроорганизмов, чья жизнедеятельность приводит к болезням и смерти человека. Сохранилась она и по сей день в отношении хронических заболеваний, что никак нельзя признать удачным. При осознанном управлении здоровьем человеку придется преодолевать собственные безволие, лень и зависть, и называть это “борьбой”, рассматривая самого себя в качестве врага, вряд ли уместно.

В процессе реализации программы СИНДИ окончательно сложилась и подтвердила свою состоятельность концепция *факторов риска* (ФР), возникшая в недрах кардиологии около пятидесяти лет назад [11]. Подчеркивается, что не будучи причинами заболеваний

и, ФР каким-то образом связаны с их возникновением, поскольку четкая причина многих ХНИЗ неизвестна, а на сегодня существуют лишь теоретические построения и гипотезы их возникновения. Однако это не означает отсутствия возможности у конкретного индивида либо полностью избежать заболевания, либо, по крайней мере, отдалить его на более поздний возрастной период. Благодаря появлению новых выборочных методов изучения населения и использованию возможностей вычислительной техники [12] удалось выяснить и статистически доказать достоверность вклада ФР в преждевременную смертность. По степени вклада первые шесть позиций заняли ФР, связанные с курением, алкоголем, неправильным питанием, недостатком движения, нарушения сна и стрессом. Таким образом, на уровне популяции доля каждого фактора измерима, в то время как для конкретного индивида речь может идти только о вероятностных значениях возможных причин преждевременного ухода из жизни, т. е. рисках. И это тот “фронт”, на котором “главнокомандующим” является только сам человек и отношения с ним со стороны системы здравоохранения и государства должны коренным образом поменяться, перейдя из патерналистских, благотворительных в партнерские.

Рисками, в свою очередь, можно управлять, и это направление — одно из главных в теории управления. В чем суть любых привычек и навыков повседневной жизни, в том числе и тех, которые могут иметь отношение к обеспечению здоровья? За исключением безусловных рефлексов, это всегда результат накопления и обработки информации самим индивидом. Так, с возрастом, в процессе перехода количества накапливаемой информации (жизненного опыта) в новое качество (мнения и поступки), человек меняет образ жизни, а также точки зрения, жизненные планы и т. д. С человеком, у которого ничего не болит и который считает себя здоровым, можно только договариваться о самосохранительном поведении, проинформировав его предварительно о целесообразности такого поведения.

Таким образом, современное человечество столкнулось с проблемой “смерти от старости” в значительной степени благодаря достижениям микробиологии и медицинских наук, а иллюзия обладания здоровьем для каждого индивида поддерживается автоматически и осознанного (волевого) управления до некоторых пор не требует. Вряд ли будет возможно когда-либо искусственно воссоздать недостающие контуры управления на вегетативном уровне, но предпринять волевые усилия для организации процесса сохранения здоровья можно и нужно. Для проявления воли человеку необходимы знания, в том числе и поведенческие, которые можно использовать здесь и сейчас, а не в ожидании изменения социально-экономического положения в стране или психологической обстановки в ближайшем окружении. Сделать это с помощью структур системы здравоохранения в их современном виде невозможно, поскольку при любой системе у здорового человека, как показано выше, отсутствует мотивация для обращения в соответствующие учреждения. В то же время больной человек вынужден к ним обратиться (опять-таки независимо от качества и возможностей национального здравоохранения),

<sup>2</sup> Программа СИНДИ (CINDI — Countrywide Integrated Non-communicable Disease Intervention program) — программа широкого внедрения профилактики неинфекционных заболеваний.



а там его ждут современные высокие технологии лечения, которые в финансовом отношении представляют собой “черную дыру” и никакого света в конце туннеля там нет. В первую очередь, речь идет о стационарах и отделениях реанимации в них. Все большее число граждан имеет шанс остаться в живых без сохранения здоровья, т. е. инвалидами. Если успевать довозить живыми до реанимации всех пациентов, продолжая увеличивать число палат интенсивной терапии, то все равно в какой-то момент придется кого-то отключать от аппаратов искусственного жизнеобеспечения. Никакое сообщество не выдержит экономического бремени обслуживания таких отделений, не нарушив при этом хрупкий нравственный баланс меры ответственности живых за процесс ухода из жизни стариков и безнадежно больных. Н. Винер в одной из последних работ в 1964 г. обратил внимание на недопустимость ситуации, при которой “жизнь всех граждан может продолжаться сколь угодно долго”. И первыми, кто будет нести моральные потери при этом, будут сами медики [13].

Сегодня мир уже столкнулся с этим. Сначала Нидерланды в 2002 г., а затем Бельгия и Швейцария — самые благополучные страны в отношении социального обеспечения своих граждан и предоставления им современных медицинских услуг — первыми были вынуждены принять законы об эвтаназии. Веками сложившаяся нравственная этика взаимоотношений врача и пациента, известная как “клятва Гиппократа”, претерпевает принципиальные изменения. В этих странах сегодня пациенту предоставляется законная возможность добровольного ухода из жизни при участии врача. Необходимым условием при этом является констатация медицинскими специалистами факта невозможности исцеления пациента современными методами. Решение о прекращении реанимационных мероприятий принимается, как правило, родственниками пациента либо самим пациентом заранее оставленное распоряжение об отказе от реанимации в случае утраты сознания. В конце 2004 г. закон об эвтаназии в срочном порядке был принят во Франции. В это же время в Англии был одобрен проект закона о “завещании жизни”, в котором говорится об отказе от лечения с помощью доверенного лица в том случае, если сам гражданин будет не в состоянии принять решение. В то же время, как следует из последних сообщений печати и телевидения, вот уже почти два десятилетия именно в богатых странах и именно обеспеченные люди, вполне способные оплатить свое пребывание в отделениях интенсивной терапии, заранее отказываются от реанимации. Папа римский Иоанн Павел II не был исключением, когда весной 2005 г. отдал соответствующее распоряжение перед последней в своей жизни госпитализацией.

В рамках развивающегося в данной работе подхода описанная выше ситуация возникла еще и потому, что эйфория от достижений медицины способствовала во многом необоснованному перераспределению средств в пользу высоких технологий. Кризис приобрел еще более острый характер в связи с тем, что в странах с высоким уровнем жизни и социального обеспечения “кончились деньги” на здравоохранение. Возникла необходимость перевода систем здравоохранения от “ориентации на

расходы” к “ориентации на конечный результат”. И как бы ни были гуманны по своей природе порывы граждан и государств в отношении потребностей систем здравоохранения, в иерархии приоритетов на первом месте всегда будут стоять энергетические и продовольственные проблемы. Инвалид, хронический больной и даже пациент в “остром состоянии” должен быть сначала накормлен, напоен и размещен в отапливаемых помещениях, равно как и персонал медучреждения. Только после этого можно начинать предоставление ему необходимых услуг. Объективно обусловленный всем ходом развития цивилизации, этот переход поставил системы здравоохранения в один ряд с другими государственными структурами, деятельность которых обоснована экономическими критериями в условиях фиксированной доли бюджета, а развитие обеспечивается за счет адекватной расстановки приоритетов. Это время следует считать началом реформ национальных систем здравоохранения. В России эти мировые тенденции усугубились перестрочечными процессами, скрыв при этом почти полностью их суть. Всемирная организация здравоохранения констатировала, что 7–10 % валового внутреннего продукта представляют собой ту оптимальную долю, которая обеспечивает стране близкий к предельно достижимому в современном мире уровень здоровья населения. В 1998 г. претерпела изменения и Всемирная декларация по здравоохранению, в которой перед правительствами на первый план были поставлены задачи “укрепления и охраны здоровья людей на протяжении всей их жизни”, признающие приоритетную роль самого человека [14]. Роль обучающих мероприятий, позволяющих человеку овладеть технологиями самосохранительного поведения, становится все более очевидной. При этом со стороны государства нет необходимости в создании специальной инфраструктуры. Вполне достаточно существующих учреждений образования и первичной медицинской помощи (поликлиник) [1]. Существует уже и название новому предмету — *видеология*, предложенное нашим соотечественником И. И. Брехманом в 1980 г. [15, 16]. А для того, чтобы стать самостоятельным научным направлением, видеология должна принять в качестве теоретической основы *теорию управления*, а точнее — *кибернетику*, обязанную своим рождением живой природе и возвращающую сегодня человеку и обществу научно обоснованные принципы сохранения здоровья.

Знания о размерах области здоровья и ее трансформации с возрастом являются совокупными научными знаниями, полученными от многих исследователей в результате изучения большого числа пациентов в целом. В свою очередь, индивидуальные знания приобретаются в процессе обучения и могут быть использованы учеником для осознанного управления здоровьем. И это всегда управление рисками, а не параметрами гомеостаза. Здесь необходимо осознать следующее: здоровый человек, управляя здоровьем, не может почувствовать результаты этого управления и оценить его эффективность через соотношение выигрыш/затраты. Управление здоровьем является искусственным приёмом и запускается волевыми усилиями, направленными на изменения образа жизни. Затем управление поддерживается в значительной степени автоматически, по привычке. Психоло-

гические аспекты такого управления практически не изучены и предполагают не столько отказ от надуманных целей и уже опробованных мелких удовольствий бытия, сколько поиски новых путей самореализации и получения удовлетворения от жизни через самосохранительное поведение.

Обучение как процесс — также одна из форм управленческой деятельности. В отношении *здравья* организация этого процесса может быть как формальной, так и оптимально эффективной в конкретных условиях. Причины все те же: *здравьем* можно и не управлять, а управляя — не сильно переживать, что мы что-то не так делаем, поскольку и без управления жизнь продолжается и воспроизводится. Управлять, следовательно, можно сколько угодно, как угодно, начинать и заканчивать процесс управления можно в любой момент: индивид и популяция “переживут” всё. Разница только в том, что при “хорошем”, грамотном управлении “потерпевших” по всем показателям в среднем будет меньше, а чувство удовлетворения на национальном уровне резко возрастет. Отметим только, что как бы ни был талантлив учитель и бестолков ученик, результат обучения всегда получается при равноправном соавторстве, и этим результатом со стороны гражданина становится ответственное поведение в отношении собственного здоровья, а в случае отказа — принятие на себя определенной доли расходов на лечение. И прецеденты в разных странах уже есть. В контексте изложенного, мысль, заключенная в эпиграфе, становится еще более очевидной.

Увлечение высокими технологиями, работающими не столько на пациента, сколько на амбиции специалистов, необходимо сдерживать волевыми решениями управленческих структур, сохраняя разумный, научно и финансово обоснованный баланс между ними и обеспечением населения первичной медицинской помощью, обучением здоровью и скрининговыми мероприятиями. Последние не должны проводиться в рамках всеобщих массовых обследований, с применением все тех же высокотехнологичных средств. Их место исключительно в процессе обучения. Решение же пройти рекомендованное во время скрининга дообследование принимается самим человеком с вытекающими для него последствиями в случае отказа. Прием таких пациентов в поликли-

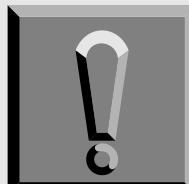
никах потребует совершенно других взаимоотношений, которые еще следует выработать совместно с медицинской наукой и другими специалистами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дартай Л. А. Теоретические аспекты управления здоровьем и возможности его реализации в условиях Российской Федерации // Проблемы управления. — 2003. — № 2. — С. 43–52.
2. Юдин Б. Г., Степанова Г. Б. Здоровье человека как предмет междисциплинарного знания // Общественное здоровье и профилактика заболеваний. — 2004. — № 1. — С. 3–10.
3. Лищук В. А., Мосткова Е. В. Обзор “Основы здоровья. Актуальные задачи, решения, рекомендации” — М., 1994. — 134 с.
4. Здоровье человека: социогуманитарные и медико-биологические аспекты. — М.: Институт человека, 2003. — 288 с.
5. Гомеостаз на различных уровнях организации биосистем. — Новосибирск: Наука, 1991.
6. Запорожченко В. Г. О влиянии духовности на общественное здоровье // Общественное здоровье и профилактика заболеваний. — 2004. — № 1. — С. 43–51.
7. Венедиктов Д. Д. Здравоохранение России: кризис и пути преодоления. — М.: Медицина, 1999. — С. 13.
8. Пригожин И. Введение в термодинамику не обратимых процессов. — М.: Иностр. литература, 1960.
9. Анисимов В. Н. Как стать инопланетянином? // Поиск. — 2001. — 4 мая. — С. 11.
10. Задачи по достижению здоровья для всех. Политика здравоохранения для Европы / Европ. сер. “Здоровье для всех”. — Копенгаген: Европ. рег. бюро ВОЗ, 1993. — № 4.
11. Захаров В. Н. Здоровье и болезнь. Факторы риска и первичная профилактика заболеваний. К валеологии. — М.: РИЦ ИСПИ РАН, 2002. — 177 с.
12. Ноэль Э. Массовые опросы (введение в методику демоскопии). — М.: Прогресс, 1978.
13. Винчер Н. Акционерное общество “Бог и Голем” / В кн.: Человек управляющий. — СПб.: Питер, 2001. — 288 с.
14. Здоровье-21: Основы политики достижения здоровья для всех в Европейском регионе ВОЗ: введение / Европ. сер. по достижению здоровья для всех. — Копенгаген, Европ. рег. бюро ВОЗ, 1998. — № 5.
15. Брехман И. И. Валеология. Начало пути // Советская Россия. 1980, 29 мая. № 122.
16. Брехман И. И. Валеология — наука о здоровье. 2-е изд. — М.: Физкультура и спорт, 1990. 208 с.

☎ (095) 334-88-20

E-mail: Dartau@ipu.ru



## ПРИГЛАШЕНИЕ К СОТРУДНИЧЕСТВУ

Приглашаем к сотрудничеству администрации регионов и муниципалитетов, а также руководителей предприятий, учреждений здравоохранения и образования — всех, кто заинтересован в использовании в своей управленческой деятельности информации об экономическом и медико-социальном благополучии (качестве жизни), получаемой в режиме мониторинга непосредственно от населения, подведомственного контингента работающих или учащихся. Внедрение описанной выше (см. стр. 92) технологии ЭДИФАР не требует значительных структурных изменений ни на предприятиях, ни в учреждениях систем образования или здравоохранения.

Компьютерная технология и система ЭДИФАР распространяются как в рамках договора о научно-техническом сотрудничестве, так и на коммерческой основе. Подробности на сайте Института проблем управления РАН [www.ipu.ru](http://www.ipu.ru), далее — лаборатория № 38, а также непосредственно у разработчиков.

# ВАДИМ АЛЕКСАНДРОВИЧ ТРАПЕЗНИКОВ

## (к 100-летию со дня рождения)<sup>1</sup>

## ВЕХИ

Вадим Александрович Трапезников родился 15 (28) ноября 1905 г. В анкете по учёту кадров в 1941 г. в графе “занятие родителей до Октябрьской революции” он записал: “...отец — научный работник, мать — врач”, а в графе “занятие родителей после Октябрьской революции”: “отец — профессор, доктор технических наук в области авиационных материалов, мать — врач”.

Свою трудовую биографию В. А. Трапезников начал в 13 лет: он стал лаборантом “Кооперахимии”, затем был нивелировщиком изыскательской партии, потом — метеорологом “Мосхоза”. Одновременно с работой учился и в 1921 г. окончил трудовую школу. В том же году поступил в МГУ, в 1923 г. перевелся в МВТУ на электромеханический факультет, который окончил в 1928 г. Его дипломная работа называлась “Электрическое освещение поездов”.

С 1928 по 1933 г. он работает во Всесоюзном электротехническом институте (ВЭИ). Эти годы он называл периодом “бешеной” увлечённости работой. Уже в 1929 г. он публикует свою первую работу “Исследование машины Розенберга”. Главным направлением его научной деятельности в ВЭИ стали поиски оптимальных параметров самой массовой продукции электротехнической промышленности — асинхронных двигателей. В период с 1930 по 1946 г. он публикует по этой проблеме 42 статьи, в основном в журналах “Электричество” и “Электротехническая промышленность”. В 1937 г. выходит его монография “Основы проектирования серий асинхронных машин”.

Сам Вадим Александрович считал началом своей серьёзной работы в автоматике 1935 год. В 1936 г. он получает своё первое авторское свидетельство № 48911 “Устройство для автоматического регулирования температуры, давления и других величин”.



С 1930 г. ведёт преподавательскую работу, сначала ассистентом, а затем преподавателем и профессором Московского энергетического института (МЭИ). В начале 1938 г. ему без защиты присуждается в МЭИ учёная степень кандидата технических наук, а в конце 1938 г. он защищает докторскую диссертацию “Основы разнопольного проектирования асинхронных машин”.

Наконец, 5 июля 1941 г. Вадим Александрович переходит в Институт автоматики и телемеханики АН СССР (ныне Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН) на должность старшего научного сотрудника. Вскоре он создаёт новую лабораторию технических средств автоматики. Работа В. А. Трапезникова в годы войны отмечена многими поощрениями, а в 1946 г. — медалью “За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.”. В 1947 г. он совместно с группой сотрудников издает в “Оборонгизе” книгу “Автоматический контроль размеров”.

В 1951 г. В. А. Трапезников назначается директором Института автоматики и телемеханики (ИАТ). В том же году получает совместно с Б. Я. Коганом Государственную (тогда Сталинскую) премию за создание и внедрение аналоговых электронных моделирующих устройств (ЭМУ). В 1953 г. избирается членом-корреспондентом, а в 1960 г. — действительным членом Академии наук СССР.

В течение тринадцати лет с 1965 по 1978 г. он, не покидая поста директора Института, работает первым заместителем председателя Государственного комитета по науке и технике (ГКНТ).

В 1965 г. ему присваивается звание Героя Социалистического Труда.

В 1981 г. за научное руководство работами по автоматизации первой в нашей стране атомной подводной лодки-истребителя (проект 705) ему присуждается Ленинская премия.

В 1983 г. выходит в свет его знаменитая монография “Управление и научно-технический прогресс”.

В 1987 г. в возрасте 82-х лет он уходит с поста директора Института, несколько месяцев работает главным научным сотрудником и вскоре утверждается почётным директором Института, которым и оставался до последнего дня своей жизни 15 августа 1994 г.

<sup>1</sup> Публикуется с небольшими исправлениями по тексту электронной гипернкиги: В. А. Трапезников “Управление и научно-технический прогресс”. — М., 2005. Книгу можно получить бесплатно, обратившись по адресу epstein@ipu.ru.



## ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

Первый этап его научной карьеры в автоматике связан с разработкой технических средств автоматизации. В годы Великой Отечественной войны под его руководством был создан ряд автоматических устройств для дискретных технологических производств оборонного назначения. Наиболее известны нашедшие применение в оборонной промышленности автоматы для развески сыпучих тел (разного рода порохов) и контроля изделий массового производства.

В послевоенный период В. А. Трапезников переключается на проблемы автоматизации массовых технологических процессов. В его лаборатории создаётся ряд электрогидравлических регуляторов. В этот период (конец 1940-х гг.) Вадим Александрович разрабатывает новые принципы построения средств автоматизации. По существу, задолго до первых публикаций переводных книг по системному подходу В. А. Трапезников приходит к осознанию ряда основополагающих принципов автоматики.

### АГРЕГАТНЫЙ ПРИНЦИП

В докладе, на общем, 1950 г., собрании Отделения технических наук АН СССР, В. А. Трапезников выдвигает и всесторонне обосновывает агрегатный принцип построения средств и систем автоматизации (в противовес господствовавшему в то время принципу базовой конструкции). Агрегатный принцип открыл путь к сокращению типоразмеров элементов и узлов и к обеспечению гибкой компоновки разнородных по функциональным возможностям готовых устройств. В дальнейшем агрегатный принцип стал основным принципом построения средств автоматизации в СССР, а в Институте позволил развернуть перспективные работы в области электрической, пневматической и гидравлической ветвей средств автоматизации.

### ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ВЕТВЬ. ЭЛЕКТРОННЫЕ МОДЕЛИРУЮЩИЕ УСТАНОВКИ

В рамках реализации электрической ветви средств автоматизации были построены образцы электрических регуляторов и следящих систем. Но основное внимание уделялось созданию аналоговых ЭМУ. Интерес к таким установкам стимулировался тем, что они были единственными доступными в конце 1940-х—начале 1950-х гг. вычислительными средствами, позволявшими моделировать работу систем управления летательными аппаратами (в то время в ИАТе шло бурное развитие исследований таких систем под руководством Бориса Николаевича Петрова). С 1946 по 1960 г. было разработано десять поколений ЭМУ. В результате, по-видимому, впервые в СССР, удалось создать операционный усилиель с автоматической компенсацией дрейфа нуля и достаточно высоким коэффициентом усиления. Ведущими разработчиками были сотрудники ИАТа В. А. Трапезников, Б. Я. Коган, Д. Е. Полонников, В. В. Гуров. Эта совместная работа с НИИСчётмашем была отмечена в 1951 г. Государственной премией.

## ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ И ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ВЕТВИ

Не менее оригинальное и конструктивное развитие получили пневматическая и гидравлическая ветви средств автоматизации, которые на начальном этапе разрабатывались под руководством М. А. Айзермана, а затем А. А. Таля. Благодаря хорошему взаимодействию с заводом “Тизприбор” (Москва) были доведены до массового применения агрегатная унифицированная система пневматических приборов, а затем унифицированная система элементов промышленной пневмоавтоматики (УСЭППА). За разработку и массовое внедрение УСЭППА М. А. Айзерману, Т. К. Беренде, Т. К. Ефремовой, А. А. Тагаевской и А. А. Таю в 1964 г. была присуждена Ленинская премия. Пневматическая ветвь средств автоматизации успешно развивается и поныне. В это же время в Институте зарождается новое направление — струйная техника (пневмоника), которое разрабатывалось под руководством Л. А. Залманзона. Промышленный выход нашли комбинированные струйно-мембранные элементы. Достаточно успешно развивалась гидравлическая ветвь средств автоматизации. К концу 1960-х гг. было начато промышленное освоение универсальной системы элементов гидроавтоматики.

### ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИБОРОВ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Широкий спектр работ по средствам автоматизации и естественная потребность в обобщении накопленных научных результатов привели в конце 1950-х гг. к разработке Государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП), в основу которой был положен агрегатный принцип. Вадим Александрович всячески поощрял эту работу. Роль лидера в разработке ГСП взял на себя член-корреспондент АН СССР Борис Степанович Сотков, крупнейший специалист по элементам автоматики. Одна из наиболее важных “изюминок” этой работы — классификация типовых функций средств в системах, построение рядов функционально однородных и легко сопрягаемых элементов. Переход Института в двойное подчинение — Академии наук СССР и Министерства приборостроения, средств автоматизации и систем управления — позволил эффективно реализовать идею ГСП. Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации стала на долгие годы основой технической политики министерства, руководимого тогда талантливым и высокоавторитетным специалистом К. Н. Рудневым.

В конце 1950-х гг. с появлением полупроводниковой и ферритной техники Вадим Александрович Трапезников стимулирует работы по созданию серий логических элементов, выполняемые под руководством М. А. Розенблата и Н. П. Васильевой, и систем логического управления. В своей лаборатории он организует группу молодых специалистов под руководством А. Ф. Волкова для создания управляющей цифровой вычислительной машины, которая в дальнейшем послужила прообразом целого класса вычислительных машин оборонного назначения. Работы в области логических элементов и уст-



ройств вдохновили специалистов на проведение исследований по дискретным средствам автоматизации. В этот период, из состава лаборатории, руководимой М. А. Гавриловым, выделяются три новые лаборатории — три научных направления: по созданию средств и систем технического диагностирования объектов (руководитель П. П. Пархоменко); систем массового обслуживания и конкретно систем резервирования и продажи авиабилетов для "Аэрофлота" (руководитель В. А. Жожикашвили); параллельных цифровых высокопроизводительных вычислительных машин с перестраиваемой структурой (руководитель И. В. Прангишвили). В нашей стране эти новые направления были пионерскими и оказали значительное воздействие на развитие средств автоматизации и расширение сфер их применения.

### **КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ**

В уже упоминавшемся докладе на собрании Отделения технических наук АН СССР наряду с агрегатным принципом Вадим Александрович сделал также ряд основополагающих предложений по комплексной автоматизации.

Прежде всего, предлагалось проектировать управляющие системы в едином комплексе с проектированием технологических объектов. Главный аргумент в пользу такого предложения заключался в том, что управляющая система и объект управления суть новый объект со своими особенностями свойствами, отличными от свойств системы и объекта управления, взятых порознь, поэтому уже с самых первых шагов процесса проектирования следовало добиваться желаемых характеристик этого нового, интегрированного, объекта.

Далее обращалось внимание на необходимость расширения перечня регулируемых координат, добавляя к таким привычным, как температура, давление, перемещение, уровень и др., менее традиционные координаты-показатели качества технологических процессов (например, концентрации полезных компонентов в технологических смесях, удельные затраты энергии и др.). Это предъявляло новые требования к разработке специальных измерительных комплексов и датчиков.

И, наконец, предлагалось создавать единые управляющие системы технологически связанными агрегатами, учитывая все варианты режимов их функционирования, в том числе предаварийные и аварийные.

### **РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ**

Можно утверждать, что В. А. Трапезникову удалось своевременно осознать ту серьёзную "смену вех", что происходила с начала 1950-х гг. в идеологии автоматизации. Став директором Института, он организует ряд новых лабораторий по проблеме комплексной автоматизации во главе с В. Л. Лоссиевским, Н. Н. Шумиловским, Д. И. Агейкиным, М. А. Айзерманом, А. Я. Лernerом. Кроме чисто теоретических, фундаментальных исследований, новые лаборатории включали в свои планы работы по автоматизации конкретных технологических процессов. На заседаниях Учёного совета того вре-

мени Вадим Александрович настойчиво пропагандировал идею гармоничного объединения теоретических исследований с прикладными, причём прикладные работы он рассматривал как естественный способ поиска и формулировки новых фундаментальных проблем. При этом важнейшей задачей Института В. А. Трапезникова всегда считал развитие теории. И подтверждением тому были тематические заседания Учёного совета по фундаментальным вопросам теории управления, приглашение для работы известных учёных-теоретиков, организация новых теоретических лабораторий. Так, в 1950-е гг. были созданы лаборатории А. М. Лётова, Я. З. Цыпкина, В. С. Пугачёва. Довольно часто на заседаниях Учёного совета звучали и обсуждались призывы Вадима Александровича доводить теоретические разработки до внедрения в практику.

### **ПРОБЛЕМА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА**

Трудности внедрения теоретических новинок теории управления в автоматизацию производства заставили Вадима Александровича заняться этой проблемой более обстоятельно. Главную причину сложностей с внедрением он видел в отсутствии экономической заинтересованности в результатах автоматизации на отечественных предприятиях. При жёстком планировании объёмов выпуска продукции и ещё более жесткой регламентации цен, штатных расписаний и других плановых параметров внедрение новшеств не приносило руководителям промышленных предприятий ничего, кроме лишней "головной боли".

Все последующие годы В. А. Трапезников целеустремленно занимался поиском путей облегчения и упрощения внедрения достижений науки. Он называл это проблемой научно-технического прогресса в народном хозяйстве. Вадимом Александровичем было внесено немало предложений по путям её решения, он выступал с докладами, публиковал статьи в центральной прессе и на посту первого заместителя председателя ГКНТ СССР не жалел сил на конструктивное решение проблемы внедрения. Свои поиски в этой области он подытожил в 1983 г. в книге "Управление и научно-технический прогресс".

Поворот к прикладным проблемам был продиктован не только логикой развития самой области знаний — автоматикой, но и условиями жизни научно-исследовательских институтов в тогдашней экономической системе. При любой результативности теоретических исследований, не приводящей к прямой практической отдаче народному хозяйству, трудно было рассчитывать на серьёзное развитие материальной базы институтов.

### **АПЛ ПРОЕКТА 705**

Именно в это время, в 1958 г., академик Анатолий Петрович Александров предложил Вадиму Александровичу принять участие в конкурсе предэскизных проектов глубокой комплексной автоматизации нового класса атомных подводных лодок — истребителей подводных и надводных кораблей вероятных противников. Это пред-



ложение было всесторонне взвешено. В. А. Трапезников обсудил его с ведущими сотрудниками Института, про-консультировался с руководителями ряда отраслевых институтов, в том числе и с теми, кого предполагалось привлечь к тесному сотрудничеству.

Взвесив все “за” и “против”, Вадим Александрович принял решение участвовать в конкурсе и взял на себя общее руководство подготовкой предложения по проекту. В результате к концу 1959 г. был подготовлен пред-эскизный проект, который 30 декабря 1959 г. был передан заказчику — Технической службе Военно-Морского флота. Комиссия, подводившая итоги, признала предложения Института наиболее подходящими. Главными достоинствами ИАТовского проекта были единая концепция построения управляющих систем и глубокая унификация технических средств автоматизации и многих других решений.

Вскоре Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР В. А. Трапезников был назначен научным руководителем комплексной автоматизации АПЛ, а Институт привлекли к выполнению научных исследований, предназначенных для обеспечения проектных работ.

Новый флагман отечественного подводного флота создавался почти в одни сроки с американским кораблём аналогичного назначения (последний известен из открытой печати под именем “Трещер” и погиб при испытаниях).

Впоследствии все разработки для АПЛ (с некоторыми модификациями) были перенесены на новую серию атомных ледоколов “Арктика”, “Сибирь” и др. Научное руководство автоматизацией новых ледоколов также выполнял Институт проблем управления (ИПУ) во главе с В. А. Трапезниковым.

В ноябре 1971 г. первый вариант лодки-истребителя, получившей в западной печати наименование “Голубой кит”, вышел в море под командованием капитана 1-го ранга А. С. Пушкина и прошёл Государственные испытания. Лодка второго варианта — основного — была испытана под командованием капитана 1-го ранга А. У. Аббасова и принята на вооружение в 1978 г.

Большая группа ведущих сотрудников Института, внесших значительный вклад в автоматизацию АПЛ проекта 705, была награждена Ленинской и Государственными премиями, высшими государственными орденами и медалями.

На протяжении тридцати лет В. А. Трапезников оказывал прямое или косвенное (посредством организации поисковых научно-исследовательских работ) воздействие на развитие теории и техники автоматизации отечественного подводного флота. При этом круг его собственных научных интересов естественным образом расширялся. Решая задачи автоматизации корабельных комплексов, он и его сотрудники выполнили значительный объём работ по управлению боевыми действиями подлодок в типовых ситуациях контакта со средствами противодействия потенциального противника. Вадим Александрович полагал, что пока Институт способен получать новые результаты, полезные для совершенствования отечественной оборонной техники, работы в этом направлении нужно продолжать. Страна должна быть обороноспособна.

## УПРАВЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Интерес Вадима Александровича к организационно-экономическим системам, по-видимому, оформился к 1960 г. Именно в 1960 г. он выступил с докладом на I конгрессе Международной федерации по автоматическому управлению (ИФАК) с довольно претенциозным — в духе того времени — названием: “Автоматика и человечество”. В этом докладе обсуждались перспективы автоматизации в экономике, научных исследованиях, проектировании. Доклад на III Всесоюзном совещании по автоматическому управлению 1965 г. так и назван: “Автоматическое управление и экономика”. В нём содержатся обобщающие результаты по исследованию проблемы экономической эффективности процессов автоматизации и связанных с нею проблемы повышения качества и потребительских свойств продукции промышленных предприятий. Предложенная в докладе методика расчёта эффективности управляющих систем вызвала у специалистов немалый интерес. На протяжении ряда следующих лет все ключевые работы по анализу экономической эффективности, как правило, содержали ссылки на это выступление В. А. Трапезникова.

Вопросам совершенствования управляющих систем крупными организационно-экономическими комплексами посвящён его доклад “О некоторых перспективах развития управляющих систем” на VIII Всесоюзном совещании по проблемам управления в 1980 г. Это был период широкого распространения автоматизированных управляющих систем (АСУ) в непромышленной сфере, который зачастую не сопровождался должным анализом экономической эффективности внедряемых систем. В стране стали раздаваться голоса о неэффективности АСУ вообще. Вот почему доклад директора ИПУ АН СССР, в котором “зёрна отделялись от плевел”, оказался особенно актуален. В своих работах Вадим Александрович немалое внимание уделял проблеме встраивания, “вживления” автоматизации в производственную и общественную деятельность человека. По-видимому, именно В. А. Трапезникову принадлежит первая успешная попытка рассмотреть психологические аспекты внедрения и эксплуатации АСУ.

В. А. Трапезников неоднократно и в весьма острой форме заявлял — и устно, и письменно — об опасной недооценке роли научно-технического прогресса. Вадим Александрович не боялся говорить о том, что в сравнении с товарами экономически развитых стран продукция, выпускаемая отечественной промышленностью, совершенно неконкурентоспособна. В 1963 г. он обнародовал в газете “Правда” статью по тем временам достаточно дерзкого содержания — она называлась “Критерий — качество!”.

В 1964 г. в той же “Правде” он публикует ещё более смелую статью: “За гибкое экономическое управление предприятиями”. В ней В. А. Трапезников подвергает критике сложившуюся систему оценки работы предприятий по плановым намёткам и предлагает перейти к оценке по главному показателю — прибыли.



В докладе на IV Всесоюзном совещании по автоматическому управлению в 1968 г. он говорил: "...научные методы организации управления стали одним из основных факторов прогресса. Экономическое подчинение на основе лучше организованных знаний становится всё более весомым". Свои взгляды на роль организации управления в производстве и экономике страны он подкрепляет выдержкой из вышедшей в 1967 г. книги Дж. Дж. Сесван-Шрайбер (J. J. Sesvan-Schreiber) "Американский вызов": "...если положение в ближайшее время коренным образом не изменится — речь идёт о Европейском экономическом сообществе, то в 1980 г. Америка будет обладать монополией на технику, науку и современную мощь... Европа будет богатеть, но впервые в истории её обгонит и поработит более развитая цивилизация".

Наше поколение, по существу, пожинает плоды прошлых стратегических ошибок руководства страной...

В 1970 г. в номере "Известий" от 17 января Вадим Александрович доказывает, что главным источником роста благосостояния народа является научно-технический прогресс. Статистические данные подтверждают этот вывод, поскольку темпы роста благосостояния и научно-технического прогресса почти совпадают. Немалый интерес представляет предложенная В. А. Трапезниковым методология оценки динамики научно-технического прогресса.

Сравнивая различные пути развития народного хозяйства (газета "Правда" от 18 января 1976 г.) в пятилетке 1966—1970 гг., он показывает, что увеличение производственных фондов дает на 1 руб. затрат 39 коп. национального дохода, а вложение 1 рубля в развитие науки и освоение её результатов приносит 1 руб. 45 коп. дохода, т. е. в четыре с лишним раза больше. Вадим Александрович также замечает, что 30—40 % сумм, выделяемых на расширение производственных фондов, фирмы США вкладывают в научные исследования, и что именно высочайшая экономическая эффективность науки объясняет осуществляющую многими зарубежными, и, прежде всего американскими фирмами, "охоту за мозгами" других стран (он называл это "покупкой мозгов").

Констатацию недостаточного внимания директивных государственных органов к внедрению новой техники и перечисление последствий невыполнения планов по ее созданию и доведению до эксплуатации, включая и столь совершенные средства, как новейшие управляющие системы, Вадим Александрович сопроводил анализом изменения фондооруженности и фондоотдачи в народном хозяйстве. Он привел просто ошеломляющую цифру: если в 1958 г. приращение производственных фондов на 1 руб. давало 52 коп. национального дохода, то в 1980 г. — всего лишь 16 коп.

По сути дела, в 1960—1980-е гг. именно Вадим Александрович Трапезников был самым острым и критически настроенным патриотом-публицистом, который с глубоко выстраданными болью и негодованием говорил о проводимой в стране научно-технической политике и вносил конструктивные предложения по её совершенствованию.

## УПРАВЛЕНИЕ НАУЧНЫМ ИНСТИТУТОМ

Даже пребывание на посту заместителя председателя Государственного комитета СССР по науке и технике не подминало под себя главное дело жизни В. А. Трапезникова — управление Институтом автоматики и телемеханики. Без сомнения, Вадима Александровича можно отнести к категории авторитарных руководителей. Заметим, однако, что при немалой жёсткости и умении действовать Вадим Александрович принимал во внимание общественное мнение, прислушивался к советам общественных организаций и авторитетных учёных.

Пожалуй, важнейшей чертой Трапезникова как директора была способность постоянно удерживать под личным контролем наиболее перспективные исследования в Институте. Ни организационная текучка, ни большие государственные дела не мешали ему заниматься этим неустанно и последовательно. Как-то он заметил, что новые идеи и решения медленно и подспудно зреют, но когда появляются новые серьёзные результаты, директор просто обязан приложить максимум усилий к тому, чтобы, сконцентрировав внимание на продвигающемся к успеху сотруднике или коллективе, помочь довести дело до весомого конечного результата. Этот принцип руководства он называл выявлением "точек быстрого роста".

Впрочем, оказывая значительную организационную, психологическую и идейную поддержку тем сотрудникам, чьи работы попадали в "точку роста", в вопросах авторства он был в высшей степени щепетилен. Из многих Государственных и Ленинских премий, полученных сотрудниками Института, он стал соавтором только в двух удостоенных высоких наград работах. Но эти работы он сам инициировал, этими работами он сам руководил и из этих работ — в процессе их "вывода во внешний мир" — помог "выжать" максимум возможного. Подобное отношение крупного руководителя к авторству сотрудников — безусловный залог поддержания этической и нравственной атмосферы в коллективе.

Вообще, сохранение нравственной атмосферы в Институте всегда было предметом особых забот Директора. Порой ради поддержания нормального творческого климата Вадиму Александровичу приходилось принимать весьма крутые меры, вплоть до увольнения специалистов с очень известными именами. Если в Институте завязывалась склока, начинало проявляться взаимное недоверие, демонстрировалось непомерное самолюбование, директор сразу начинал действовать решительно и нелицеприятно.

В не меньшей степени Вадим Александрович заботился о том, чтобы в Институте поддерживался высокий уровень математической культуры. Он охотно брал на работу сильных математиков, полагая, что благодаря их влиянию будет расти профессионализм теоретиков и прикладников с инженерно-техническим образованием. Такое понимание роли математики было заложено ещё первым директором ИАТ академиком Виктором Сергеевичем Кулебакиным, который в 1940 г. пригласил в Институт академика Н. Н. Лузина. В Институте работали и другие известные математики, в том числе академики



А. А. Андронов и В. С. Пугачёв, профессора М. А. Красносельский, А. М. Лётов, Р. Ш. Липцер, Н. А. Бобылев и другие.

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАУКИ

Повышение эффективности научных исследований, качества получаемых научных результатов, безусловно, было главной заботой В. А. Трапезникова до последнего дня руководства Институтом. В начале 1960-х гг. им было провозглашено “соревнование идей”: призыв к организованному сопоставлению результатов и уровня научных разработок.

В 1967 г. с приходом на пост первого заместителя директора С. В. Емельянова усилия дирекции по созданию системы контроля качества работ лабораторий вылились в разработку новой системы стимулирования уровня и результативности теоретических и прикладных исследований, основанной на экспертных оценках. Ежегодные экспертные сессии, на которых специально подобранные комиссии оценивали результаты теоретических и прикладных работ, воплотили в жизнь задумку Вадима Александровича о “соревновании идей”. Экспертные оценки стали не только стимулятором научных исследований, но и трибуной для публичного критического обмена мнениями, своеобразной школой для молодых научных сотрудников. Отношение к экспертизам, как впрочем, и к любым организационным механизмам, затрагивающим интересы людей, было различным, но их роль в укреплении Института как научного центра оказалась огромной. При этом, как показала жизнь,ника-

кие регалии не спасали авторов слабых работ от низких оценок, и — напротив — способные, молодые и трудолюбивые люди могли сразу получить общественное признание.

В. А. Трапезников хорошо понимал организующую роль Института в стране. С 1940 г. регулярно проводились не только Всесоюзные совещания по проблемам автоматики, но и тематические конференции по разным проблемным направлениям. Под патронажем Института был проведен I конгресс Международной федерации по автоматическому управлению — ИФАК. Конгресс стал незабываемым событием по уровню организации, представительности и научной насыщенности. Можно только удивляться тому, как удалось собрать в СССР весь цвет мировой науки по проблемам автоматики. На конгрессе активно работали Н. Винер, Р. Калман, А. Н. Колмогоров, Л. С. Понтрягин и другие выдающиеся теоретики.

Перестройку Вадим Александрович встретил настороженно, и когда в 1987 г. было объявлено о переходе Института с чисто бюджетного финансирования на частичный хозрасчёт, он произнёс пророческие слова: “Где начинается хозрасчёт, там кончается наука”.

В том же 1987 г. он завершил свою карьеру на посту директора.

Огромная научная эрудиция, государственное мышление, способность предвидеть развитие науки и техники позволили В. А. Трапезникову не только внести выдающийся вклад в становление и организацию науки у нас в стране, но и оставили нам богатейшее наследие, которое еще предстоит осмыслить и использовать. □

## III МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ПРОБЛЕМАМ УПРАВЛЕНИЯ — МКПУ III

Москва, 20—22 июня 2006 г.

На МКПУ III предполагается рассмотреть широкий круг вопросов, связанных с проблематикой современной теории управления: анализ и синтез систем управления, оптимальное управление и распределённые системы, адаптивные и робастные системы управления, стохастические системы управления, идентификация, системный анализ и теория систем, теория выбора и принятия решений, управление безопасностью сложных систем, системы распознавания образов и анализ данных, управление в медико-биологических, социально-экономических и организационных системах, активные системы, человеко-машинные системы, управление технологическими процессами и предприятиями, технические средства управления, системы логического управления, надёжность и техническая диагностика, вычислительные системы и сетевые технологии, искусственный интеллект, нейронные сети и системы управления, автоматизированное проектирование, управление транспортными потоками, управление в логистике, управление подвижными объектами.

Конференция состоится в Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН по адресу: Москва, Профсоюзная ул., 65. Официальные языки конференции — русский, английский.

Заявки на участие в конференции принимаются по адресу:

117997 Москва, ГСП-7, Профсоюзная ул., 65, Институт проблем управления, лаб. № 44,

Оргкомитет III Международной конференции,

тел./факс (095) 334- 89-69, e-mail: iccpripu@ipu.rssi.ru

Дополнительную информацию можно получить в сети Internet по адресу [www.ipu.ru](http://www.ipu.ru)



# ЕВГЕНИЙ АНАТОЛЬЕВИЧ МИКРИН

## (к 50-летию со дня рождения)

15 октября 2005 года известному ученому в области проектирования автоматизированных информационно-управляющих систем космических аппаратов и их программного обеспечения, доктору технических наук, профессору Евгению Анатольевичу Микрину исполняется 50 лет.

Е. А. Микрин родился в г. Лебедяни Липецкой области. Свою трудовую деятельность он начал в 1979 г. в НПО им. С. А. Лавочкина после окончания Московского высшего технического училища им. Н. Э. Баумана по специальности инженер-механик. В 1984 г. окончил Московский институт электронного машиностроения по специальности инженер-математик. В 1990 г. защитил кандидатскую диссертацию.

С 1981 г. Е. А. Микрин работает в Ракетно-космической корпорации "Энергия". С 1983 по 1990 г. он как ведущий специалист, а впоследствии как начальник сектора разрабатывал программное обеспечение для управления объединенной двигательной установкой транспортной системы "Буран".

С начала 1990-х гг. Е. А. Микрин активно участвует в проектировании Международной космической станции (МКС) в качестве технического и организационного руководителя по разработке программного обеспечения бортового комплекса управления (БКУ) Российской сегментом МКС. Под его руководством и при непосредственном участии были созданы программные обеспечения модулей "Звезда" (базовый блок МКС), "Заря" (функциональный грузовой блок МКС) и "Пирс" (универсальный стыковочный модуль МКС). За большой личный вклад в создание программного обеспечения МКС он награжден орденом "За заслуги перед отечеством" II степени.

Эти разработки выполнены в тесной кооперации с передовыми предприятиями США ("Boeing", "Lockheed", "Honeywell"), Европы (Alenia, EADS-ST и т. д.) и России (ГНПЦ им. М. В. Хруничева, ФГУП НИИ прикладной механики им. акад. В. И. Кузнецова, ФГУП НИИ "Аргон" и др.).

Под руководством Е. А. Микрина был разработан ряд информационно-управляющих систем для тренажеров центров подготовки космонавтов в Звездном городке (Россия), Хьюстоне (США), Кельне (ФРГ) и Тулузе (Франция).

Результаты разработок и исследований в области проектирования автоматизированных информацион-



но-управляющих систем реального времени составили основу докторской диссертации, защищенной в Институте проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН в 2001 г. На основе единой методологии и принципов модульности им разработаны комплексный подход, методы формализации, модели, алгоритмы и программы проектирования модульных систем обработки данных реального времени для БКУ космическими аппаратами, обеспечивающие формальный анализ и синтез технологии разработки и отработки программного и информационного обеспечения БКУ космических аппаратов. Результаты диссертации получили широкий отклик в научных кругах не только России, но и зарубежных космических агентств (NASA, ESA), на предприятиях космической отрасли ("Boeing", "Astrium"). На основе этой методологии под руководством Е. А. Микрина ве-

дутся работы по моделированию функционирования бортовых систем американского сегмента МКС по заказу NASA-“Boeing”.

В настоящее время Е. А. Микрин руководит работами по проектированию бортовых и наземных комплексов управления и их программного обеспечения как для пилотируемых, так и для автоматических космических аппаратов. Под его руководством разрабатываются приборы и системы управления Европейского транспортного корабля ATV, многоцелевого лабораторного модуля для МКС, спутниковых систем связи "Ямал", дистанционного зондирования Земли "БелКА", а также систем оборонного назначения, осуществляется модернизация систем управления движением и навигации транспортных кораблей "Союз" и "Прогресс".

За большой вклад в развитие оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации Е.А. Микрин удостоен в 2004—2005 гг. стипендии Президента России.

Е. А. Микрин — продолжатель научной школы, созданной на фирме С. П. Королева академиками Б. Е. Черноком, Б. В. Раушенбахом, В. П. Легостаевым. Становление Евгения Анатольевича как ученого проходило при тесном взаимодействии и контакте с сотрудниками Института проблем управления. В основе работ Е. А. Микрина лежат научные традиции, заложенные академиками Б. Н. Петровым и В. А. Трапезниковым при решении задач, связанных с управлением, построением информационно-управляющих систем и комплексной автоматизацией.



Е. А. Микрин является автором около трехсот публикаций, из них более ста печатных, в том числе трех монографий ("Проектирование информационно-управляющих систем долговременных орбитальных станций", М.: Наука, 2002, "Бортовые комплексы управления космическими аппаратами и проектирование их программного обеспечения", М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003; "Теоретические основы обеспечения информационной безопасности в организационных системах", М.: Наука, 2005). Результаты его научной деятельности неоднократно представлялись на всероссийских и международных конференциях, конгрессах ИФАК.

С 1991 г. Е. А. Микрин ведет преподавательскую работу в МГТУ им. Н. Э. Баумана, в настоящее время является заведующим филиалом кафедры "Системы автоматического управления" факультета ракетно-космической техники в г. Королеве. Обучение студентов на филиале кафедры ведется по новой форме целевой подготовки специалистов, сочетающей принципы университетской дневной формы обучения с непрерывной научно-производственной практикой студентов в отделах и лабораториях предприятия, в которых студенты трудятся в качестве штатных работников или практикантов по профилю будущей специализации. Подобранный Евгением Анатольевичем коллектив преподавателей, его личный авторитет как специалиста и руководителя, формы и методы обучения дают хорошие результаты — около половины студентов остаются работать на предприятии, а кафедра вот уже несколько лет является одной из лучших в МГТУ.

Е. А. Микрин большое внимание уделяет научно-организационной работе — является членом президиума Ученого совета предприятия, сопредседателем секции "Системы управления космических аппаратов и комплексов" Королёвских академических чтений по космо-

навтике, заместителем председателя специализированного Ученого совета по системам управления, членом Международного контрольного совета по электронике и программному обеспечению МКС, членом "Проблемного совета" НТС Роскосмоса по бортовым системам управления и бортовым приборам. Евгений Анатольевич — действительный член международной академии навигации и управления движением и ассоциации IEEE, а также действительный член Российской академии космонавтики им. К. Э. Циолковского, член редколлегий журналов "Проблемы управления" и "Вестник компьютерных и информационных технологий".

Для Е. А. Микрина характерны человечность и порядочность. Будучи руководителем большого коллектива, он знает деловые качества и способности, слабые и сильные стороны характера, мечты и интересы каждого сотрудника. Всегда готов поддержать товарища в трудную минуту, ненавязчиво оказывает нуждающимся помощь советом и делом, будь то производственные или житейские проблемы. Демократичный, открытый для общения, Евгений Анатольевич умеет правильно ставить задачи и цели, находить верные, подчас единственны, решения сложных производственных, научных и технических проблем, эффективно организовать их реализацию. Строгий руководитель и одновременно доброжелательный и отзывчивый сослуживец, Евгений Анатольевич пользуется непрекращающимся авторитетом в подчиненном ему подразделении.

Многочисленные коллеги, друзья, ученики от всей души поздравляют Вас, Евгений Анатольевич, с юбилеем! Здоровья Вам, новых творческих планов и успехов, неугасаемой энергии и оптимизма!

Б. В. Павлов, В. В. Кульба

## Читайте в следующем номере

**Амбарцумян А.А., Хадеев А.С.** Анализ функциональности систем управления техническим обслуживанием и ремонтом оборудования

**Беляков А.Г., Лапин А.В., Мандель А.С.** Управление запасами товаров азиатского спроса

**Егоров А.Ф., Савицкая Т.В., Михайлова П.Г.** Модели и методы решения задач оперативного управления безопасностью непрерывных химико-технологических систем Ч. 1. Управление в условиях неопределенности

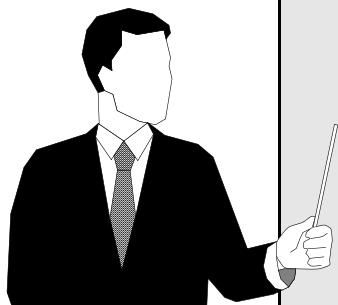
**Радченко Е.Г., Юдицкий С.А.** Моделирование динамики потоков в многоагентных системах

**Асратьян Р.Э.** Интернет-служба для поддержки распределенных информационно-управляющих систем

**Жевнеров В.А.** Описание процесса передачи данных в системах со случайным множественным доступом

**Наталуха И.Г.** Оптимальные стратегии инвестирования и потребления в стохастической инвестиционной среде с учетом инфляционного риска

**Багдасарян А.Г.** Модель информационной автоматизированной системы для решения задач управления крупномасштабными комплексами





# МЕРОПРИЯТИЯ IFAC – Международной федерации по автоматическому управлению

Мероприятие	Дата	Место проведения
IFAC Conference Fieldbus Systems and their Applications FeT'2005	November 14–15 2005	Puebla MEXICO
IMACS IFAC Symposium Mathematical Modelling — 5th MATHMOD	February 08–10 2006	Vienna AUSTRIA
IFAC Workshop Control Applications in Post-Harvest and Processing Technology CAPPT 2006	March 26–29 2006	Potsdam GERMANY
IFAC Symposium Modelling, Identification and Signal Processing (SYSID' 2006) Identification and System Parameter Estimation	March 29–31 2006	Newcastle AUSTRALIA
IFAC Symposium Advanced Control of Chemical Process ADCHEM	April 02–05 2006	Gramado BRAZIL
IFAC Workshop Control Applications of Optimization — CAO 06	April 26–28 2006	Cachan — Paris FRANCE
IFAC IFIP, IMS, IEEE Symposium Information Control Problems in Manufacturing INCOM 2006	May 17–19 2006	St. Etienne FRANCE
IFAC (IEEE Control Systems Society) Symposium Automated Systems Based on Human Skill and Knowledge	May 22–24 2006	Nancy FRANCE
IFAC Conference 6th IFAC Conference on the Analysis and Design of Hybrid Systems ADHS06:	June 07–09 2006	Alghero ITALY
IFAC Symposium Advances in Control Education — ACE 2006	June 21–23 2006	Madrid SPAIN
IFAC IEEE Power Engineering Society Symposium Power Plant and Power System Control 2006	June 25–28 2006	Kananaskis/Alberta CANADA
IFAC Conference Analysis and Control of Chaotic Systems — CHAOS'06	June 28–30 2006	Reims FRANCE
IFAC Symposium Robust Control Design — ROCOND	July 05–07 2006	Toulouse FRANCE
Conference Asian Control Conference — in co-operation with IFAC-	July 18–21 2006	Bali INDONESIA
IFAC Workshop Fractional Differentiation and its Applications — FDA	July 19–21 2006	Porto PORTUGAL
IFAC Symposium Fault Detection, Supervision and Safety of Technical Processes — SAFEPROCESS	August 30– September 01 2006	Beijing CHINA
IFAC Symposium Robot Control — SYROCO	September 06–08 2006	Bologna ITALY
IFAC IEEE/ASME Symposium 4th IFAC Symposium on Mechatronic Systems (MECHATRONICS 2006)	September 12–14 2006	Wiesloch/Heidelberg GERMANY
IFAC Meeting 50th Anniversary Celebration: Present and Future of Automatic Control	September 15–15 2006	Heidelberg GERMANY
IFAC (IEEE/IUPESM/IMEKO) Symposium Modelling and Control in Biomedical Systems	September 20–22 2006	Reims FRANCE
IFAC Workshop Automation in Mining, Mineral and Metal Industry	September 20–22 2006	Cracow POLAND
IFAC Symposium Computer Applications in Biotechnology — CAB10	June 04–06 2007	Cancun MEXICO
IFAC Symposium DYnamics and COntrol of Process Systems, DYCOPS-8	June 06–08 2007	Cancun MEXICO
IFAC Symposium Nonlinear Control Systems — NOLCOS (7th)	August 22–24 2007	Pretoria SOUTH AFRICA
IFAC Congress World Congress	July 06–11 2008	Seoul KOREA

Дополнительную информацию см. на сайте <http://www.ifac-control.org/>

# CONTENTS & ABSTRACTS

ELECTRONIC HYPERBOOK: A NEW ERA  
IN SCIENCE AND EDUCATION ..... 2  
**Epshtain V. L.**

The paper overviews the types of electronic books, their merits, drawbacks, added value, demand and benefits for various user categories. A concept of electronic hyperbook is introduced, the schemes and examples of paper books reincarnation are adduced. The results of foreign marketing polls are presented. The paper suggests to create electronic hyperbooks and on-line problem-oriented hyperbook libraries for improving the efficiency of scientific knowledge production, dissemination, acquisition, and utilization.

THE CONSEQUENCES OF RUSSIA ENTRY  
INTO WTO ..... 9  
**Pashchenko F. F., Gusev V. B., Antipov V. I.**

The paper describes macroeconomic forecasts based on the Russian domestic product reproduction model adapted to the statistical data structure. The prediction results of Russia WTO entry consequences are estimated.

OPTIMIZATION SIMULATION FOR SOLVING  
THE OPTIMIZATION PROBLEMS OF MODERN  
COMPLEX INDUSTRIAL SYSTEMS ..... 19  
**Antonova G. M., Tsvirkun A. D.**

The evolution and state of the art of large-scale systems simulation are reviewed. The problems of modern metamodels development and the ways to solve them for improving the simulated plants operation efficiency are discussed.

IMPROVING THE MANAGEMENT EFFICIENCY  
OF COMPLEX ORGANIZATIONAL  
AND SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS ..... 28  
**Pranghishvili I. V.**

To improve the management efficiency of socio-economic and organizational systems, the following four scientific methods are proposed: golden section, soft resonance management, cognitive analysis, and reflexive management. The paper briefly discusses the featured properties of these methods, adduces some examples, and lists the advisable application fields.

STATE MANAGEMENT SCENARIOS. THE SERBIA  
AND MONTENEGRO UNION CASE STUDY ..... 33  
**Kul'ba V. V., Kononov D. A., Chernov I. V., Yanich S. S.**

The paper presents application results of a new topical scientific research direction: complex systems scenario design. It discusses modeling premises, a model of socio-economic system behavior, and the factors causing its condition changes. The resulting scenarios of synergistic behavior, direct and attractive management of Serbia and Montenegro Union for the next 10...15 years are offered. The paper specifies the necessary implementation stages for socio-economic transformations to ensure effective goals achievement.

GOVERNMENT ROLE IN THE FORMATION  
OF FAVORABLE INSTITUTIONAL ENVIRONMENT  
ENABLING REGIONAL INDUSTRIAL COMPLEX  
DEVELOPMENT. THE MOSCOW CITY  
CASE STUDY ..... 42  
**Panteleev E. A.**

The paper estimates the status of governmental regulation of post-socialist economy transformation process. It concludes about the strategic importance of creating effective institutional environment and the need to increase the role of government in its formation. Main lines of institutional environment improvement at the current stage of reforms are discerned. The paper adduces the examples of Moscow government's actions in search of mechanisms ensuring both public law compliance and the improvement of enterprise business practices within an integrated business system and in view of enterprises interests balance, economic progress, and national interests.

CAPITAL CENTERS FORMATION MECHANISM. .... 51  
**Tsyganov V. V., Bagamaev R. A.**

The conditions of enterprise investment attraction are found. The paper shows that economic liberty entails the creation of prop-

erty and capital centers. It determines the conditions of regional capital centers formation and shows that with the current level of exporters' excess profits outflow, the participation of Russia in WTO will result in national budget shrinkage.

INNOVATIVE AND INVESTMENT POLICY:  
A TECHNOLOGY CHANGE MODEL ..... 55  
**Ivaschenko A. A., Nizhegorodtsev R. M., Novikov D. A.**

A dynamic model of technologies change is formulated and investigated. The problems of optimal innovative policy (What are the optimal moments to start R&D and to apply their results?) and optimal investment policy (What is the optimal investment schedule for new technologies?) are solved.

METHODICAL AND ANALYTICAL FUNDAMENTALS  
OF COGNITIVE APPROACH TO SWOT ANALYSIS ..... 58  
**Kovriga S. V.**

A method for revealing the opportunities of and the threats to socio-economic object development is presented. The method was developed on the basis of cognitive approach and SWOT analysis methodology. Its application is advisable at the stage of target setting and object development strategy formation.

COMPANY'S STRATEGIC TARGETS AND THEIR  
RELATIONSHIP WITH TACTICS AND RESOURCES .. 64  
**Baranenko S. P.**

The paper analyzes the relationships between enterprise development targets, its robustness, planning, and management practices under external and internal disturbances.

COMPLEX SYSTEM SECURITY AND ROBUSTNESS  
MANAGEMENT UNDER EXTERNAL IMPACTS ..... 70  
**Kochkarov A. A., Malinetsky G. G.**

A mathematical model of external negative impacts propagation across a complex system structure is developed. Qualitative and quantitative characteristics are introduced to estimate system elements' susceptibility to negative impacts dependent on element location in the system structure. Several synergetic effects were discovered in process of model investigation.

LOGICAL APPROACH TO THE IDENTIFICATION  
VALIDITY ANALYSIS ..... 77  
**Abramova N. A.**

The logical approach to the practical identification tasks is proposed that allows to evaluate the validity of methods used for solving such problems and to reveal the factors affecting the validity of identification-based solutions. Application examples are adduced.

CONTROL SYSTEMS WITH IDENTIFIER. PART I.... 83  
**Bunich A. L.**

The paper reviews the research in the area of discrete stochastic systems with identifier used for solving the problems of control systems design and operation under incomplete *a priori* information about the plant and external disturbance properties. The role of identification-based (indirect) approach among alternative synthesis procedures is discussed in view of algorithms computational complexity. The problem of attainable identifier speed is also considered.

THE PHENOMENON OF HEALTH: A CONCEPT  
AND APPLICATION ASPECTS ..... 92  
**Dartau L. A.**

Based on classic control theory, the paper attempts to find a relationship between the concepts of *health* in science and in common life. It justifies the need in public health control policy and concludes that effective health control is possible only if both the State and the Individual participate in it. Such control includes education activities as mandatory governmental measures, while the education would result in the Individual's responsible attitude to his/her own health.

V. A. TRAPEZNIKOV (to the centenary) ..... 99  
E. A. MIKRIN (to the 50<sup>th</sup> anniversary). ..... 105