

# Оглавление

---

*Предисловие*

**Развитие представлений о человеческих факторах в науке  
управления..... 5**

*Н. А. Абрамова*

**Рефлексивный подход и проблема взаимопонимания..... 52**

*Ф. Т. Алескеров, Н. Ю. Беляева, Е. Б. Бычкова, Е. В. Закамская,  
Д. А. Юзбашев*

**Сравнительный анализ развитости гражданского  
общества трех регионов России ..... 83**

*А. А. Амбарцумян, С. А. Браништов*

**Модели профильного включения персонала  
в управление сложными технологическими процессами..... 110**

*В. М. Бабилов, И. М. Панасенко*

**Учет человеческого фактора при обеспечении надежности  
человеко-машинных систем ..... 135**

*В. Н. Бурков, И. В. Буркова*

**Человеческий фактор в задачах управления  
социальными и экономическими системами..... 151**

*Е. А. Гребенюк, М. Г. Логунов, О. А. Мамиконова, Л. А. Панкова*

**Проблемы субъективности в решении задач  
управления и прогноза, связанных с анализом  
временных рядов ..... 156**

*В. М. Дозорцев*

**Психологические проблемы компьютерного тренинга  
операторов технологических процессов..... 179**

*А. А. Дорофеев, А. Л. Чернявский*

**Методы принятия решений в организационных системах  
с учетом человеческого фактора..... 241**

*Д. А. Кононов, В. В. Кульба, В. Д. Малюгин, А. Н. Шубин*

**Информационные процессы и информационное  
управление..... 256**

*О. П. Кузнецов, А. А. Кулинич, А. В. Марковский*

**Анализ влияний при управлении  
слабоструктурированными ситуациями на основе  
когнитивных карт ..... 313**

*А. С. Мандель, Д. А. Семёнов*

**Скоринг-оценивание и оптимизация процесса  
кредитования физических лиц как задача принятия  
решений в замкнутом контуре управления..... 345**

*Р. М. Нижегородцев*

**Проблема человеческого капитала в современной  
экономической науке и технологическая политика  
государства..... 370**

*Д. А. Новиков*

**Современные проблемы теории управления  
организационными системами ..... 391**

*Э. А. Трахтенгерц*

**Субъективность в стратегическом управлении ..... 408**

*А. Г. Чхартишвили*

**Теоретико-игровое моделирование информационного  
управления в активных системах ..... 439**

*Б. М. Шит*

**Электрические методы оценки теневой экономики..... 455**

*А. В. Щепкин*

**Игровое моделирование активных систем ..... 475**

*С. А. Юдицкий*

**Модель взаимодействия сознания и подсознания  
при решении задач управления ..... 487**

# **Предисловие: развитие представлений о человеческих факторах в науке управления**

---

В течение многих лет наука управления, признанным лидером в которой является Институт проблем управления имени В. А. Трапезникова РАН, развивалась в направлении разработки технических систем управления. Основной целью исследований, «точкой идеала» при решении теоретических задач управления считалось построение автоматической (не включающей участия человека) системы оптимального управления техническим объектом. Основная научная задача по отношению к управляемым техническим системам состоит в том, чтобы найти оптимальное, т. е. наилучшее по определенному критерию, управление, которое и будет заложено в систему управления. При этом понятия управления, системы управления являются основополагающими «инструментальными» понятиями: они позволяют вычленить объекты исследования и приложения научных знаний, определить постановки научных и прикладных задач. Комплекс понятий, идей, норм формальной постановки и решения научных задач, в основе которых лежат понятия системы управления и оптимального управления, можно рассматривать как базовую парадигму в развитии науки управления. Общей чертой исследований в рамках этой парадигмы было и остается использование аппарата современной математики. При этом методологическая общность исследований разнородных объектов управления, процессов и систем, в значительной мере обеспечивалась (и обеспечивается) кибернетическим подходом, который, как известно, с единых позиций рассматривает связи, управление и организацию в объектах любой природы.

Первая волна интереса к учету человеческого фактора в науке управления появилась в конце 60-х – начале 70-х годов XX века в связи с ориентацией исследований, с одной стороны, на человеко-машинные системы с человеком-оператором в роли субъекта управления и, с другой, — на человека в роли объекта управления.

Трактовка понятия человеческого фактора (или человеческих факторов)<sup>1</sup> в то время, в значительной мере, согласовывалась с активно развивавшимся в США научным направлением под названием «человеческий фактор», или «эргономика». Практически одновременно в СССР начались исследования роли человека в системах управления<sup>2</sup>.

Одна из основных идей этого направления состоит в том, что недостаточный учет свойств человека (человеческих факторов) при построении тех или иных систем, включающих человека, в основном, в роли оператора, может привести к неудовлетворительному решению поставленных задач: снижению надежности, уровня безопасности, достоверности и т. п. Еще одна важная для практики идея заключается в том, что задача выявления значимых человеческих факторов должна охватывать не только сами системы, но и процесс их проектирования.

Поскольку представления о человеке при создании наукоемких систем, в том числе, систем управления, формируются, в основном, теоретиками соответствующих научных направлений, нетрудно прийти к выводу, что с точки зрения качества решений: надежности, безопасности, достоверности и т. п. — первостепенную роль приобретает адекватность теоретических моделей человека. При этом ученые — создатели моделей — со своими человеческими факторами могут оказаться источниками риска.

---

<sup>1</sup> Как показывает текст переводного справочника «Человеческий фактор» (В 6 т. Т. 1. Эргономика — комплексная научно-техническая дисциплина: Пер. с англ. Ж. Кристенсен, Д. Мейстер, П. Фоули и др. М.: Мир, 1989), термин «человеческий фактор» в единственном числе, ставший фактически официальным в русском языке, естественно согласуется с употреблением множественного числа «человеческие факторы» в тех случаях, когда речь идет о многих факторах. Возможность использовать обе формы мы приняли в настоящем сборнике. (В подлиннике используется «human factors».) Возможность использовать обе формы мы приняли в настоящем сборнике.

<sup>2</sup> См.: Трапезников В. А. Человек в системе управления / Доклад на пленарном заседании V Всесоюзного совещания по проблемам управления 4 июня 1971 г. (Автоматика и Телемеханика. 1972. № 2) и Трапезников В. А. Управление и научно-технический прогресс. М., 1983.

Новая волна интереса к проблематике человеческих факторов в науке управления, о возникновении которой свидетельствует выпуск данного сборника статей, в основном, принадлежащих сотрудникам Института проблем управления РАН, вызвана рядом причин.

- В ходе развития науки направления, которая отталкивалась от базовой парадигмы управления техническими системами, обнаружилось, что теоретические представления о человеке и его роли в решении практических задач управления существенно изменяются, причем сложились или складываются направления, рассматривающие человека с кардинально различающихся позиций.
- Разрыв системы понятий и идей, используемых в разных направлениях, вплоть до придания существенно различного смысла одноименным понятиям, замкнутость направлений затрудняют перенос позитивных знаний между направлениями и их интеграцию.
- Появляются некоторые признаки неадекватности представлений о человеке и его возможностях при решении задач управления, которые сегодня являются традиционными в сложившихся научных направлениях.
- Некоторые специалисты говорят о недостатке новых, даже прорывных идей, вплоть до новых парадигм в моделировании человека при решении управленческих задач по всем направлениям исследований, в том числе, не вполне сформировавшимся.

Определяя цели сборника, выпуск которого был инициирован директором Института проблем управления РАН И. В. Прангишвили и его редакторами, И. В. Прангишвили задавался такими вопросами: насколько эффективную помощь может оказать наука в решении практических задач управления в условиях, когда существенную роль в осмыслении и решении задач, особенно крупномасштабных и слабоструктурированных, неизбежно решает человек? Насколько значим человеческий фактор в решении практических задач управления с использованием научных знаний? Насколько наука управления может быть полезной в решении «человеческой составляющей» задачи, какими средствами она для этого располагает? Задавались также вопросы о возможности интеграции позитивных идей, имеющихся в разных направлениях исследований в

науке управления, о возможности и целесообразности привлечения психологических знаний и взаимодействия с активизирующимися исследованиями по когнитивной науке.

Пришлось заново переосмыслить само понятие «человеческий фактор» в контексте науки управления. Рабочее определение, которое было представлено в приглашении специалистов Института к участию в сборнике, таково.

*Человеческие факторы в управлении* — это факторы<sup>3</sup>, которые связаны с различными ролями человека при решении задач управления и должны учитываться учеными при разработке средств решения таких задач (моделей, методов, математического аппарата, методологий, компьютерных средств и т. д.).

Более точно, речь идет о факторах, которые

- обусловлены различными ролями человека в жизненном цикле порождения и практического применения разрабатываемых средств решения задач управления;
- влияют на практическую значимость и адекватность практического применения теоретических результатов.

Представленное определение следует рассмотренным выше эргономическим идеям. Предполагалось, что специалисты, чьи исследования и практика внедрения научных результатов так или иначе касаются человека и человеческого фактора, в своих статьях выскажут свою точку зрения на это понятие, что позволит в дальнейшем провести согласование точек зрения.

В отношении содержания и структуры сборника редакторы приняли решение не накладывать существенных ограничений на авторов, рассчитывая, что при этом более естественно обнаружится реальное состояние исследований, связанных с человеческим фактором, и понимание этого вопроса различными специалистами.

Результаты такого свободного подхода, когда не предполагалось обобщающих публикаций по научным направлениям (если этого не захотят сами авторы), и считалось нормальным, что авторы могут просто представить результаты текущих исследований, в которых, по их оценке, значимы человеческие факторы, или просто

---

<sup>3</sup> Согласно определению, которое дает Советский энциклопедический словарь (М.: Советская энциклопедия, 1980), фактор (от лат. factor — действующий, производящий) — это «причина, движущая сила к.-л. процесса, явления, определяющая его характер или отдельные его черты».

свои неформальные представления по этому вопросу, как и можно было ожидать, образовали довольно пеструю мозаику. Представлен и психологический подход к проблемам, касающимся человека, и довольно свободные рассуждения о роли человека в решении задач управления; присутствуют как работы, активно обсуждающие проблему человеческого фактора, так и работы, по стилю изложения стремящиеся, по возможности, выделить математический, а не «человеческий» аспект решаемых проблем, как этого требуют действующие научные нормы. Заметна размытость понятия «человеческий фактор» и то, что единого научного языка, который позволял бы обсуждать проблематику человеческих факторов, в науке управления нет.

Возникает вопрос о целесообразности публикации такой мозаики. В связи с этим выглядит уместным суждение Норберта Винера. «Я никогда не представлял себе логику, знания и всю умственную деятельность как завершенную замкнутую картину; я мог понять эти явления только как процесс, с помощью которого человек организует свою жизнь таким образом, чтобы она протекала в соответствии с внешней средой. Важна битва за знание, а не победа. За каждой победой, т. е. за всем, что достигает апогея, сразу наступают «сумерки богов», в которых само понятие победы растворяется в тот самый момент, когда она достигнута».<sup>4</sup>

Наличие некоторой «сумеречности» и отсутствие целостного и широкого взгляда на роль человеческого фактора в современном состоянии науки управления, которое проявилось в представленном сборнике трудов Института проблем управления РАН, вряд ли следует драматизировать. Анализ текущего состояния — это основа для дальнейшего развития. Насколько такой анализ поможет рассеять сумерки, зависит, по мнению редакторов, от того, насколько удастся вынести полезные и конструктивные уроки для последующего процесса.

Но даже предварительный анализ показывает, что в ряде работ обнаруживаются позитивные идеи, которыми было бы полезно обогатить и другие направления исследований при ориентации на проблему человеческого фактора; иными словами, есть основания для интеграции уже имеющихся знаний.

---

<sup>4</sup> См.: Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. М.: Сов. радио 1968.

В представленном далее обзоре статей сборника сделана попытка систематизировать их, прежде всего исходя из роли (или ролей) человека в решении задач управления и связанных с этой ролью (ролями) человеческими факторами, которые учитываются в соответствующем направлении исследований. Кроме того, во всех случаях принималось во внимание, как и насколько учитывается, обосновывается и проверяется адекватность теоретических моделей человека в рассматриваемых ролях. Выделены позитивные идеи, которые, по мнению редакторов, целесообразно распространять в других направлениях исследований.

В этом обзоре мы коснулись также работ К. С. Гинсберга и В. И. Максимова, участие которых в сборнике планировалось, но не состоялось в силу тех или иных человеческих факторов. Без их работ (ссылки на которые и краткий обзор даны ниже) представление о том, как в работах Института учитываются человеческие факторы при решении задач управления, было бы недостаточно представительным.

Наиболее полно в сборнике представлено научное направление активных систем (работы основоположника теории активных систем В. Н. Буркова<sup>5</sup> и И. В. Бурковой, Д. А. Новикова, А. Г. Чхартишвили, А. В. Щепкина). К активным системам, в которых люди являются и субъектами управления, и объектами управления, принято относить организационные и социально-экономические системы.

Это направление в значительной мере опирается на единую систему понятий, подходов и норм, которая сложилась путем переноса базовой парадигмы оптимального управления на новый тип объекта управления — человека. Иными словами, уместно говорить о парадигме активных систем, которая является развитием базовой парадигмы в науке управления — см. рис. 1<sup>6,7</sup>.

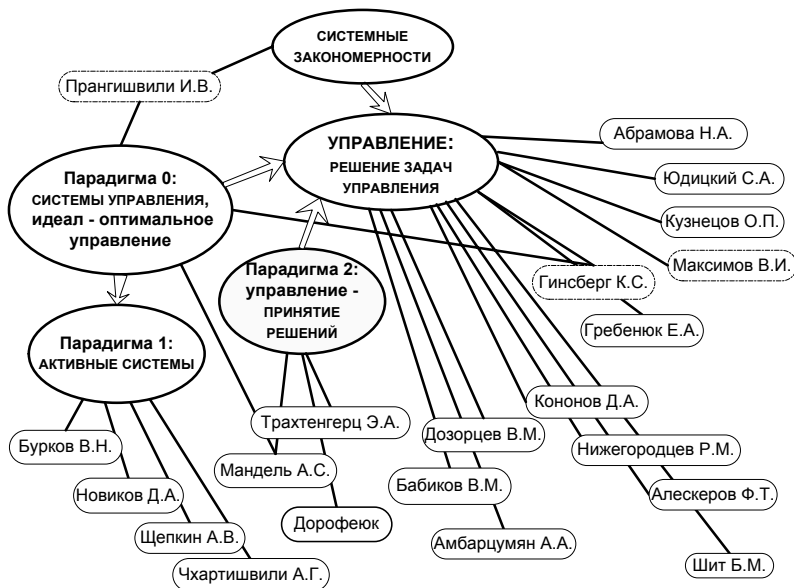
---

<sup>5</sup> Сведения об авторах представленных статей приводятся в конце каждой из статей. Более полную информацию об авторах, работающих в ИПУ РАН, можно найти на сайте Института: [www.ipu.ru](http://www.ipu.ru).

<sup>6</sup> В настоящей работе используется независимая внутри отдельных статей нумерация рисунков, таблиц и пр.

<sup>7</sup> На рисунке работы авторов, охваченных в данном обзоре, сгруппированы по научным направлениям (когда это было возможно). Для краткости статьи, представленные в сборнике, идентифицированы первым автором по алфавиту. Пунктиром обозначены авторы, чьи статьи в сборнике отсутствуют.





**Рис. 1.** Группировка исследований, учитывающих человеческие факторы, по научным направлениям

Центральным для парадигмы активных систем является представление о человеке как об активном элементе системы, который в ответ на управляющее воздействие со стороны центра (управляющей подсистемы) ведет себя целенаправленно, то есть формирует свои действия, стремясь удовлетворить свои собственные интересы и следуя своим предпочтениям.

Задача управления, которую решает исследователь для какого-то класса управленческих ситуаций, заключается в том, чтобы найти такое управление (механизм, процедуру, «правила игры»), которое с учетом целенаправленности поведения управляемого субъекта («агента») привело бы к реализации наиболее выгодного для центра результата деятельности. Иными словами, ученый «играет» на стороне центра.

В основе подхода к постановке и решению задач лежит идея формального математического моделирования (описания) поведения людей, подобно тому, как это делается для технических объектов управления. Такая формализация создает основу для применения математических средств решения задач управления. При этом

направление активных систем в значительной мере опирается на математический аппарат теории игр, развивая этот аппарат с учетом потребностей решаемых задач управления, и известные математические модели принятия решений.

Формализованная модель поведения управляемого субъекта в функциональном отношении строится в соответствии со спецификой данного типа задач, но типовая теоретическая схема, в которую вкладывается специфическая модель, исходит из принятого принципа (постулата) рационального поведения человека. По этому принципу, согласно его трактовке в рамках данного направления, в основе поведения индивидуума лежит стремление получить максимальный результат при минимальных затратах в условиях ограниченности используемых возможностей и ресурсов. Именно этим принципом определяется модель «человека экономического», или «*homo economicus*».

Согласно принятой схеме, поведение человека в заданных условиях («правилах игры») представляет собой принятие решений, понимаемое как выбор какого-то из действий, допустимых в данных условиях, в соответствии с его «целевой функцией». Эта функция определяет и критерий, по которому производится выбор, и факторы, от которых он зависит, включая, прежде всего, управляющее воздействие. Рациональность поведения трактуется как стремление к экстремизации целевой функции. При этом по умолчанию предполагается, что необходимую формализацию может провести исследователь определенного класса задач или управленческих ситуаций.

В статье В. Н. Буркова, И. В. Бурковой «Человеческий фактор в задачах управления социальными и экономическими системами» человеческим фактором в задачах управления такими системами называется «совокупность свойств человека, как объекта управления, которая определяет его активное влияние на управляющую систему». При поиске наиболее существенных свойств выделена способность человека предъявлять системе управления ту модель своего поведения, которая наиболее соответствует его интересам; именно эта способность легла в основу теории активных систем.

На примере задачи анализа и разработки налоговых систем в работе демонстрируется, что главная проблема в задачах управления социальными и экономическими системами — это проблема

согласования интересов управляющей системы и управляемого объекта (человека, коллектива людей, предприятия, региона и т. д.). Как видно из примера, в случае несовпадения интересов сторон «человек управляемый» может предъявлять управляющей системе одну, «видимую» модель поведения, а фактически действовать по другой. Отметим, что выделенный фактор несовпадения интересов сторон является существенным человеческим фактором, который характеризует не просто объект управления как элемент системы, но взаимодействие между ее различными участниками, в данном случае, между субъектом управления и объектом.

Отметим также отождествление интересов «центра» и общества, противопоставляемых «человеку управляемому» — монополисту.

Статья Д. А. Новикова «Современные проблемы теории управления организационными системами» посвящена качественному анализу проблем, стоящих перед теорией управления организационными системами. При этом под организационной системой в сложившейся на сегодняшний день теории понимают объединение людей, совместно реализующих некоторую программу или цель и действующих на основе определенных процедур и правил (механизмов функционирования).

В качестве стратегической цели исследований по управлению организационными системами сегодня выдвигается построение общей теории на основе интеграции математических моделей организационных систем и современных достижений психологии, экономики и социологии, которая позволила бы разрабатывать эффективные механизмы (процедуры принятия решений) управления реальными организационными системами. Выделяются три основные проблемы в современном состоянии теории, ограничивающие достижение этой цели:

- проблема создания новой парадигмы принятия решений;
- проблема адекватности моделей и идентификации организационных систем;
- проблема решения задач анализа и синтеза оптимальных управлений.

В статье рассматриваются перспективные подходы в современной теории организационных систем, направленные на снижение влияния этих проблем. Однако оснований считать, что проблемы близки к разрешению, пока нет.

Разработка адекватных моделей принятия решений человеком рассматривается как одна из основных проблем при попытке формального моделирования человеческого фактора. Дело в том, что доминирующая в последние годы модель рационального поведения, основанная на выборе решения, которая максимизирует целевую функцию субъекта, не позволяет объяснить (или описывает слишком сложным образом) многие наблюдаемые на практике явления и процессы. Принципиально новых формальных моделей принятия решений (не считая усовершенствований базовой модели в рамках принятой парадигмы) за последние 25–30 лет не появлялось.

Проблема адекватности модели реальной (моделируемой) системе обусловлена тем, что исследователь имеет дело не с реальной системой, а с некоторой ее моделью, то есть ищет управление, оптимальное в исследуемой им модели. Вопрос об адекватности модели реальной системе, в конечном счете, должен решаться человеком при решении конкретных практических задач управления организационными системами в соответствии с предлагаемой схемой решения, включающей идентификацию.

В статье рассматривается подход к исследованию адекватности модели, при котором адекватность интерпретируется как «устойчивость» поведения реальной системы относительно «ошибок» моделирования, или, иначе говоря, чувствительность к ошибкам описания модели при достижении требуемого качества управления.

Исходя из формальных соображений, Д. А. Новиков приходит к общему заключению о сути проблемы адекватности моделей при решении задач оптимального управления: чем более эффективные решения можно предложить (за счет более жестких допущений о модельных свойствах системы), тем в менее широком классе реальных систем их можно использовать; иными словами, тем уже «область адекватности» модели в мире реальных систем. Делается также общий вывод о том, что математика (исследование операций, теория игр и другие науки сильной версии) дает эффективные решения, но область их адекватности существенно ограничена. С другой стороны, «гуманитарные науки почти не вводят предположений и предлагают «универсальные рецепты» (то есть область адекватности широка), но эффективность этих «рецептов» редко отличается от здравого смысла или обобщения позитивного практического опыта».

Из статьи Д. А. Новикова видно, что состав человеческих ролей при решении практических задач управления, которые лежат в поле интереса современной теории организационных систем, ограничен участием человека в работе системы: преимущественно, в качестве субъекта управляемого и, в меньшей степени, в качестве субъекта управляющего. Основная задача теории здесь — в том, чтобы найти приемлемые формальные модели для описания поведения человека в этих ролях. В статье представлены и другие значимые человеческие роли: исследователей, людей, решающих конкретные задачи управления организационными системами. Однако человеческие факторы, связанные с этими ролями и их влиянием на качество решения практических задач, сегодня лежат вне поля зрения теории, хотя наличие таких факторов неявно признается (например, фактор «ошибок» моделирования). В качестве единственной «модели» человека здесь предлагается описание этапов решения задач управления организационными системами, которое можно рассматривать как нормативную схему, основанную на «здравом смысле» и обобщении позитивного практического опыта. Именно в ходе ее применения роль человека существенна, и может действовать фактор «ошибок» моделирования.

Статья А. Г. Чхартишвили «Теоретико-игровое моделирование информационного управления в активных системах» связана с учетом новых — для направления активных систем — человеческих факторов, свойственных управляемому субъекту и его взаимодействию с «центром» и «оппонентами». Речь идет о зависимости решений по выбору того или иного действия, которые принимает управляемый субъект, от его информированности о «существенных параметрах». При этом к информированности автор относит не только обычную осведомленность об объективных параметрах, но и представления о представлениях других людей об этих параметрах (информационная рефлексия). В свою очередь, фактор зависимости решений от информированности (в расширенном понимании этого слова) создает основу для управления путем воздействия на информированность — информационного управления. Информационное управление, в таком понимании этого термина, и является предметом исследования и теоретического моделирования в данной работе.

В статье на неформальном уровне очерчено развитие математического аппарата теории игр путем введения в него концепции и

формальной модели рефлексивных игр для описания и анализа задач информационного управления.

А. Г. Чхартишвили отмечает, что сложившийся на сегодня математический аппарат теоретико-игрового моделирования процессов управления в активных системах открыт для развития, помимо того, что его возможности (как и вообще возможности математического моделирования) в целом ограничены в силу действия многих факторов социально-психологического характера. Тем не менее, предложенная модель информационного управления позволила исследовать ряд прикладных задач информационного управления в области экономики, маркетинга, политики.

Помимо основной для направления активных систем роли человека, как управляемого субъекта, в статье можно выделить роль людей, которые должны ставить и решать задачи информационного управления в соответствии с описанной «общей технологией». на основе предлагаемого математического аппарата. Очевидно, что она является нормативной, как и схема в статье Д. А. Новикова. По крайней мере, предварительный этап решения задачи, формализация, от которого полностью зависит успех решения исходной задачи управления, полностью зависит от человека. В частности, это относится к построению модели управляемых субъектов.

В работе А. В. Щепкина «Игровое моделирование организационных систем» выделяется тезис о том, что при исследовании функционирования различных типов моделей активных систем в теории формулируются гипотезы о поведении активных элементов (человека управляемого) и строятся соответствующие модели поведения — модели активности. Тем самым акцент ставится на необходимости проверки обоснованности принимаемых гипотез поведения, причем — экспериментальной. Этот акцент отличает работу А. В. Щепкина от многих исследований в науке управления, в которых основным подходом к обоснованию моделей поведения являются рассуждения «здравого смысла». В качестве подходов к проверке степени адекватности моделей активности, помимо экспериментов с реальными организационными системами, которые по понятным причинам затруднительны, и деловых игр, выделяются имитационное моделирование (человек управляемый представлен автоматом) и имитационные игры, более адекватные реальным системам, в которых в качестве объектов управления играют реальные люди. Именно имитационные игры и их сочета-

ние с имитационным моделированием являются предметом рассмотрения в статье.

Особенно интересным, в плане проблематики человеческого фактора, представляется тот замеченный автором факт, что игроки, имеющие представление о теории активных систем, ее задачах и целях, ведут себя в игре «более рационально» (в модельном понимании рациональности, принятом в теории активных систем). Этот факт, безусловно, свидетельствует о практической значимости экспериментов, и о наличии значимого человеческого фактора зависимости фактического поведения человека от овладения им теоретической моделью поведения.

В отличие от направления активных систем, в котором человек рассматривается преимущественно как «человек управляемый» и, одновременно, как лицо, принимающее решения в условиях управления со стороны «центра» («активный элемент»), альтернативное, по роли человека, направление исследований во главу угла ставит людей, готовящих управленческие решения, принимающих их и ответственных за них, и процесс деятельности этих людей. При этом типичным становится использование человеческих оценок тех или иных параметров, хотя зависимость их от конкретного субъекта оценивается по-разному<sup>8</sup>.

Основная задача ученого — не найти лучшее управление для создаваемой системы управления, а обеспечить интеллектуальную деятельность людей «центра» (в терминологии активных систем) знаниями и, возможно, компьютерными средствами поддержки их деятельности.

Для этого направления характерен уход от парадигмы оптимального (или приближающегося к нему) решения для системы управления; управление в рамках альтернативной парадигмы трактуется не как воздействие на управляемый объект внутри системы управления, а как процесс принятия решений.

С содержательной, интуитивной точки зрения, обычно имеются в виду все те же системы, которые теоретики различных научных школ называют организационными системами, или бизнес-системами, или просто организациями, фирмами. Однако

---

<sup>8</sup> Наблюдается постепенный сдвиг от принципа объективности, как обязательного даже в случае субъективных оценок, к признанию их зависимости от субъектов.

понятие системы управления перестает быть ключевым инструментальным понятием, без которого нельзя поставить научную задачу или применить теорию к конкретной практической ситуации. Можно говорить об общей парадигме управления как принятия решений (рис. 1).

В качестве основных ролей человека в управлении выделяются лицо, принимающее решения и отвечающее за них (ЛПР), или руководитель (т. е. субъект управления), и эксперт, владеющий знаниями и опытом при подготовке решений, но не отвечающий за их окончательный выбор и применение. В качестве «материала», к которому относится управление, выступают не только люди (как это рассматривается в теории организационных систем в направлении активных систем), но и другие «аспекты» деятельности систем, например, «бизнес-процессы» и их качество. При этом объект приложения управленческих решений выносится за рамки общей теории, как и показатели качества решений. Понятие решения задачи управления, как и понятие качества управления, размываются.

Отметим, что понятие ЛПР, принятое в парадигме управления как принятия решений, довольно естественно распространилось в другие научные направления и стало обыденным понятием. Однако в традиционном направлении активных систем это понятие, как и понятие принятия решений, обычно относится к «человеку управляемому», который является активным элементом системы. В статье Д. А. Новикова, выделяющей проблему создания новой парадигмы принятия решений, делается попытка «подняться» над этими различиями научных школ и рассматривать организационные системы с более широких позиций, когда в «игровой» ситуации принимают решения все стороны.

Исследования в парадигме управления как принятия решений представлены в сборнике статьями Э. А. Трахтенгерца и А. А. Дорофеева, А. Л. Чернявского, отражающими два направления исследований.

Статья Э. А. Трахтенгерца «Субъективность в стратегическом управлении» представляет в сборнике направление компьютерной поддержки принятия решений руководителем при участии экспертов. Рассматривается сравнительно новый вид управления в организационных системах — стратегическое управление, при котором принимаются решения о кардинальных изменениях в деятельности фирмы или другой организации. Его особенность состоит в том,



что «процесс выработки стратегии не завершается каким-либо немедленным действием». Грубо говоря, изменяется лишь точка зрения людей на дальнейшую деятельность системы (например, сосредотачивается внимание на определенных сценариях деятельности при отказе от других). Еще одна особенность, отличающая стратегическое управление от оперативных воздействий, по мнению Э. А. Трахтенгерца, состоит в том, что последние протекают в русле принятых правил.

Проведенный автором на основе ряда публикаций анализ эволюции задач, которые возникают перед фирмами и другими организациями, изменяющихся условий внешней среды, применяемых методов управления, вплоть до эволюции менталитета руководителей, приводит к выводу, что, в силу снижения стабильности внешних условий, явно выражена тенденция к усложнению задач и методов управления. Происходит снижение уровня предсказуемости будущего, снижаются возможности использовать решения, основанные на имеющемся опыте. Все это приводит к резкому возрастанию роли руководителей и значению их субъективных оценок ситуации, усилению влияния фактора субъективности в принятии решений, повышению роли стратегического управления относительно оперативного.

В статье довольно подробно рассматривается связь известной проблемы неопределенности в принятии управленческих решений и путей снятия неопределенности с фактором субъективности.

При рассмотрении связи принимаемых субъективных решений с опытом руководителя выделяются два аспекта такой связи. С одной стороны, именно субъективный опыт, знания и интуиция руководителя (эксперта) в анализе ситуаций и вариантах выбора решений позволяют преодолеть неизбежную неопределенность посредством субъективных оценок. С другой стороны, действующие тенденции эволюции в решении управленческих задач ведут к неуклонному возрастанию числа новых задач, которые не могут быть решены на основе имеющегося опыта.

Э. А. Трахтенгерц видит путь для преодоления уже возникших и вновь возникающих трудностей в ускорении процесса внедрения вычислительной техники в системы управления. В частности, предлагается способ компьютерной поддержки принятия решений по выбору стратегии достижения некоторой цели управления в зависимости от набора мотивов к изменению стратегии. Метод основан на

«классической» парадигме принятия решений, согласно которой решение понимается как выбор из известного множества вариантов, в той ее разновидности, когда выбор производится на основе субъективных предпочтений. (Формальный аппарат, поддерживающий процесс выбора, — это аппарат анализирующих грамматик.) Метод ориентирован на выбор из числа типовых стратегий, использовавшихся ранее; иными словами, он касается решения типовых задач.

Нельзя не заметить, что в рамках принятой парадигмы принятия решений как выбора явные возможности решения задач, для которых имеющегося опыта недостаточно, отсутствуют. Иначе говоря, перспективные цели управления такие, как управление на основе предвидения изменений и, тем более, управление на основе гибких экстренных решений, вытекающие из динамики задач, встающих перед современным руководителем, сталкиваются в науке управления с весьма бедной парадигмой принятия решений, которая вообще «не видит», как ищутся решения.

В статье Э. А. Трахтенгерца хорошо заметна роль ученого как человека, исследующего и обобщающего процессы управленческой деятельности людей путем систематизации проверенных подходов, типовых решений. Итогом этой работы, фактически лежащей сегодня за рамками возможностей и интересов науки управления, является формализация деятельности людей, ищущих и принимающих управленческие решения, путем выделения типовых схем поиска решений. Эти схемы далее используются в качестве моделей деятельности человека при разработке теоретических методов и соответствующих компьютерных средств поддержки принятия решений. Примером служит представленная в статье схема «мотивация применения стратегии → выбор стратегии» (определение стратегии деятельности — выбор на основе мотивации).

Статья А. А. Дорофеюка, А. Л. Чернявского «Методы принятия решений в организационных системах с учетом человеческого фактора» представляет направление экспертных методов и технологий. В этом направлении можно сегодня выделить две линии: «классическую» и более современную, адекватно учитывающую действие человеческого фактора в работе людей, которых принять называть экспертами<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Авторы уточняют, что речь идет о мнениях «специалистов, имеющих большой опыт и хорошо знакомых с теми или иными аспектами рассматриваемой про-

Как подчеркивают авторы, в обычно используемых, классических методах экспертизы, в которых мнения экспертов считаются «объективными», как правило, предлагается набор готовых вариантов, заданы чёткие критерии оценки, для обработки экспертных оценок используются простейшие статистические процедуры. Сегодня именно такие методы и, особенно, модельные представления об экспертах нашли широкое распространение в науке управления, что хорошо видно в большинстве представленных в сборнике работ.

Статья посвящена методам экспертизы, которые предназначены для условий, когда классические методы не приемлемы (не адекватны ситуации). При этом экспертиза понимается как процесс получения от экспертов информации, необходимой для принятия решения в процессе текущей деятельности ЛПР. Условия, требующие «неклассических» методов, связываются с нестандартностью проблем, когда отсутствуют готовые решения, и действием человеческих факторов.

Основные человеческие роли, выделяемые в процессе принятия решений, — это ЛПР и эксперты; помимо них фигурируют консалтинговые группы (организация и проведение экспертизы, обработка информации от экспертов и др.), а также для определенного вида задач — партнеры по взаимодействию, клиенты.

Основные человеческие факторы, выделенные в работе на основе практики проведения экспертиз, относятся к экспертам; это

- наличие у экспертов различных, а иногда и прямо противоположных точек зрения, каждая из которых объективно имеет свои достоинства и недостатки;
- наличие конфликтных взаимоотношений;
- зависимость, «ведомственный перекося», пристрастность, личная заинтересованность в результатах экспертизы (в противовес стандартному допущению о независимости и незаинтересованности).

Выделяются также некоторые факторы, свойственные ЛПР, в том числе, часто — приращение большей значимости не экспертным мнениям, а аргументации экспертов и ее обоснованности.

---

блемы», которые называются экспертами «для краткости». Тем самым они дистанцируются от ставших традиционными модельных представлений о специалистах такого рода.

С учетом обнаруженных факторов авторы разработали оригинальные методы организации коллективной экспертизы, которые успешно применялись на практике; примеры применения представлены в статье. При этом, наряду с нейтрализацией негативного влияния человеческих факторов, удается использовать фактор личной заинтересованности экспертов «на пользу дела».

С позиций поиска более адекватной парадигмы принятия решений в организационных системах управления уместно обратиться к роли клиентов и их взаимодействия с «центром», которые описаны в статье А. А. Дорофеюка, А. Л. Чернявского на основе практики решения одного частного класса задач управления — задач предоставления страховых услуг. Здесь можно выделить два аспекта взаимодействия «центра» с клиентами при принятии текущих управленческих решений.

1. Принятию текущего решения — определения условий договора с очередным клиентом (т. е. определению «управления») предшествует процедура переговоров с клиентом с целью нахождения взаимоприемлемого решения. (В предлагаемом подходе она строится на основе методологии структурной экспертизы.)
2. В ходе поиска решения происходит оценивание клиентов. (Для поддержки этого аспекта деятельности авторами предлагается автоматическая классификация клиентов в пространстве показателей деятельности, т. е. классификация потока клиентов + идентификация отдельных клиентов при принятии очередного решения).

Эти аспекты взаимодействия «центра» и «объектов управления» можно рассматривать как человеческие факторы, действие которых на практике приводит к тому, что клиент выступает и как «субъект активный», и как «субъект оцениваемый»<sup>10</sup>.

Если мы стремимся к построению приемлемой парадигмы принятия решений, по-видимому, нельзя не учитывать структуры реальных процессов решения задач управления, к которым уже сегодня приложимы научные знания.

Статья А. С. Мандела, Д. А. Семёнова «Скоринг-оценивание и оптимизация процесса кредитования физических лиц как задача

---

<sup>10</sup> Здесь более уместно говорить о коллективном субъекте, а не человеке, поскольку в рассматриваемых задачах речь идет о корпоративных клиентах

принятия решений в замкнутом контуре управления» посвящена активно развивающемуся направлению скоринг-оценивания — предварительной оценки надежности (уровней доверия) физических лиц при принятии банками решений об их кредитовании.

В статье представлены:

- 1) краткий обзор существующих методов оценивания клиентов и аналитическое исследование существующих скоринг-систем, реализующих оценивание, а также анализ возможности применения скоринг-оценивания в отечественной практике кредитования;
- 2) новая, вероятностная модель оптимизации банковской деятельности при кредитовании физических лиц, в которой оптимизируются решения по кредитованию отдельных клиентов, а в качестве одного из входных параметров клиента используется предварительная оценка его надежности (скоринг-оценка).

В общем ряду задач управления в организационных системах рассматриваемая задача — это довольно частная, хотя и распространяющаяся на практике задача с высокой практической значимостью качества решений. Именно расширяющаяся практика решения задач этого класса дает основания не только к поиску новых теоретических подходов к решению таких задач, но и к пониманию факторов, в том числе, человеческих, которые значимы при принятии решений, и к развитию парадигмы принятия решений.

В отношении связи с действующими направлениями исследований и парадигмами работа А. С. Манделя, Д. А. Семёнова примыкает, с одной стороны, к базовой парадигме оптимизации систем управления (применительно к организационным системам), а с другой, — к парадигме управления как принятия решений в ее более современном толковании, учитывающем, в частности, разнообразие человеческих факторов, существенных для решения задачи, и сложность принятия управленческих решений (рис. 1).

С учетом специфики рассматриваемой задачи управления, составной частью которой является оценивание клиентов, и специфики применяемого математического подхода — экспертно-статистических методов обработки информации при принятии решений — в работе выделяется целый ряд значимых человеческих ролей. Это и поток клиентов, которые являются не только объектами управления как воздействия, но и объектами оценивания; и эксперты-субъекты

оценивания; и, менее явно, эксперты-«классификаторы», которые разбивают шкалу банковских рисков на группы (или классы) риска, а клиентов разбивают по «социальным группам», и, наконец, «носители технологий оценивания», от которых зависит эффективность практического решения задачи оптимизации (с точки зрения «центра» — банка).

Более или менее явно выделен целый ряд человеческих факторов, связанных с данными ролями, например, зависимость значимых аспектов поведения клиентов от возраста и даже страны, от текущих условий в окружающей их социально-экономической среде, возраста и даже страны, что требует систематической проверки и корректировки модели оценки клиента и ограничивает перенос западных моделей в отечественную практику.

Однако в оценке значимости этих факторов обнаруживается некоторая двойственность. Характерным примером является предложенная вероятностная модель зависимости банковских рисков от предварительной скоринг-оценки — оценки надежности клиента (наряду с объективными параметрами клиента и условий кредита). С одной стороны, в работе обсуждаются зависимость качества этой оценки от многих, в том числе, субъективных факторов и наличие различных моделей оценки; с другой, — вероятностная модель основана на традиционном предположении, что эта оценка объективна.

Такая двойственность может рассматриваться как свидетельство развития от упрощенных представлений, характерных для классического подхода в теориях принятия решений (о котором говорят в своей статье А. А. Дорофеюк, А. Л. Чернявский в контексте задач экспертизы) к более реалистичным представлениям, опирающимся на практику решения задач.

С позиций учета человеческих ролей и типа исследуемых систем, можно объединить в одну группу статьи Р. М. Нижегородцева «Проблема человеческого капитала в современной экономической науке и технологическая политика государства», Ф. Т. Алескерова, Н. Ю. Беляевой, Е. Б. Бычковой, Е. В. Закамской, Д. А. Юзбашева «Сравнительный анализ развитости гражданского общества Регионов России», Д. А. Кононова, В. В. Кульбы, В. Д. Малюгина, А. Н. Шубина «Информационные процессы и информационное управление».

Общая черта названных статей состоит в том, что, какие бы термины при этом ни использовались, в них более или менее явно

выступают три социально значимых стороны человеческого взаимодействия:

- общество;
- «центр» — государство или администрация разных уровней;
- «третья сила» — ученые, которые выступают в качестве «посредников» между двумя другими сторонами, помогая решать задачу регулирования отношений между ними.

Позиция ученых в этом посредничестве может быть различной: с одной стороны, они являются членами общества, а с другой, — могут выполнять заказ государства, администрации (т. е. «центра»). Тем самым существенным оказывается «самоопределение» ученых в отношении своей роли в рассматриваемом посредничестве. Как нетрудно предположить, этот фактор может играть существенную роль в качестве решения задачи, соотносимом с интересами сторон.

При этом один из важных способов влияния ученых на отношения сторон, наряду с предоставлением специальных знаний, можно определить как формирование представлений сторон о себе и другой стороне, о содержании, целях и качестве взаимодействия путем формализации этих представлений. (Средствами формализации служат предлагаемые теоретические понятия и модели, и критерии оценивания и т. п.)

В статье Р. М. Нижегородцева «Проблема человеческого капитала в современной экономической науке и технологическая политика государства» изучается проблема накопления научных знаний, опыта и навыков работников как реальной составной части национального богатства и важная составляющая этой проблемы — проблема измерения микро- и макроэкономической эффективности инвестиций в образование и повышение квалификации работников. Обсуждается логика процессов накопления и применения системы знаний, умений и навыков, воплощенных в рабочей силе работников высокой квалификации, и обосновываются модели, позволяющие 1) рассматривать такие процессы как воспроизводство человеческого капитала, 2) осуществлять количественный анализ процессов воспроизводства человеческого капитала и управление этими процессами. Выводы и практические рекомендации касаются технологической политики государства в современной России, в том числе управления сферами образования и науки.

В противовес широко распространенной модели «гомо эконо-микус», которая исходит из того, что «человек по своей природе корыстен, ленив и нечист на руку» (как образно определяет автор), данная работа рассматривает человека-работника как носителя человеческого капитала (научных знаний, опыта и навыков), которые он накапливает и воспроизводит. При этом человек рассматривается и как индивид, который по своему выбору осуществляет инвестиции в свой человеческий капитал, и как представитель социальной группы соответственно уровню образования и квалификации. Деление на социальные группы определено объективными статистическими закономерностями рынка труда (соотношением спроса и предложения и его динамикой), согласно которым этот рынок сегментирован на общественно нормальный рынок, дискриминационный (маргинальный) и элитарный. В качестве «активных элементов», влияющих на совокупные инвестиции в человеческий капитал частного лица, выступают инвесторы: сами люди, государство с его системой образования, частный капитал, а также, косвенно, конкуренты на мировом рынке.

Система, к которой относится рассматриваемая задача управления воспроизводством человеческого капитала, и протекающие в ней процессы описываются довольно сложной системой понятий, которая охватывает не только входящие в ее состав «активные элементы» с их количественными и качественными характеристиками, но и «среду деятельности», и ее значимый контекст. Например, учитываются, с одной стороны, уровень безработицы, вероятность потери работы, совокупные инвестиции в человеческий капитал, доктрина образования, а с другой, — состояние экономики и ее динамика, структура отраслей хозяйства по трудоемкости, потребности хозяйственной практики, специфика современных производственных процессов, внешние нормы и стандарты качества знаний.

С точки зрения человеческих факторов и их влияния на практическую значимость и адекватность практического применения теоретических результатов, особенно привлекательной чертой работы Р. М. Нижегородцева представляется высокий уровень научной рефлексии. Она проявляется в том, что при поиске ответов на значимые практические вопросы (такие как выбор государственной образовательной политики, способ оценки эффективности инвестиций в человеческий капитал) осознается влияние ученых на результаты решения, относительность научных средств: теоретиче-



ских понятий, моделей, идей, методов решения. В силу этого значительное внимание уделяется выбору подходящих средств и его обоснованности.

В статье это выражается в критическом анализе и выборе модели человека и мотивации его поведения, экономических доктрин при характеристике различных рынков, модели затрат на обучение работников и повышение их квалификации и других моделей и теоретических доктрин. При этом учитываются объяснительные возможности моделей при анализе эмпирически наблюдаемых явлений в современной ситуации, наличие закономерностей, подтверждаемых статистическими данными.

Из статьи можно видеть, что нормальная роль ученого в области прикладных наук, таких как экономические науки и наука управления, — это не только предоставление научных знаний для решения общественных задач, но и участие в формировании представлений общества о себе, своих целях, доктринах, концепциях и т. п.

В статье Ф. Т. Алескерова и его соавторов «Сравнительный анализ развитости гражданского общества регионов России» представлена методика оценки степени развитости гражданского общества в регионах страны посредством социологического опроса. Авторами декларируется интерес «центра» в решении задачи («значительно проще, легче и эффективнее управлять страной с развитым гражданским обществом»); однако фактически в понятии гражданского общества существенно учитываются и интересы общества.

Методика может рассматриваться как пример общего подхода к оценке комплексных характеристик общества (или иных социальных групп) в целом, значимых для решения задач его самоуправления или управления взаимодействием с другими социальными образованиями. Специфика понятий гражданского общества и степени его развитости обусловлена тем, что эти понятия выступают как инструментальные (они ориентированы на последующее решение задач управления). При этом понятие гражданского общества является нечетким (истолковывается по-разному), открытым (допускает разные конкретизации, например, в зависимости от страны применения).

В статье хорошо просматривается роль ученых, которые берут на себя решение таких задач как формирование разных аспектов содержания рассматриваемых понятий и определение формальных

методов оценивания (первичных оценок по частным показателям и схемы агрегирования).

Черта, выгодно отличающая работу Ф. Т. Алескерова и его соавторов от большинства представленных в сборнике работ, состоит в том, что решение об адекватности методик, разрабатываемой и исходной, принималось на основе их практического применения, и проводились уточнения и корректировки. Правда, при этом вне поля теоретического анализа остаются основания для решений по адекватности.

Подчеркнем, что именно в процессе применения методик обнаружился значимый человеческий фактор зависимости ответов от понимания вопросов респондентами (от непонимания до «псевдопонимания», когда обнаруживается, что формально правильные ответы не соответствуют пониманию вопросов авторами методики). Анализируя представленные примеры, можно прийти к следующему обобщающему выводу: при получении любой информации об обществе от самого общества путем социологического опроса качество результатов и даже успешность решения задачи зависит от взаимопонимания сторон, которое в значительной мере обусловлено языком опроса, и прежде всего — согласованностью ключевых понятий.

В отличие от статей Р. М. Нижегородцева и Ф. Т. Алескерова с соавторами, в которых исследуются более или менее частные проблемы, относящиеся соответственно к социально-экономическим и социальным системам, работа Д. А. Кононова и его соавторов «Информационные процессы и информационное управление» претендует на общий методологический подход к решению задач управления в системах такого рода. Основанием для поиска такой общности служат, прежде всего, общественные потребности, которые сегодня требуют интеграции разрозненных компонент научных знаний в разных областях (теории управления, информатике, прикладной математике, математической экономике, синергетике, ряде гуманитарных наук). Конечная цель определяется как создание научно обоснованной теории управления обществом, в которой человек, общество должны выступать и как объект управления, и как его субъект. При этом найденные авторами методологические подходы позволяют им надеяться на создание единой понятийной базы и методологии моделирования исследуемых систем и процессов в них, приемлемой для интеграции.

Предлагаемая формализованная методология моделирования (описания и изучения) структуры социально-экономических систем и протекающих в них процессов основана на объединении системно-логического, структурно-социального и сценарного подходов. Дополнение этих подходов информационно-логическим подходом направлено на изучение процессов информационного управления: информационных влияний и воздействий в социальных системах, в том числе, индивидуальных и коллективных действий людей с учетом обстоятельств, в которых осуществляется процесс управления.

Из трех подходов: системно-логического, структурно-социального и сценарного — наиболее тесную и очевидную связь с человеческим фактором обнаруживает структурно-социальный подход. В его рамках система общих теоретических понятий, предназначенная для формализованного описания исследуемых или проектируемых систем, которая в общем виде определена системно-логическим подходом, конкретизируется с учетом специфики участия человека в работе системы и в процессах управления.

Выделен обширный комплекс понятий, включая такие понятия как «системный элемент социально-экономической системы», «активных системный элемент» (субъект действия, обладающий самостоятельной волей), «социальный объект», «субъект действия», «социальная структура», с различными видами структур, «социальный процесс», «процесс управления в социально-экономических системах», «цели управления», «способы достижения целей» и многие другие; все эти объекты должны идентифицироваться в анализируемых или проектируемых системах при построении их формализованного описания. Выделяются также различные «страты описания» (технологическая, организационная, правовая, экономическая, социальная), каждая из которых отличается своим набором типичных показателей.

Ключевым является понятие системы управления, и в этом смысле можно говорить о понятийной близости этой работы с направлением активных систем. В качестве основополагающего принципа в решении социальных и экономических проблем управления выдвигается моделирование полного цикла процесса принятия и выполнения решений.

Разрабатываемый авторами статьи информационно-логический подход к изучению и процессов информационного управления в социальных системах, который является теоретическим и мето-

логическим, в данной статье представлен основными положениями. Уточним, что само понятие информационного управления в данном подходе имеет существенно более широкое толкование, чем довольно формальное толкование в рассмотренной выше статье А. Г. Чхартишвили (как управление информированностью). Понятие в статье не определяется: оно предполагается интуитивно понятным в контексте реальности его проявлений и достаточно сложным, чтобы можно говорить об «отсутствии формализованной концепции информационного управления».

Подход предлагает еще один комплекс понятий, в котором авторы предлагают свою формализованную интерпретацию общепотребимых многозначных понятий «информации», «данных», «информированности», «объективной информации», «субъективной информации», «адекватности данных (об объекте природы)», «неопределенности», «рефлексивных процессов». Вводятся также формализованные понятия «конфликта данных (об объекте природы)», критерия адекватности (данных об объекте природы этому объекту), «рассогласования данных об одном и том же объекте» и др., что позволяет авторам провести теоретический анализ такого рода адекватности.

В статье затрагивается еще один аспект адекватности, который мы рассматриваем в контексте проблемы человеческого фактора в науке управления, — адекватность описания поведения активных системных элементов как субъектов действия, обладающих самостоятельной волей. Здесь авторы, не обращаясь к своей теоретической концепции адекватности, констатируют, что «адекватное описание их поведения представляется собой задачу значительной трудности, т. к. требует привлечения междисциплинарного подхода к моделированию». Вместе с тем, отмечается, что «понятие адекватности описания конкретизируется в изучаемой проблеме исследования социально-экономических систем». Иными словами, отмечается тот факт, что понятие адекватности описания является открытым понятием, и одним из факторов, на основании которых оно должно конкретизироваться, является конкретная проблема.

Рассмотренные статьи Р. М. Нижегородцева, Ф. Т. Алескерова и его соавторов, Д. А. Кононова и его соавторов, которые по содержанию относятся к обществу и его задачам управления, т. е. к управлению в социальных и социально-экономических системах, сегодня едва ли можно отнести к единому научному направлению

по специфике используемых научных понятий, идей методов, подходов. (По идеологии Д. А. Кононова и его соавторов работы такого рода являются наиболее естественными «кандидатами» на интеграцию.) Вместе с тем, рассматривая соотношение этих работ с базовой парадигмой (рис. 1), можно отметить, что понятие системы управления, от которого сегодня уходят многие специалисты, работающие в рамках науки управления, в том числе, и авторы первых двух статей, по-прежнему остается очень эффективным инструментальным понятием. Именно оно помогает ученым осознать, для кого, в чьих интересах, для каких управленческих задач они решают свои исследовательские проблемы, на кого или на что направлено воздействие при решении тех или иных задач управления; иначе говоря, — определить ту «прикладную платформу», по отношению к которой и должна, по-видимому, строиться интеграция различных научных школ и направлений.

С точки зрения роли человеческих факторов в решении задач управления, статью Е. А. Гребенюк, М. Г. Логунова, О. А. Мамиконовой, Л. А. Панковой «Проблемы субъективности в решении задач управления и прогноза, связанных с анализом временных рядов», как и работы К. С. Гинсберга (см. ниже), можно отнести к методологии идентификации математически сложных объектов. Роль исследователя-математика в этих работах состоит в том, чтобы сопоставить конкретному объекту адекватную решаемой практической задаче теоретическую модель (иначе, математическое описание, или спецификацию.) В терминах теории автоматического управления эта задача традиционно называется задачей идентификации объекта, и это название в большей или меньшей степени применяется в других научных направлениях, хотя при этом нередко говорят об идентификации модели, а не объекта.

Объектами исследования и идентификации в статье Е. А. Гребенюк и ее соавторов являются процессы в социальных и экономических системах. Специфика исследуемых процессов состоит в возможности качественного изменения их свойств, что приводит к необходимости изменять модель процесса, без знания которой невозможно управление ситуацией. Практическая задача наблюдений за процессами и их апостериорного или текущего анализа имеет целью построение моделей, адекватно описывающих процесс, посредством математического аппарата временных рядов и статистических методов.

Цель научного исследования — обеспечить методологию применения комплекса научных методов (а также соответствующих программных средств, автоматизирующих применение таких методов) для решения рассматриваемого класса задач.

Необходимость учитывать исследователя-математика при создании такой методологии обусловлена тем, что, как известно из практики, для получения модели, адекватно описывающей исходный ряд наблюдений процессов исследуемого класса, объективных формальных методов не достаточно. Во многом решение основано на знаниях, опыте, квалификации и интуиции исследователя. Одна из причин, которую выделяют авторы статьи, состоит в том, что соответствие содержательной постановки задачи предлагаемому формальному математическому описанию является неформальным. Это можно рассматривать как существенный человеческий фактор. В статье подчеркивается, что роль исследователя существенна и при интерпретации математических результатов, проводимой в процессе построения модели процесса.

Авторы определяют проблему человеческого фактора как проблему субъективности анализа реальных процессов, от которой зависит качество и пригодность полученного решения.

Предложенная авторами эвристическая методология анализа может рассматриваться с двух точек зрения. С алгоритмической точки зрения, возможные процессы решения задачи анализа представляются деревом расчетных статистических процедур, включающих процедуры оценивания качества полученного исследователем решения. По результатам оценки он принимает решение, по какой ветке дерева он будет двигаться дальше.

Модель действий человека, фактически фигурирующая в такой алгоритмической схеме процесса решения задачи анализа, с чередующимися формальными процедурами и субъективными действиями (не считая сбора данных об исследуемом процессе), сведена к оценке объективных результатов и выбору альтернативных решений по продолжению процесса анализа в зависимости от оценки. (В статье эта модель упоминается лишь вскользь.) Если сравнивать эту модель человека с тем, как она обычно определяется в направлении принятия решений, то здесь мы видим человека, сочетающего в одном лице роли эксперта — оценивание качества полученного решения — и ЛПР — выбор решения на основе оценок. (Правда, здесь речь не идет о формализации этих действий.)

При изложении методологии преобладает не алгоритмическая, а «человеческая» точка зрения на процесс решения задачи. При этом процесс анализа представляется в виде последовательности этапов, на которых исследователь должен решать задачи, содержание которых обусловлено целями и постановкой задачи анализа, с привлечением подходящих теоретических знаний. С этой точки зрения обнаруживается, что решения, которые ему приходится принимать на очередном этапе, зависят не только от результатов предыдущих этапов, но и от теоретических знаний (методов, критериев оценки текущих результатов, моделей), которые могут быть привлечены на данном этапе: от их состава и качества. В соответствии с влиянием этого фактора в методологии предлагаются средства повышения качества текущих решений человека по привлечению релевантных знаний: сравнительные оценки, критерии, рекомендации по выбору и т. д.

Применение методологии демонстрируется на примерах анализа реальных процессов.

Как видно из текста статьи Е. А. Гребенюк и ее соавторов, они в значительной мере опираются на традиционный для такого рода работ подход к учету человеческих факторов как в решении задачи, так и в изложении результатов. При теоретическом решении общей задачи основной целью в этом подходе является ограничение роли человека в решении конкретных практических задач. А в изложении человеческие факторы, которые слабо отражаются в математической структуре задачи, обычно затушевываются. Видно, что техника формализованного описания процессов решения задач с применением как математических методов, так и субъектно-зависимых действий, еще не сформировалась.

В не вошедших в настоящий сборник работах К. С. Гинсберга объектами идентификации являются объекты, типичные для приложений теории автоматического управления, прежде всего, технологические процессы. Однако он пытается развивать теорию идентификации более широкого применения, которая могла бы обслуживать разные направления в науке управления, и проводит для этого значительную организационную деятельность.

Не отказываясь от цели ограничения роли человека в решении задач идентификации за счет использования математических методов, К. С. Гинсберг делает акцент на том, что идентификация — это, в своей основе, человеческая деятельность. Эта идея сохраня-

ется в ходе развития и уточнения понятия идентификации, опирающегося на практическую деятельность. Согласно одному из определений<sup>11</sup>, идентификация определяется как «процесс, основное содержание которого заключается в порождении знания, необходимого для «запуска» в дело (практику) методов и алгоритмов математики». В других определениях она определяется как познавательная деятельность субъекта идентификации с соответствующими целями и содержанием. (Иногда вместо субъекта идентификации говорится о лице, принимающем решения.).

К. С. Гинсберг выделил целый ряд факторов, существенных для рассматриваемой деятельности и ее качества. В их числе:

- типично высокие требования к качеству решения задач управления, основанных на идентификации;
- трудно формализуемые условия задачи;
- сильное отличие математических понятий, лежащих в основе искомой теоретической модели объекта, от естественных для человека базисных понятий (речь идет о переходе от явлений реального мира в виртуальный мир математической теории, и обратно, в объективную реальность);
- субъективные факторы, существенные для решения (и, тем самым, влияющие на качество решения) практических задач идентификации, в том числе:
  - интуиция, здравый смысл и жизненный опыт субъекта идентификации (ЛПР);
  - его технологические и теоретические знания;
  - его профессиональная подготовка в области решения практических проблем идентификации;
  - доминирование ценности творческих способностей человека над ценностью современного теоретического знания.

Наличие такого спектра значимых человеческих факторов приводит к выводу о необходимости признания субъективных средств — «инструментов» идентификации в теории идентификации и введе-

---

<sup>11</sup> См.: Гинсберг К. С. Системные закономерности и теория идентификации. I // Автоматика и Телемеханика. 2002. № 5. С. 156–170 и Прангшвили И. В., Лотоцкий В. А., Гинсберг К. С., Смолянинов В. В. Идентификация систем и задачи управления: на пути к современным системным методологиям // Проблемы управления. 2004. № 4. С. 2–15.



ния в теорию и этих средств, и знаний из соответствующих научных дисциплин. Прежде всего, это касается построения методологий идентификации и определения требований к ним.

Некоторые из требований к методологии идентификации, а также ее теоретическому аппарату, обусловленные человеческими факторами, таковы:

- выделение или введение в применяемом аппарате параметров, которые можно настраивать по априорной информации и апостериорным измерениям, причем в контур настройки обязательно должен быть включен субъект идентификации;
- включение в методологию процесса человеческого выбора, в ходе которого вырабатывается текущее управление процессом идентификации;
- необходимость решать вопросы идентификации в контексте всей деятельности, направленной на поиск решений практических задач управления (т. е. требуется понимание того, как будет использоваться теоретическая искомая модель объекта);
- применение нормативных схем решения задачи для обеспечения качества результатов.

Анализ текущего состояния теории идентификации и динамики ее развития, который проводит К. С. Гинсберг, показывает, что желательному развитию препятствует ряд действующих в науке факторов. В том числе, он выделяет:

- доминирование в теории идентификации уровня строгости классической, чистой математики;
- фактическое отсутствие в теории идентификации языковых средств, прежде всего, понятий для учета знаний из других научных дисциплин (например, таких понятий как поиск решения, адекватность);
- наличие двух точек зрения, или уровней понимания идентификации (двух дисциплинарных образах структурной идентификации):
  - концептуального (объяснительного) уровня, на котором субъективные факторы признаются,
  - чисто математического уровня конкретных теоретических исследований, который определяет постановки задач, цели и нормы исследований.

Нетрудно заметить, что последний фактор наблюдается и в других направлениях исследований в науке управления.

Обзорная статья О. П. Кузнецова, А. А. Кулинич, А. В. Марковского «Анализ влияний при управлении слабоструктурированными ситуациями на основе когнитивных карт» представляет в сборнике развиваемое в Институте направление исследований, в котором объектом анализа и управления считается слабоструктурированная ситуация. Ситуация структурируется и оценивается в терминах одной из семейства формальных моделей, которые объединяются общим понятием когнитивной карты<sup>12</sup>. Общей чертой всех этих моделей является выделение множества взаимодействующих факторов, которые характеризуют анализируемую ситуацию, и связей (влияний) между ними, при более или менее существенных различиях в том, как понимается и как оценивается взаимодействие факторов в рамках целостной ситуации. Это направление нередко называется когнитивным анализом или когнитивным моделированием. «Специфика когнитивного моделирования», как она определяется в названной статье, состоит в том, что «формальные математические методы анализа применяются к моделям, описывающим субъективное видение ситуации».

В статье О. П. Кузнецова и его соавторов выделяются два типа задач анализа ситуаций на основе когнитивных карт: статические и динамические, которым соответствуют два типа моделей когнитивных карт. Статья ограничивается обзором и обсуждением формальных моделей (т. е. видов когнитивных карт), задач и методов, которые авторы относят к статическому анализу, или анализу влияний. Формальные аспекты этой ветви когнитивного моделирования, в основном, опираются на математический аппарат теории графов и, в соответствии с видом модели когнитивной карты, — различные варианты нечеткой математики, как известные, так и специально разрабатываемые для определенных видов моделей.

В статье признается, что к недостаточно проработанным аспектам анализа ситуаций относятся методы структурирования ситуаций (т. е. построения когнитивных карт), методы объяснения решений, полученных формальными методами, и корректировки модели ситуации по результатам анализа. Иными словами, «недостаточно

---

<sup>12</sup> Понятие когнитивной карты в этом направлении исследований существенно отличается от принятого в психологии (см. статью О. П. Кузнецова и его соавторов в этом сборнике).

проработанной» (по оценке авторов статьи) оказывается собственно человеческая, когнитивная составляющая «когнитивного» моделирования ситуаций.

При этом более или менее явно выделяется ряд человеческих факторов, действующих на этапах решения задачи, которые выполняются людьми. К ним относятся

- необходимость принятия различных решений при формировании модели конкретной ситуации, от совокупности которых, в конечном счете, зависит адекватность построенной модели; в частности, — это необходимость выбора вида модели когнитивной карты, подходящей для решаемой задачи, и связанная с этим выбором необходимость понимать прикладные возможности и ограничения различных видов моделей при решении сходных задач;
- зависимость результатов не только от первичных представлений человека-эксперта, но и его личной субъективной обработки этих данных при формировании когнитивной карты;
- некоторые трудности для экспертов и пользователей при работе в терминах формальной модели.

К направлению когнитивного моделирования в Институте относятся и не вошедшие в настоящий сборник исследования В. И. Максимова и его коллег<sup>13</sup>. Эти работы ориентированы не только на статический анализ влияний, но и на динамическое моделирование развития ситуаций. Они, в значительной мере, опираются на модели когнитивных карт, которые относятся к классу динамических моделей (математический аппарат — линейные динамические системы). Такие модели позволяют на основе описания текущей ситуации моделировать динамику ее развития: самопроизвольного или при наличии моделируемых управляющих воздействий. Работы этой группы отличает большая ориентация на практическое решение задач управления, чем это характерно для работ, ограничивающихся анализом ситуаций вне контекста применения результатов анализа к управлению, и больший учет людей как участников управленческой

---

<sup>13</sup>См.: Максимов В. И. Структурно-целевой анализ развития социально-экономических ситуаций // Проблемы управления. 2005. № 3. С. 30–38 и Максимов В. И., Коврига С. В. Применение структурно-целевого анализа развития социально-экономических ситуаций // Проблемы управления. 2005. № 3. С. 39–44.

ситуации. Существенную роль в этой ветви исследований играет моделирование целеполагания, которое дополняет моделирование управляемой ситуации посредством когнитивной карты.

Понятия «когнитивный анализ», «когнитивное моделирование» могут применяться и в более широком смысле, когда слово «когнитивный» акцентирует зависимость субъективного видения ситуации от когнитивных (познавательных) средств субъекта не зависимо от того, какие модели кладутся в основу формализации. Ситуация при этом может пониматься в более широком смысле, включая не только объект управления, но и, например, цели и мотивации самого субъекта управления.<sup>14</sup> При таком расширительном понимании к этому направлению, отличительной чертой которого остается применение формальных математических методов анализа к субъективным моделям ситуации, можно отнести не только исследования, отраженные в обзорной статье О. П. Кузнецова и его соавторов, и упомянутые выше работы В. И. Максимова и его коллег, но и работы С. А. Юдицкого, представленные в настоящем сборнике статьей «Модель взаимодействия сознания и подсознания при решении задач управления».

В этом направлении (в его расширенном понимании) выделяют следующие основные роли человека, позволяющие говорить о человеческих факторах. Это — носители первичных знаний о ситуации; носители знаний о целях, намерениях, мотивациях и т. п., которые определяют предпочтения при воздействиях на управляемую ситуацию (или иной объект управления); эксперты; разного рода посредники по преобразованию первичных представлений в формализованные модели, а также, по Юдицкому, — разработчики «базовых схем, определяющих парадигмы, модели и методы управления».

В статье С. А. Юдицкого «Модель взаимодействия сознания и подсознания при решении задач управления» предлагается модель, отражающая его видение взаимодействия сознания (знаний) и подсознания (интуиции). По мнению автора, модель создает основу для структурирования процесса решения задач управления человеком при посредстве компьютеров (информационных технологий) с учетом используемых человеком средств: интуиции и знаний, составляющих опыт экспертов. Работа модели иллюстрируется на

---

<sup>14</sup> В таком расширительном смысле, не привязанном к понятию когнитивной карты, рассматриваемые понятия также часто используются.

примере моделирования сложных систем, которое охватывает и поведение систем, и динамику достижения целей при выбранном сценарии процесса.

Реальных проблем, связанных с адекватностью применяемых моделей и схем решения практических задач, в том числе, как общих моделей, лежащих в основе формализации, так и конкретных «когнитивных» моделей ситуации, создаваемых при решении отдельных задач, авторы представленных в сборнике работ данного направления не обнаруживают, хотя в статье О. П. Кузнецова и его соавторов этот вопрос поднимается. В отношении выбора общих моделей вопрос об адекватности снимается за счет, по существу, субъективной уверенности авторов в адекватности рассматриваемых моделей (нечетких когнитивных карт — в статье О. П. Кузнецова и соавторов, сетей Петри — в статье С. А. Юдицкого). В отношении конкретных моделей, более или менее явно предполагается обеспечение адекватности за счет знаний и опыта экспертов.

Важно отметить, что, по оценке О. П. Кузнецова и его соавторов, опирающейся на практический опыт, «сам процесс построения модели оказывается весьма полезным для аналитиков»: «неизбежно выявляются ранее неучтенные аспекты ситуации, связи, казавшиеся несущественными, и формируется система понятий», что облегчает даже неформальное обсуждение проблемы, делает его более четким и обоснованным. Иными словами, отмечается положительный эффект формализации представлений о ситуации. Аналогичные оценки делает и В. И. Максимов, имея в виду не только анализ ситуации управления, но и осмысление собственных целей в данной ситуации. Правда, одновременно с такими оценками нередко декларируется, что люди, применяющие общую модель когнитивной карты, «именно так и думают».

Такого рода видимое противоречие в оценках позволяет предположить, что в человеческом плане практические возможности когнитивного подхода, в значительной мере, определяются тем, как соотносятся те или иные общие модели с тем, как человек действительно думает и какое влияние на него оказывают формальные модели представления его знаний. На сегодня этот вопрос открыт, и исследования по нему немногочисленны.

Статья Н. А. Абрамовой «Рефлексивный подход к проблеме взаимопонимания» лежит в русле исследований, ориентированных на то, чтобы в качестве источника риска для качества реше-

ния управленческих задач рассматривать интеллектуальную деятельность человека, решающего эти задачи или создающего средства для такого решения. Типичными здесь являются такие роли как человек, формирующий когнитивную модель ситуации или самого себя и работающий под «давлением» навязанной ему теоретической схемы представления его знаний, и человек, формирующий теоретические понятия и модели, на основе которых должна производиться формализация знаний при решении практических задач. В отличие от более традиционных подходов к деятельности такого рода, как формализация знаний при решении практических задач, выводящих эту деятельность за рамки научного исследования, цель состоит в том, чтобы охватить ее посредством подходящих моделей и включить в цикл управления качеством решения управленческих задач.

Представленная статья связана с ролью проблемы взаимопонимания людей и людей с компьютерами в ходе решения управленческих задач и иной интеллектуальной деятельности. Фактор взаимопонимания рассматривается как существенный человеческий фактор во многих видах интеллектуальной деятельности: ее результативность и качество существенно зависят от знаний и представлений субъектов деятельности и от качества этих знаний, в частности, от их адекватности объектам, так или иначе относящимся к этой деятельности, а если эта деятельность — коллективная, то и от согласованности знаний между собой. Недостаточное, по сути дела, взаимопонимание может проявляться как в виде осознаваемого непонимания или недопонимания, так и в виде иллюзии взаимопонимания.

Статья продолжает исследование проблемы взаимопонимания на уровне понятий<sup>15</sup>. Оно основано на рассмотрении понятий как коллективных и их представлении как объединений более или менее согласованных одноименных индивидуальных понятий.

Отметим, что идея исследования фактора взаимопонимания на уровне понятий согласуется с идеей Ж. Кристенсена, высказанной в статье «Профессия инженера по человеческим факторам<sup>16</sup>» еще в

---

<sup>15</sup> См.: *Прангишвили И. В., Абрамова Н. А., Спиридонов В. Ф., Коврига С. В., Разбегин В. П.* Поиск подходов к решению проблем. М.: Синтез, 1999.

<sup>16</sup> См.: сборник «Человеческий фактор» (В 6 т. Т. 1. Эргономика — комплексная научно-техническая дисциплина / Пер. с англ. Ж. Кристенсен, Д. Мейстер, П. Фоули и др. М.: Мир, 1989).

1986 г., о необходимости повышать эффективность взаимодействия людей «с оборудованием и системами (и, конечно, с идеями, понятиями, другими людьми ...)»<sup>17</sup>.

В основе подхода к анализу согласованности коллективных понятий лежит шкала, отражающая различные виды и степени согласованности, позволяющая оценивать согласованность и ставить задачи управления согласованностью. Особое место в этой шкале занимают модельные научно-прикладные понятия, которые по своей сути являются «двуликими», выступая источником риска при решении практических задач на основе теоретических понятий и моделей, лежащих в основе научных методов.

В основе предлагаемого рефлексивного подхода к анализу конкретных ситуаций лежит использование рефлексии (которая нередко является естественным когнитивным механизмом для выявления и анализа ситуаций рассогласования). В отличие от вида рефлексии по информированности: своей и партнеров, — который рассматривают в исследованиях в рамки науки управления (они представлены в сборнике статьями А. Г. Чхартишвили и Д. А. Кононова с соавторами), рефлексивный подход в работе Н. А. Абрамовой опирается на рефлексия по адекватности отражения мира и чужих знаний, по их согласованности у разных партнеров.

В статье предлагаются методологические схемы для анализа таких отражений и их адекватности, учитывающие объективный характер этих отражений, в которых в общем случае предполагается действие искажающего эффекта, и рефлексивное осмысление объективных отражений. При помощи рефлексивного подхода можно довольно отчетливо обнаружить действие человеческих факторов, относящихся к проблеме взаимопонимания, в ряде работ данного сборника, которые связаны с формированием социально значимых понятий (таких как гражданское общество) или, например, интерфейсных понятий в компьютерных технологиях поддержки интеллектуальной деятельности.

Статьи А. А. Амбарцумяна и С. А. Браништова, В. М. Бабикова и И. М. Панасенко, В. М. Дозорцева по рассматриваемой в них роли человека относятся к направлению человеко-машинных

---

<sup>17</sup> В цитируемой статье этот критерий сформулирован по отношению к тренировке людей.

систем управления — автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). В этом направлении, на основе опыта эксплуатации систем, признано, что действия человека-оператора могут явиться как фактором, предотвращающим или смягчающим опасную ситуацию на управляемом объекте, так и прямой причиной возникновения или усугубления такого рода ситуации.

Представленные статьи объединяет понимание того, что участие человека в работе компьютеризированных систем управления технологическими процессами может приводить в действие человеческие факторы, отрицательно влияющие на качество функционирования систем, такие как, например, подверженность человека ошибкам. Все эти работы, в конечном счете, направлены на ограничение отрицательной роли такого рода факторов. При этом они существенно различаются между собой по кругу решаемых задач, модели человека в системе, используемым подходам к решению и теоретическим основаниям.

Можно заметить, что, хотя во всех представленных работах по человеко-машинным системам речь идет о системах управления технологическими процессами, задачи управления, на решение которых направлены полученные авторами результаты, относятся совсем к другим «контурам управления», и их влияние на качество управления технологическими процессами может быть лишь косвенным.

Обзорная статья В. М. Дозорцева «Психологические проблемы компьютерного тренинга операторов технологических процессов» посвящена весьма специальной, с точки зрения проблем управления, проблеме обучения операторов посредством такого тренинга. Статья очерчивает теоретический фундамент построения адекватных методов обучения в процессе тренинга, в том числе:

- построение психологической модели формирования профессиональной деятельности оператора компьютеризированных систем управления ТП (в частности, формирования навыков и умений);
- определение компонент профессиональной деятельности, которые наиболее целесообразно формировать путем компьютерного тренинга;
- разработку учебно-методического обеспечения компьютерного тренинга.



Связь задачи обучения операторов с задачами управления неоднозначна. Очевидна основная роль человека — в качестве оператора, участвующего в управлении технологическим процессом. Основной человеческий фактор, связанный с этой ролью — это наличие и качество квалификации у оператора. При этом сам оператор оказывается объектом приложения управляющих воздействий. (Обучение может интерпретироваться как управление в кибернетическом смысле).

По теоретическим основам подхода к исследованию и решению рассматриваемого круга проблем работа В. М. Дозорцева радикально отличается от подавляющего большинства представленных в сборнике работ, в которых не обнаруживается потребность в знаниях из психологии и других гуманитарных наук. При этом в работе представлен широкий спектр психологических знаний, полезных прежде всего для специалистов по человеко-машинным системам, не обязательно связанных с проблемами компьютерного тренинга. В частности, это относится к такому существенному при построении систем фактору, как базовый состав профессиональных навыков, которыми должен обладать оператор для успешной работы, многие из которых относятся к «умственным», или интеллектуальным навыкам. Это — навыки ориентирования в системе законосителей, распознавания отклонений от нормы, прогнозирования последствий воздействий, генерирование и проверка гипотез, планирования процедур, исполнения типовых процедур, комплексный навык принятия решений. Наличие такого рода навыков по умолчанию предполагается разработчиками человеко-машинных систем, хотя понятно, что сложность их приобретения, а значит, и успешность работы зависит от того, имеют ли их в виду разработчики систем.

Сопоставляя работу В. М. Дозорцева с другими публикациями сборника, можно увидеть различные аспекты существующего и потенциального взаимодействия (или, наоборот, отсутствия взаимодействия) между наукой управления и психологией.

Например, сравнение основной модели принятия решений, принятой в науке управления, и широко распространенной психологической модели, которая представлена в данной статье, показывает видимость сходного понимания (выбор альтернатив). Но психологическая модель имеет более сложное содержание по составу этапов, даже если не касаться вовлекаемых в принятие решения психологических процессов.

С другой стороны, некоторые модели для специалистов в области науки управления выглядят моделями «здорового смысла» — для них не нужно знание психологии. Например, — это модель деятельности оператора ТП в компьютеризированной системе автоматизированного управления («Он должен вовремя обнаружить неспособность автоматики справиться с возникающими нарушениями в ходе процесса, определить причину неисправностей и компенсировать их последствия»).

Представленная работа свидетельствует, что интеграция более глубоких психологических знаний о человеке с подходами и техникой построения моделей, принятой в науке управления, может быть весьма плодотворной. Значимым примером такой интеграции является предложенная психологическая модель формирования навыков оператора. В ней регуляция деятельности рассматривается как замкнутая схема с обратной связью, включающая объект (источник сигналов и предмет корректирующих воздействий), задающий блок (источник информации о желаемом состоянии объекта), блок сличения и регулирующий блок, переводящий (перешифровывающий) рассогласования текущего и желаемого состояний объекта в корректирующие воздействия. При этом регулятором предметных действий служит когнитивный образ. Используется также идея выделения в контуре управления ментальной (мысленной) модели нормы, которую собственно и следует расширять и совершенствовать в процессе тренинга. Предложенные в работе модели успешно применялись для построения реальных систем компьютерного тренинга, что служит эмпирическим свидетельством их работоспособности.

Статья А. А. Амбарцумяна и С. А. Браништова «Модели профильного включения персонала в управление сложными технологическими процессами» направлена на снижение роли ошибок персонала в работе АСУ ТП путем усовершенствования структуры и функций системы.

На основе обследования современных отечественных АСУ ТП и тенденций их развития авторы выдвигают тезис о необходимости снижать влияние человеческого фактора на процесс управления за счет дополнительных средств автоматизации человеческой деятельности, вовлеченной в процесс управления. Это должно происходить путем, с одной стороны, повышения степени автоматизации функций персонала при управлении технологическими процессами, особенно, на более высоких уровнях управления, а с другой, —

контроля и ограничения его действий во избежание ошибок. Для реализации этой идеи авторы отказываются от традиционных обобщенных моделей оператора АСУ ТП, в которых ошибки рассматриваются в отрыве от функциональности системы, и ориентируются на дифференциацию ролей персонала в разных уровнях и соответствующих им контурах управления технологическим процессом.

В работе проведен анализ типовых уровней управления технологическим процессом, выполняемых функций, средств поддержки управления и принятия решений, ошибок персонала. Установлено, что хотя в каждом из типовых контуров управления: автоматическом, операторском и супервизорном — выполняются одни и те же последовательные фазы: сбор данных, анализ данных, принятие решения и исполнение решения, эти уровни характеризуются различными типами взаимодействия между персоналом и технологическим процессом, средствами поддержки управления и принятия решений и составом ошибок.

Предлагаемая организация систем управления сложными технологическими процессами состоит в профильном включении персонала в управление, при котором решение от персонала требуется только тогда, когда это необходимо по технологии, и в соответствии с ролью человека в цепочке управления технологическим процессом в этот момент времени.

В качестве общей формальной модели для того, чтобы описывать модели деятельности человека в каждом из контуров управления конкретной автоматизированной системы, а затем на основе этих моделей реализовать поведение системы, предлагается модель «активных технологических сценариев», развивающая схему событийного моделирования.

Отметим, что наряду с основными ролями человека, исследуемыми в данной работе, — ролями персонала управления в разных контурах управления при работе системы, в статье А. А. Амбарцумяна и С. А. Браништова вскользь упоминается еще одна роль — «экспертов», преобразующих правила и нормы ведения технологических процессов, описанные в нормативных документах, в формализованные сценарии. Эта роль, со своими человеческими факторами, включая и фактор подверженности человека ошибкам, в данной работе, как и в большинстве других, остается за рамками исследований.

Статья В. М. Бабикова, И. М. Панасенко «Учет человеческого фактора при обеспечении надежности человеко-машинных систем» представляет результаты исследований, которые начинались в Институте проблем управления РАН под руководством Д. И. Агейкина по тематике «Человек в системе контроля» еще в 70-е годы XX века и продолжаются по сей день. Она следует научной традиции, направленной на то, чтобы моделировать человека математическими средствами и сделать влияние человеческих факторов на качество решения задач, в которых он участвует, объектом формального анализа и численной оценки.

В статье рассматриваются возможности анализа ошибок оператора и его надежности как элемента системы с использованием методологии байесовых сетей (Bayesian Belief Networks). Ее можно рассматривать как одну из методологий вероятностного моделирования событий (состояний) и их взаимовлияния. Она позволяет оценивать (вычислять) вероятности анализируемых событий и состояний, например, вероятность ошибок оператора, на основе предполагаемой (задаваемой) экспертами вероятностной зависимости одних событий и состояний от других. Вероятности событий здесь интерпретируются как описание степени доверия наблюдателя к тому, что рассматриваемое событие является фактом.

Существенно, что при анализе могут учитываться как строгие статистические данные, так и оценочные сведения, полученные в результате экспертиз, экспериментов, интервью с наблюдателями, мнения участников единичных событий. При этом оценки могут корректироваться в ходе эксплуатации системы или обучения операторов на основе актуальных наблюдаемых событий («очевидных знаний ситуации из первых рук»).

В статье В. М. Бабикова, И. М. Панасенко выделяются два типа ролей человека и связанных с ними человеческих факторов. Основная роль — это роль оператора человеко-машинной системы, которая является предметом изучения. Здесь на основе опыта исследования реальной деятельности операторов авторы предлагают структурированное представление типичных факторов, влияющих на вероятность ошибки, среди которых выделяются объективные и субъективные, «постоянные» и «переменные» факторы влияния на качество работы оператора.

Второй тип ролей — это люди, участвующие в анализе надежности оператора в системе или анализе ситуаций, в том числе, кон-

кретных, которые связаны с ошибками оператора. Это — и эксперты, и наблюдатели, и непосредственные участники анализируемого инцидента. В связи с деятельностью людей этой группы отмечается человеческий фактор, действующий еще на этапе формирования модели анализируемой ситуации в виде байесовой сети, — это сложность «заполнения таблиц» (а по сути — априорной оценки) условных вероятностей, определяющих влияние одних событий на другие.

Трудно не обратить внимание на сходство методологии байесовых сетей, применяемой в работе В. М. Бабикова, И. М. Панасенко, с когнитивным моделированием, которое рассматривается в статье О. П. Кузнецова и его соавторов. Особенно это заметно для формальных моделей когнитивных карт, которые авторы статьи относят к анализу влияний. В обоих подходах речь идет об анализе влияний, что хорошо видно из некоторых названий формальных моделей вероятностного моделирования (Probabilistic Influence Diagrams, Probabilistic Cause-Effect Models), используемых наряду с названием «байесовы сети». При этом состав факторов (параметров, характеристик, ценностей) определяется субъективно, как и наличие влияния одних факторов (параметров) на другие, и оценки степени влияния одних факторов на другие. На этапе, когда работает человек, который строит формализованную модель ситуации, и действуют связанные с ним человеческие факторы, в двух подходах различаются, главным образом, средства формального моделирования влияний, что и определяет последующее применение математического аппарата и формальных методов анализа.

Получается, что в случае применения, скажем, модели нечетких когнитивных карт для описания субъективного видения ситуации и его последующего формального анализа уместно говорить о «когнитивном моделировании», а в случае применения очень близкой по смыслу модели байесовых сетей этот термин в его узком смысле не применим. Для сравнения отметим, что в гуманитарных науках когнитивное моделирование обычно означает реконструирование мыслительных (более широко — познавательных) процессов человека в тех или иных ситуациях.

Вопросы о том, является ли употребление признака «когнитивный» просто «брендом» научного направления, либо он несет более существенную информацию, о том, «насколько когнитивны» (т. е. насколько зависят от конкретного субъекта и его познавательных

средств) те или субъективные модели, к которым применяются формальные математические методы, сегодня открыты. Как представляется редакторам, поиски ответов на эти вопросы и согласование различных точек существенны для выявления значимых человеческих факторов, действующих на этапе построения субъективных моделей и оценок, который предшествует применению формальных методов.

Особняком в представленном спектре работ стоит статья Б. М. Шита «Электрические методы оценки теневой экономики». Если исходить из общих позиций проблемы человеческого фактора в управлении, ее важная идея состоит в следующем. «Теневые» факторы, обусловленные человеческой активностью (если говорить в терминологии теории активных систем), нужно не только моделировать или анализировать, но и оценивать, измерять их влияние в реальном времени жизни управляемой системы, в том числе, и косвенными методами.

В заключение обзора вкратце остановимся на исследованиях И. В. Прангишвили<sup>18</sup>, посвященных общесистемным закономерностям (см. рис. 1). Он пришел к изучению закономерностей, общих для систем разной природы, в поисках объяснений поведения сложных, слабо структурированных, слабо определенных систем и ситуаций, поисках возможности оценить принимаемые управленческие решения самого высокого уровня. Понятие системы является центральным в развиваемом подходе к задачам управления.

Закономерности можно понимать как виды, или общие модели организации и поведения естественных систем, которые достаточно типичны (достаточно часто встречаются), чтобы пытаться использовать их в качестве возможных объяснительных моделей при решении задач анализа реальных систем разной природы: искусственных, природных, общественных и др., а также — в качестве прототипов при создании новых систем либо решении задач управления имеющимися системами.

Характерными примерами закономерностей, которые изучает И. В. Прангишвили и пытается применить к самым разнообразным практическим задачам, являются гомеостатическая закономерность

---

<sup>18</sup> См.: *Прангишвили И. В.* Системный подход и общесистемные закономерности. М.: Синтез. 2000, *Прангишвили И. В.* Энтропийные и другие системные закономерности. Вопросы управления сложными системами. М.: Наука, 2003.

(упрощенно говоря, — способность системы сохранять свои жизненно важные свойства) и синергетическая (способность системы к «развалу» даже при незначительном влиянии дестабилизирующих факторов)<sup>19</sup>. В основе закономерностей поведения лежат определенные модели систем, для которых эти закономерности типичны. Тем самым, накопление закономерностей в науке управления — это формирование своего рода «банка моделей», поведение которых obviously объяснимо.

Вопрос о роли человека и человеческих факторов в решении задач управления в работах И. В. Прангишвили напрямую почти не обсуждается. Вместе с тем имеется высказывание о том, важными вехами на пути развития возможностей системного подхода к решению рассматриваемых проблем должны стать:

- 1) накопление, обобщение и систематизация мыслительных конструкций для осмысления и структурирования сложных ситуаций на основе общего понятия системы;
- 2) развитие методик применения этих средств.

К числу таких средств относятся различные модели систем, как количественные, так и качественные. Это означает, что модели разных типов систем должны служить средством мышления человека, решающего практическую задачу. При этом центральными оказываются вопросы о том, как и при каких условиях следует применять те или иные модели и относящиеся к ним закономерности. Когда следует применить, скажем, гомеостатическую закономерность, и когда — синергетическую? Нельзя не заметить, что вопросы такого рода возникают не только по отношению к закономерностям и лежащим в их основе моделям, но и к другим «банкам моделей», которыми располагает наука управления. Некоторые рекомендации по выбору подходящих моделей в зависимости от решаемой практической задачи представлены в публикациях И. В. Прангишвили. Однако в целом вопросы такого рода на сегодня открыты.

Специфика применения закономерностей к системам и ситуациям, трудным для формализации, и подверженность влиянию человеческих факторов довольно хорошо видны на примере закономерности, которая устанавливает зависимость потенциала системы

---

<sup>19</sup> С тем же успехом, в силу типичности, можно было бы говорить и о кибернетических закономерностях: общей закономерности управляемости, и более частных — закономерности положительной и отрицательной обратной связи.

от степени ее организованности и характера взаимодействия структурных элементов в системе. В частности, согласно этой закономерности, научный потенциал исследовательского коллектива как системы зависит не только от потенциалов составляющих элементов, но и от степени организованности и характера взаимодействия элементов (целенаправленности взаимодействий, их взаимосогласованности, управляемого характера). Эта закономерность, согласно И. В. Прангишвили, допускает такие «крайние» формы организации как всеантагонистический характер взаимодействия элементов (общий потенциал ниже минимального из потенциалов элементов) и, напротив, хорошо организованные системы, в которых имеет место так называемый эффект «структурного усиления» (общий потенциал существенно больше суммы потенциалов элементов).

При этом известна другая, теоретически обоснованная закономерность, согласно которой эффект «структурного усиления» выражается в экспоненциальном росте эффективности, а, следовательно, продуктивности научной группы с ростом ее размера<sup>20</sup>. Довольно очевидно, что при решении практических задач организации научных исследований человек, принимающий или, напротив, отвергающий одну или другую закономерность, должен принимать решение, зависящее от множества субъективных факторов. Более того, если, например, принимается закономерность И. В. Прангишвили, качество решения зависит от знания тех показателей, которые существенны для определения «степени организованности» на практике, т. е. от конкретизации общих понятий применительно к более частным ситуациям.

Еще более заметна роль субъективных факторов при решении задач методами творческого переноса, когда закономерности поведения установлены на одном типе систем (например, биологических), и делается попытка перенести их, на другой тип (например, социальных систем). Такого рода решения представлены в упомянутых работах И. В. Прангишвили и соавторов, А. И. Яблонского, но они на сегодня остаются за рамками традиционной науки.

Редакторы пока не подводят итогов представленного обзора статей, не пытаются дать ответов на поставленные вопросы, которые стимулировали подготовку этого сборника — это результат дальнейшей работы. Но уже сегодня можно сказать, что интеграци-

---

<sup>20</sup> См.: Яблонский А. И. Модели и методы исследования науки. М.: УРСС, 2001.



онный потенциал исследований, связанных с человеческим фактором, далеко не исчерпан: в одних работах и направлениях исследований находятся решения, которые могут повысить результативность (прежде всего — практическую) других работ. Просматриваются также некоторые объединительные идеи и направления поисков. Насколько удастся использовать имеющийся потенциал, в значительной степени зависит от организаторов науки и от понимания человеческих факторов, определяющих степень организованности активной управляемой системы, и возможности управления этими факторами.

*Редакторы сборника:*

*Н. А. Абрамова,  
Д. А. Новиков*

# Рефлексивный подход и проблема взаимопонимания

---

*Н. А. Абрамова*

Исследуется проблема взаимопонимания субъектов интеллектуальной деятельности между собой и с компьютерами, на уровне ключевых понятий.

Предложены методологические схемы, которые позволяют с применением механизмов рефлексии описывать, анализировать и оценивать согласованность знаний об объектах, соответствие между объектом и знаниями о нем, влияние субъекта на качество знаний. Представлен ряд конструкций языка формализованного описания ситуаций отражения объектов, знаний, субъектов в сознании взаимодействующих субъектов, который строится как модифицированный и расширенный язык рефлексивных много-членов В. А. Лефевра.

Дан практический пример применения рефлексивного подхода к согласованию понятий на основе предложенных средств.

## ***Введение***

Предлагаемая работа лежит в русле исследований, ориентированных на то, чтобы в качестве источника риска для качества решения управленческих задач рассматривать интеллектуальную деятельность человека, решающего эти задачи или создающего средства для такого решения. О каких рисках может идти речь?

Сегодня типичным является решение самых разнообразных управленческих задач при совместном участии людей и компьютеров, которые реализуют те или иные формальные методы решения, поддерживающие интеллектуальную деятельность человека. Не менее распространена регламентация и формализация управленче-

ской деятельности даже и в тех ситуациях, которые не связаны напрямую с компьютерами. Оказывается, что в таких формах управленческой деятельности иногда возникают условия, когда наряду со способностью людей выполнять наиболее сложные, творческие, трудно формализуемые этапы работы или даже вопреки этой способности, начинают действовать отрицательные, порой трудно объяснимые человеческие факторы. Такого рода факторы могут приводить к неадекватному решению практических задач или, по крайней мере, создавать риски<sup>1</sup>. (Некоторые примеры реализованных рисков рассмотрены в [1].)

Характерной человеческой ролью такого рода, подверженной рискам, как показывает проведенный анализ, является построение формализованной модели ситуации (или объекта) и своих оценок ситуации, когда работа происходит под «давлением» навязанной теоретической схемы представления знаний. Косвенным источником риска оказывается человек, формирующий теоретические понятия и модели, на основе которых должна производиться формализация знаний при решении практических задач.

В отличие от более традиционных подходов к деятельности такого рода, как формализация знаний при решении практических задач, выводящих эту деятельность за рамки научного исследования, цель комплекса исследований состоит в том, чтобы охватить ее посредством подходящих моделей и включить в цикл управления качеством решения управленческих задач.

Представленная статья связана с ролью проблемы взаимопонимания людей и людей с компьютерами в ходе решения управленческих задач и иной интеллектуальной деятельности. Фактор взаимопонимания рассматривается как существенный человеческий фактор во многих видах интеллектуальной деятельности: ее результативность и качество существенно зависят от знаний и представлений субъектов деятельности и от качества этих знаний, в частности, от их адекватности объектам (так или иначе относящимся к этой деятельности), а если она — коллективная, то и от согласованности знаний между собой. Недостаточное, по сути дела, взаимопонимание может проявляться как в виде осознаваемого непонимания или недопонимания, так и в виде иллюзии взаимопонимания; каждая из этих форм создает свои риски.

---

<sup>1</sup> Некоторые аспекты проблемы рисков описаны в работах [1-5].

Статья продолжает исследование проблемы взаимопонимания на уровне понятий, которое было начато в [6].

В нашей научной практике эта проблема возникла в 1996–1997 гг., когда в Институте проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН было предпринято межлабораторное исследование по поиску подходов к решению разнообразных крупномасштабных слабоструктурированных прикладных проблем. Проблема взаимопонимания стала существенной, прежде всего в практическом плане, в деятельности исследовательского коллектива и его партнеров из других организаций, и тем самым оказалась частью исследуемой научной проблемы. При этом почти не удалось найти практически значимых научных идей для ее разрешения. Практика показала, что важную роль играет несогласованность ключевых понятий и сложности достижения согласования.

При поиске практических методов и технологий согласования ключевых понятий [6]<sup>2</sup> обнаружилось, что нередко приемлемое взаимопонимание, или, по крайней мере, одностороннее понимание достигается лишь тогда, когда понятие, которое казалось действительно коллективным, рефлексивно расщепляется в сознании партнеров на индивидуальные понятия участников взаимодействия. Такой способ был положен в основу одной из технологий: технологии согласования понятий с рефлексией. Но лишь при попытке пересмотреть всю ситуацию с позиций рефлексивного подхода, проблема взаимопонимания стала поддаваться систематическому анализу. Более того, оказалось, что с единых методологических позиций удастся подходить к весьма разнородным прикладным проблемам. Среди них — проблема взаимопонимания в контексте начальной диагностики крупномасштабных, слабо структурированных проблем и проблемных ситуаций и проблема верификации и валидации интеллектуальных систем и технологий для критических приложений, в которых интерфейсные понятия служат средством взаимопонимания людей и компьютеров

Статья содержит следующие разделы. В разделе 1 введены базовые понятия из [6] по проблеме взаимопонимания в рамках согласованности понятий. В разделе 2 предлагаются общие методологиче-

---

<sup>2</sup> Поиск методов и технологий согласования понятий, как и разработка упоминаемой ниже теоретической модели научно-прикладного понятия [6], проводились в рамках проекта РФФИ. Руководителем работы был И. В. Прангишвили; помимо авторов книги [6], в ней принимал участие О. П. Кузнецов (ИПУ РАН).

ские схемы рефлексивного анализа, которые подтвердили свою работоспособность для названных прикладных проблем. В разделе 3 рассмотрен пример применения рефлексивного анализа для согласования понятий, и предложена стратегия их согласования, основанная на идеях разрешения конфликтов. Наконец, по ходу изложения демонстрируется ряд конструкций формализованного языка для рефлексивного описания ситуаций, в основе которого лежит модифицированный и расширенный язык рефлексивных многочленов В. А. Лефевра [7].

## **1. Коллективные понятия и согласование понятий**

Как говорилось во введении, важную роль в практической проблеме взаимопонимания при каких-то условиях могут играть несогласованность ключевых понятий и сложности достижения согласования. При поиске подходов к анализу таких ситуаций была сформирована и проверена на практике теоретическая модель научно-прикладного понятия, в которой понятие выступает в двойственной роли: как единица индивидуального мышления, и единица коллективного знания [6].

Опишем вкратце базовые понятия этой работы, существенные при рефлексивном подходе, с некоторыми уточнениями.

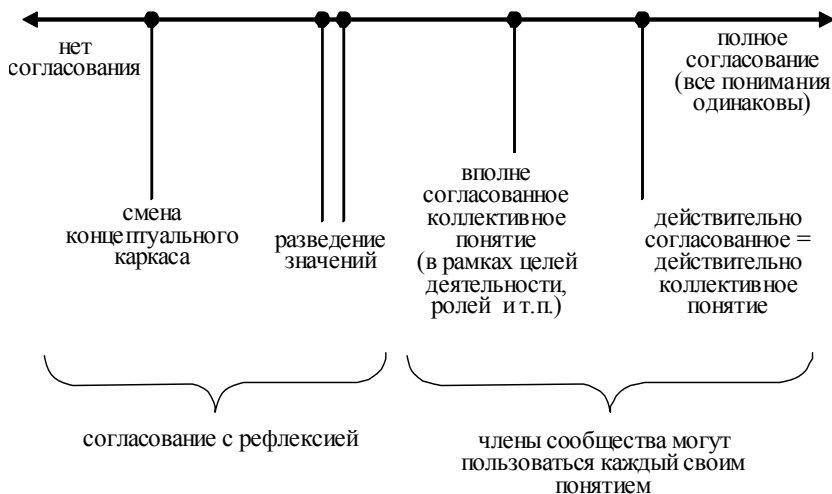
Само понятие «понятие» рассматривается в самом широком плане — как единица смысла, связываемая с некоторым именем<sup>3</sup>.

*Коллективное понятие* рассматривается как совокупность одноименных индивидуальных понятий, более или менее согласованных по смыслу между собой (и с внешне представленным смыслом, предназначенным в качестве основы для согласования, если таковой используется).

Если представить себе шкалу, на которой отражаются разные виды и степени согласования одноименных понятий, на ней можно выделить несколько характерных точек (рис. 1).

---

<sup>3</sup> Это не соответствует сложившейся научной парадигме понятия как набора существенных признаков класса однотипных предметов, но соответствует практике использования специалистами понятия «понятие», и это проявляется, в частности, когда речь идет о сложных слабо структурированных ситуациях, аналитической деятельности и т. д.



**Рис. 1.** Шкала видов и степени согласования одноименных понятий

*Действительно коллективное* (или действительно согласованное) понятие — это такое коллективное понятие, что рассогласование никак не проявляется ни в ходе естественных коммуникаций и деятельности сообщества, ни посредством любых специальных методов выявления рассогласования, которыми данное сообщество располагает.

*Вполне коллективное* (вполне согласованное) понятие — в определенном сообществе с установленными или сложившимся целями и контекстом деятельности и установленным или сложившимся распределением ролей — это совокупность одноименных индивидуальных понятий членов сообщества с такой степенью согласованности, что каждый член сообщества может пользоваться своим индивидуальным понятием; и при этом достигается взаимопонимание.

Важной отличительной чертой вполне согласованного понятия, что в определенном контексте деятельности различия между понятиями могут игнорироваться, даже если они осознаются, что позволяет каждому пользоваться своим понятием без учета других. Этот вид согласованности может рассматриваться как практически значимая норма взаимодействий в разнородных сообществах.

В случаях, когда понятие не вполне согласовано, это может проявляться тем или иным способом в ходе взаимодействия, пре-

пятьствуя взаимопониманию. В этих случаях вступают в действие механизмы рефлексии, о которых пойдет речь ниже, и может вновь достигаться согласованность за счет изменения структуры знаний.

*Согласование с рефлексией* означает, что человек представляет не только свое личное понятие, но и его различия с понятиями коллег, роли которых для него существенны. При этом он может использовать мыслительные «карты» своего индивидуального понятия и понятий коллег. Такая карта может содержать структуру индивидуальных понятий, а также такие свойства, как устойчивость, включенность в общую систему понятий. Кроме того, могут учитываться характеристики мышления партнера по работе, подвижность его понятий, умение переключаться на другие гештальты и др. Тем самым, по крайней мере, на время поиска выхода из обнаружившейся ситуации рассогласования у субъекта формируется рефлексивное понятие.

Типичный вид согласования, достигаемого посредством рефлексии, — это разведение значений при обнаруженной многозначности. Такое согласование бывает особенно затруднительным, если система понятий различных членов сообщества опирается на разный «концептуальный каркас» (в терминах К. Поппера [7]). Встречаются ситуации, когда приемлемое взаимопонимание достигается только за счет того, что человек вынужден в ходе коммуникаций оперировать рефлексивным понятием.

Особое место в этой части шкалы занимают научно-прикладные понятия, которые названы двуликими [2]. *Двуликое понятие* возникает при взаимодействии носителей научных знаний и носителей знаний о прикладной области и ее проблемных ситуациях. Оно имеет двойственный смысл: практический — для носителей проблемных ситуаций и научный — для носителей научных знаний, которые пытаются перевести более или менее строгое и сложное научное понятие на «понятный» язык нечетких понятий<sup>4</sup>.

Это — особый случай многозначных понятий, когда в коммуникациях одновременно функционируют разные значения, адресованные разным типам участников<sup>5</sup>. При этом носитель разных зна-

---

<sup>4</sup> Типичный пример двуликого понятия — это «лингвистическая переменная», вербальные значения которой в компьютере отображаются в численную шкалу, так что к отношению порядка вербальных значений добавляется еще и равномерность расстояний между смежными значениями.

<sup>5</sup> На практике встречаются даже понятия с «тремя лицами».

чений, имеющих разных адресатов, как правило, полагает, что имеющиеся различия если и существенны по сути, то не проявляются в рамках ролей участников и контекста деятельности. Однако именно эти понятия нередко становятся источником риска при решении практических задач на основе теоретических понятий и моделей, лежащих в основе научных методов, из-за иллюзии взаимопонимания [2], и рекомендуется предпринимать специальные меры для их компенсации.

## **2. Методологические схемы рефлексивного анализа**

Как показывают наблюдения автора, в ходе интеллектуальной деятельности, проходящей с вовлечением рефлексивных механизмов, будь то индивидуальная или коллективная деятельность, часто обнаруживаются два совместно протекающих, переплетающихся процесса, которые можно рассматривать как отражения: объективные и субъективные. В одном процессе объекты прямо или косвенно отражаются в знаниях людей, а в другом — субъективно осмысливаются и оцениваются знания, порождаемые в объективном процессе.

### **2.1. Объективные отражения**

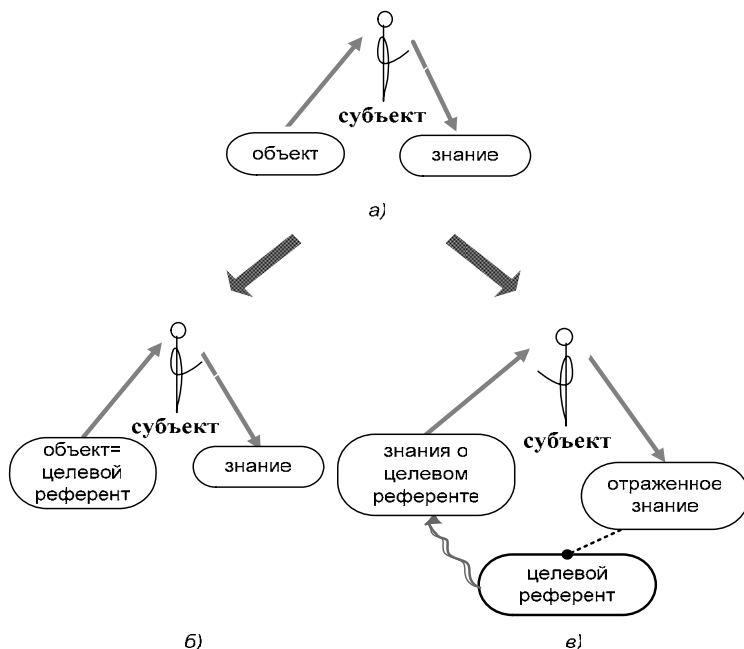
*Объективные отражения* — это получение знаний субъектом об объекте при непосредственном взаимодействии с этим объектом или опосредовано: через других субъектов и информационные взаимодействия. Такие мыслительные действия объективны в том смысле, что происходят независимо от того, осознает ли их отражающий субъект или нет.

Такого рода объективные отражения и процессы интеллектуальной деятельности, в которых они происходят, можно анализировать с помощью общей методологической схемы «субъект — объект — знание» (рис. 2а). При этом объект отражения понимается в широком смысле, включая и единичные объекты реальности, и классы объектов, объединенные каким-то понятием, и сложные слабо структурированные ситуации, и знания, и самих субъектов.



Отражающий субъект — это индивид или группа, сообщество; важно, что со знаниями мы связываем какого-то носителя, т. е. знание субъектно.

Эта схема может применяться для анализа как при непосредственном отражении объекта, с которым связаны цели или интересы субъекта (иначе, *целевого референта*) в его знаниях, так и при опосредованном отражении.



**Рис. 2.** Разновидности схемы объективных отражений объекта в знаниях субъекта

Первый вид отражений, соответствует ситуации, естественной для данной схемы, когда субъект непосредственно отражает в своих знаниях объект, который является для него целевым референтом (рис. 2б). К этому типу отражений нередко можно отнести осознание, т. е. отражение субъектом самого себя, если именно он является объектом интереса. (Например, человек говорит о себе «Я решаю задачу» или «Мои знания по данному вопросу не полны»).

Другой, не менее типичный вид объективных отражений — это получение субъектом знаний о целевом референте путем отражения знаний другого субъекта, обычно — путем информационного взаимодействия (рис. 2в). Пунктирная связь от отраженных знаний на рис. 2в указывает на целевого референта, иными словами, указывает, о чем эти знания (как и исходные).

К этому виду отражений относится, помимо очевидных случаев (типа ссылок «как написано в статье»), и осознание субъектом собственных представлений о каком-либо объекте, например, их формализация, выведение вовне. Второй случай имеет место, когда роль субъекта состоит в том, что он является носителем знаний, но не целевым объектом интереса. (Примеры такого рода будут рассматриваться в разд. 3.)

В схеме «объект — знание — субъект» выражается ряд объективных отношений:

1. отношение, выражающее происхождение знания — от источника-объекта через отражающего субъекта;
2. субъектность знаний — знание имеет своего носителя;
3. относительность знаний — знание как продукт отражения объекта субъектом зависит (по крайней мере, в общем случае) и от отражаемого объекта, и от отражающего субъекта.

Если объект является целевым референтом, то эта схема выражает еще отношение референции: знание относится к объекту, и он же является референтом мышления субъекта.

Используя схему (треугольник) «объект — знание — субъект», удается описывать довольно сложные процессы формирования знаний «об одном и том же» при многих участниках процесса [2]. При этом каждой смене носителей знаний сопоставляется свой треугольник отражений. (На практике иногда приходится применять и более сложные схемы, как в примере, рассматриваемом ниже.)

## **2.2. Искажающий эффект в отражающих знаниях субъекта**

Допущение об относительном (в общем случае) соответствии между знаниями разных субъектов о некотором объекте и свойствами самого объекта имеет свои основания. Они отражаются и в жизненных наблюдениях, таких как известный афоризм «мысль

изреченная есть ложь», и в самых разных научных исследованиях, причем — опирающихся на разные методологические принципы.

Так, относительность знаний про объект, почти очевидную для многих философов, методолог Г. П. Щедровицкий раскрывает, представляя знание об объекте как результат решения каких-то определенных частных задач [9]. А психолог Л. С. Выготский [10], следуя за Ф. Поланом, сосредотачивается на динамичности смысла слов (точнее понятий), и зависимости от контекста речи.

В отношении взаимопонимания Л. С. Выготский говорит о невозможности общения сознаний не только физически, но и психологически — за счет внутреннего опосредования мысли сперва значениями, а затем словами [10, стр. 356]. Социолог Л. Г. Ионин, совсем с иных позиций, раскрывает механизм понимания фактов, событий, лиц, причастных к ситуации, — их типологизацию на основе определенного набора типов, и это позволяет определить границы взаимопонимания [11].

В данной работе, которая трактует процесс получения людьми знаний о некотором объекте как процесс отражений, представления о соотношении между знаниями разных субъектов о некотором объекте и свойствами самого объекта суммированы в следующих тезисах.

- **Тезис 1.** Отражение различных объектов в сознании субъекта, в общем случае, происходит с искажением. Коротко говоря, имеет место *искажающий эффект*.
- **Тезис 2.** Неизбежным источником искажений в отраженных знаниях субъекта является сам субъект.
- **Тезис 3.** Передача знаний между субъектами, в общем случае, происходит с искажением.

Тезис 3, в значительной мере вытекает из тезиса 2.

Разумеется, принятие этих тезисов в качестве основы для подхода к проблеме не означает, что искажающие эффекты всегда существенны и всегда отрицательны<sup>6</sup>.

В обыденной жизни многие, часто неосознанно, опираются на другие представления и нормы. Так для тезиса 3, по существу, ан-

---

<sup>6</sup> Например, часто положительный эффект дает формализация знаний, в широком смысле — всякое удачное новое понятие, уточняющее интуитивные представления.

титезисом выступает известный тезис А. Шюца «о взаимности перспектив» [12], согласно которому партнеры по взаимодействию видят и понимают мир в сущности так же, как он сами. Другими словами, характеристики мира не изменяются от перемены мест участников взаимодействия. Как отмечается в анализе Ионина [11], факт индивидуальных различий в восприятии мира, может осознаваться партнерами, но различия оцениваются как несущественные в данной ситуации. Напротив, в условиях, когда индивидуальные различия оказываются существенными и тезис Шюца не применим, проявляется справедливость тезиса 3 — различное понимание зависит не только от «перспектив», т. е. объективной позиции участников взаимодействия, но и от субъективных факторов.

В методологическом плане роль допущений об отсутствии существенных (отрицательных) искажающих эффектов состоит в следующем. Если такое допущение (тезис) выступает для субъекта как норма, осознаваемая или нет, то возможны конкретные ситуации, фальсифицирующие (опровергающие) допущение<sup>7</sup>; и только такие ситуации становятся основанием для их анализа. Например, в случае с НИР, описанном во введении, фальсифицирующими условиями оказались, с одной стороны, непривычность, даже уникальность проблемы, отсутствие для нее понятийного аппарата, а с другой — гетерогенность коллектива.

Напротив, в случае максималистской позиции, в которой всегда допускаются потенциальные риски, пришлось бы для всякой конкретной ситуации проводить верификацию — доказательство того, что, благодаря каким-то факторам, отрицательные искажающие эффекты не несущественны, или, по крайней мере, допустимы.

Выбор автора обусловлен ориентацией на проблему рисков, связанных с отражением мира в сознании людей, решающих практические задачи, а также — в компьютерных средствах поддержки интеллектуальной деятельности этих людей.

Наиболее спорным из представленных тезисов 1–3 может представляться тезис 2, намеренно сформулированный в «жесткой» форме.

По мнению автора, неустранимым источником искажений являются когнитивные средства, с помощью которых человек типизирует и структурирует свои представления о мире при взаимодействии с

---

<sup>7</sup> Понятие фальсификации (опровержения) теории заимствовано у К. Поппера [8].

миром и другими людьми: общие понятия и схемы представления знаний, или просто схемы. Упрощенно, понятие вычленяет целостность, которой сопоставляется подходящее имя, а схема — еще и структурирует выделенное целое. Образно говоря, эти средства — кривые зеркала, которые стоят между человеком и миром, человеком и другими людьми.

Одно из возможных объяснений того, почему эти зеркала — кривые, можно найти у Г. С. Ионина [11]<sup>8</sup>. Следуя идеям У. Пирса, он показывает, что идентификация типов в конкретных явлениях, ситуациях — это абдуктивный процесс, лишенный достаточных логических оснований.

Еще одно объяснение основано на том, что происхождение конкретных схем психологи обычно связывают с опытом человека, индивидуальным или коллективным. Такие схемы не вносят недопустимых искажений, пока возникающие ситуации соответствуют опыту<sup>9</sup>.

В заключение отметим, что тезисы об относительном соответствии знаний мы относим не только к отдельным личностям, но и к групповым субъектам, и даже к «формальным экспертам»: компьютерам, играющим роль искусственного интеллекта или партнера людей в информационных технологиях<sup>10</sup>. Однако чтобы рассмотрение для таких субъектов было более строгим, следует уточнять, чем отличается знание таких субъектов от индивидуального знания, о котором мы до сих пор говорили, и это выходит за рамки данной статьи.

## 2.3. Субъективные отражения. Рефлексия

Объективные отражения, приводящие к появлению знаний и их передаче между субъектами, так или иначе отражаются в сознании субъекта: осознаются или, напротив, не осознаются им. Характер

---

<sup>8</sup> Ионин не использует терминов «схема» и «понятие», а говорит о средствах типизации и типах. Но в его разъяснениях они довольно легко прочтываются, особенно, когда он говорит об изменении структуры понимания в зависимости от выбора типов.

<sup>9</sup> Другая разновидность схем — это теоретические модели, создаваемые учеными [1], и для таких схем отсутствие искажающего эффекта также не гарантируется, что становится очевидным при смене научных парадигм.

<sup>10</sup> Искажающий эффект в информационно-поисковых системах обсуждает в своей книге В. Е. Лепский [13].

субъективного отражения, в значительной мере, зависит от того, насколько субъект осознает относительность своих знаний, насколько он осведомлен об искажающих эффектах и принимает их во внимание, насколько эти эффекты значимы для него и его деятельности. Рассмотрим, типичные формы таких субъективных отражений.

### **2.3.1. Типичные варианты субъективных отражений. Случай одного субъекта**

**Нерефлексивное отражение.** Субъект, который получил свои знания об объекте, путем непосредственного отражения объекта или иным путем, при размышлении об объекте как о целевом референте, обычно отражает в своем сознании только сам объект, но не его знания про объект или его самого как самостоятельных референтов мышления (рис. 3а). Это и есть нерефлексивное отражение отношений между ними, представленных в схеме «субъект-объект-знание». Объект в поле сознания обозначен на рисунке в кавычках, чтобы отличить его как мысленный объект (иначе, объект, «втянутый в сознание») от реального отражаемого объекта.

Знание (которое на рисунке затенено) выступает в мышлении как поддерживающее (неосознаваемое) средство мышления: с ним соотносятся слова, речь; при взаимодействии с другими субъектами посредством передачи информации происходит наполнение поступающей информации собственным знанием. Простой пример такого «поддерживающего» знания — это понятие субъекта об объекте. Именно понятие выступает как средство «втягивания» референта во внутренний мир субъекта<sup>11</sup>.

При этом фактически происходит замещение реального объекта на мыслимый, и мыслимый объект как таковой не осознается субъектом. При нерефлексивном отражении реальных объектов связь знаний с реальным миром может ослабляться настолько, что происходит виртуализация, т. е. придание статуса реальности своим представлениям о мире. Нерефлексивное отраже-

---

<sup>11</sup> Разумеется, в случае группового субъекта слово «сознание» и связанные с ним слова не следует понимать буквально; так, понятие некоторого коллектива — это вполне согласованное понятие его индивидов, когда каждый, не задумываясь, пользуется своим понятием.

ние, очевидно, является наиболее типичным, хотя оно не обязательно адекватно отражает соотношение свойств мира и знаний о нем.<sup>12</sup>

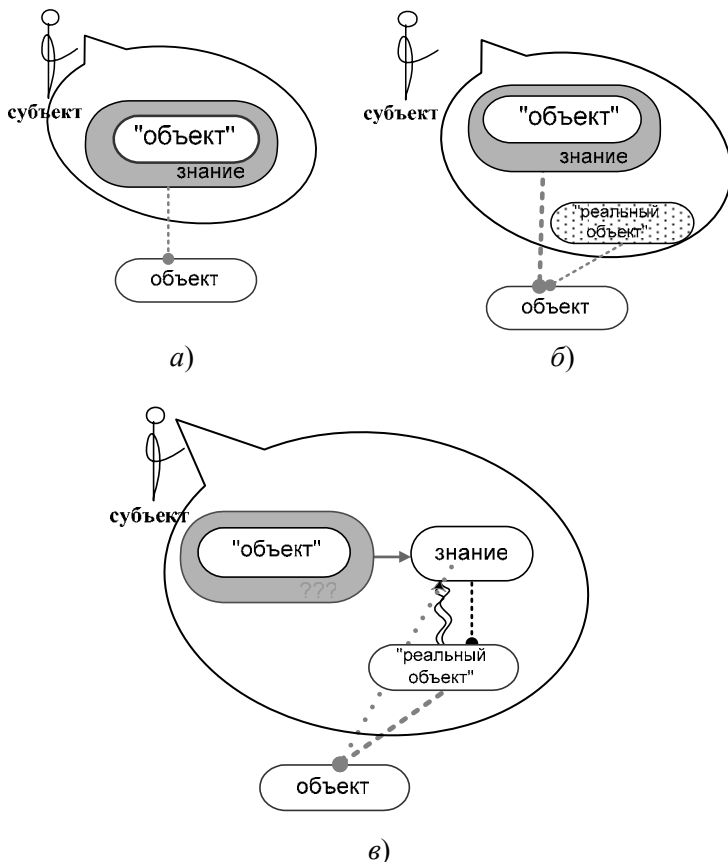


Рис. 3. Типичные варианты субъективных отражений объекта

**Модельное осознание** связи некоторого объекта и знаний о нем (рис. 3б) исходит из того, что в принципе наши знания об объекте лишь относительно, модельны, что адекватность знаний имеет ме-

<sup>12</sup> Такого рода виртуализация довольно хорошо заметна в деятельности чиновников-управленцев, которые вынуждены строить упрощенные представления о сложных объектах управления, чтобы соотнести их сложность с ограниченными возможностями управления.

сто лишь в каких-то, пусть и неясных границах. При этом процесс мышления основан на замещении в сознании реального объекта идеальным — моделью, как и при нерефлексивном отражении. Разница — лишь в том, что на периферии сознания находится реальный объект со своими, вообще говоря, недостаточно известными свойствами, и действует своего рода «боковое зрение» (когнитивный контроль), контролирующее возникновение ситуаций, когда адекватность модельных знаний может быть нарушена и может потребоваться их изменение<sup>13</sup>.

**Рефлексивное разведение объекта и знаний о нем.** Суть такого разведения (рис. 3в) состоит в том, что подвергается сомнению и, возможно, оценке адекватность знаний объекту, к которому они относятся. При этом в поле сознания субъекта оказываются не только знания субъекта об объекте, которыми он пользуется, но и их соотношение реальным объектом и его свойствами.

Типичным наблюдаемым условием, которое вызывает рефлексивное разведение объекта и знаний в нем и последующие рефлексивные мыслительные процессы анализа и принятия решений, является проявление признаков расхождения между собственным восприятием вещей и тем, что они в действительности собой представляют. Явления такого рода в психологии называют когнитивным диссонансом [14].

Такое состояние сознания неустойчиво и обычно разрешается каким-то способом. Простейший вариант разрешения ситуации когнитивного диссонанса состоит в том, что после оценки субъектом соответствия его знаний объекту они могут быть признаны адекватными или хотя бы приемлемыми. Тогда происходит свертка — переход к субъективной картине, которая не отличается от результата спонтанного нерефлексивного или модельного отражения. Если же, по оценке субъекта, с относительностью субъективных знаний нужно считаться, анализ может привести к изменению или перестройке своих знаний.

---

<sup>13</sup> Такое осознание связи объекта и знаний характерно для мышления ученых. Однако следует признать, что в случае сложных объектов, явлений, ситуаций виртуализация проявляется не только для чиновников-управленцев, для которых это по существу нормальное явление, но и для ученых. Этому может способствовать и целый ряд других человеческих факторов, например, действующие научные нормы или субъективные пристрастия.



### **2.3.2. Формальное представление ситуаций субъективного отражения объектов и их соотношения со знаниями о них**

Для более строгого и формального анализа субъективных отражений ситуации, которые возникают в сознании субъекта, будем изображать объекты в поле сознания субъекта в символической форме, которая является модификацией языка многочленов В. А. Лефевра [7].

Центральным элементом формализма является конструкция «объект О в понимании субъекта С» — это и есть знание С об объекте, которое является субъектным и относительным. Такое субъектное знание представляется выражением «(объект)С». Приписывание в выражении субъекта С справа от объекта (точнее от его обозначения) обозначает объект «в понимании С»; это аналогично прочтению «с позиции С» у В. А. Лефевра.<sup>14</sup> Подчеркнем, что для рассматриваемых видов рефлексии, предметом которой являются знания об объектах и их соотношение с объектами и другими знаниями о них, интерпретация «в понимании» принята не случайно. Ведь речь идет именно о субъективных представлениях субъекта, которые могут зависеть как от его (объективной) позиции по отношению к объекту, так и от разных человеческих факторов.

На рис. 4 изображены четыре ситуации, которые мыслимы как варианты субъективного отражения объекта и знаний о нем в поле сознания субъекта. (В отличие от рис. 3, выделены только субъективно осознаваемые элементы.)

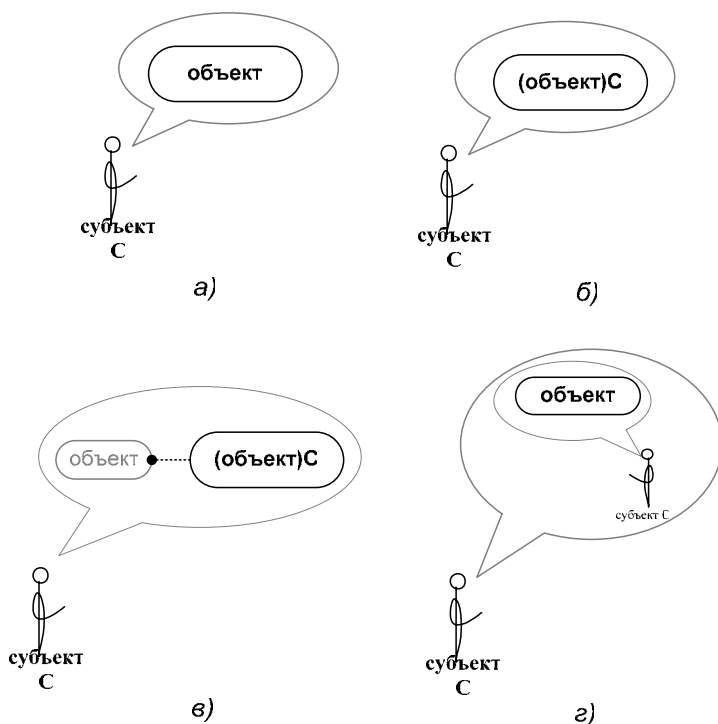
На рис. 4а в поле сознания субъекта С представлен объект в обычном, нерефлексивном отражении. С позиций внешнего рефлексизирующего наблюдателя, в сознании у С находится «(объект)С», но С этого не осознает.

На рис. 4б представлена ситуация, когда С переключил свой интерес на собственные знания об объекте. На рис. 4с в поле сознания С представлены знания С об объекте и сам объект. При этом объект, к которому относится знание, представлен в особой (для мышления) роли — просто как метка, знак того, что объект реаль-

---

<sup>14</sup> Скобки, отделяющие обозначения объекта и субъекта введены для синтаксической четкости; у Лефевра разделение обеспечивается другими синтаксическими средствами.

ного мира является объектом интереса субъекта, его референтом, но при этом никакие знания, никакое понятие об объекте эту метку не поддерживает; знание представлено отдельно, в виде «(объект)С». Такое выделение объекта-метки, соответствует ситуации рефлексивного разведения объекта и знаний о нем, когда возникает вопрос о соответствии знаний реальному объекту.



**Рис. 4.** Варианты осознаваемых элементов при субъективном отражении субъектом объекта и знаний о нем

На рис. 4г в поле сознания С, помимо объекта (в понимании С), который является целевым референтом для С, втянут в качестве еще одного референта сам субъект — последний элемент базового треугольника «субъект — объект — знание». Например, С может рассматривать себя в плане тех факторов, которые могут влиять на относительность и специфичность его знания об объекте, т. е. на (объект)С: в частности, его позиции по отноше-

нию к объекту, особенностей менталитета и многих других факторов.

Символически состав референтов мышления, которые втянуты в поля сознания, изображенные на рис. 4а, б, в, г, выражается в виде многочленов соответственно:

$$O; (O)C; \underline{O} + (O)C; (O)C + C,$$

где  $O$  обозначает объект; элемент  $\underline{O}$  подчеркнут, чтобы отличить его роль как метки, не поддерживаемой знанием.

Дальнейшее рефлексивное углубление в ситуацию, по сравнению с описанными вариантами, за счет рефлексивного отражения может привести к появлению новых элементов в субъективной картине. Например, в представлении  $(O)C+C$  субъект  $C$ , как один из объектов осмысливаемой ситуации, отражен нерелексивно; тем самым подразумевается адекватное знание  $C$  о самом себе. Если  $C$  производит рефлексивное разведение  $C$  и  $(C)C$ , подвергая сомнению адекватность представлений о себе, и допускает такую неадекватность, иными словами, если он осознает возможную неадекватность, в поле его сознания вместо  $(O)C+C$  оказывается  $(O)C+(C)C$ . При наличии только трех базовых элементов: объекта, субъекта, и знания субъекта об объекте — и при целостном (нерасчлененном) представлении этих элементов дальнейшее изменение референтов субъективного понимания возможно лишь за счет рефлексивных отражений. Еще один путь состоит в том, чтобы структурировать базовые элементы. Наконец, дальнейший шаг в развитии языка рефлексивного (в рамках субъективного отражения объекта и знаний о нем одним субъектом) состоит во введении отношения адекватности знаний об объекте этому объекту.

Сказанное здесь о рефлексивных отражениях объективного треугольника «субъект — объект — знание», в основном, относится к случаю объекта — целевого референта мышления. В случае, когда отражаемым объектом служит чужое знание о целевом референте, рефлексивные отражения могут иметь более сложную структуру, обусловленную тезисом 2 о зависимости отраженных знаний от субъекта: субъект-носитель промежуточных знаний, как и основной субъект, становится источником искажений и может также рефлексироваться в сознании.

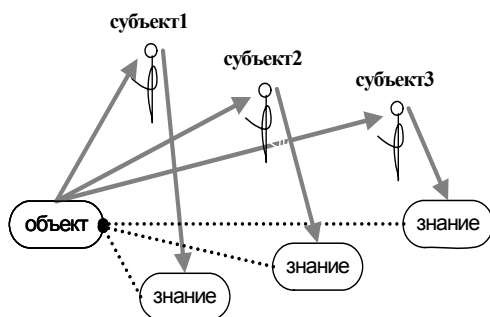
### 2.3.3. Субъективные отражения коллективных представлений

Рассмотрим теперь ситуацию с «коллективными» знаниями об объекте, которые каждый из субъектов получил своим путем (рис. 5а).

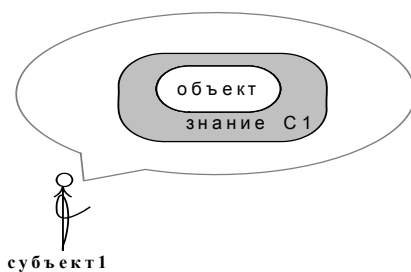
Простейшее, *нерефлексивное отражение* этой ситуации в сознании субъекта означает, что 1) по умолчанию отождествляются представления различных субъектов и 2) объект, «втянут» в сознание субъекта за счет неосознаваемой поддержки собственными знаниями (рис. 5б, субъект 1). Субъекту может не только знать о наличии индивидуальных знаний (в частном случае, понятий) об объекте у каждого из субъектов, но и тем более — об их возможном различии. Если субъект, в силу специфики решаемых задач, не вынужден интересоваться другими субъектами-носителями знаний о том же объекте и выпускает их из поля сознания, рассматривая знание в отрыве от носителей, складывается виртуальное представление коллективного знания (в частности, коллективного понятия), которое или не имеет своего носителя, или имеет свое внешнее представление в книгах, словарях и т. п. Если рассматривать ту же ситуацию с рефлексивных позиций, становится понятным, что адекватность такого представления относительна.

*Рефлексивное отражение* коллективных представлений и ситуаций, связанных с взаимопониманием, часто возникает, когда ощущаются какие-то аномалии в понимании, например, противоречия понятых фрагментов наводят на мысль о недопонимании (проявление когнитивного диссонанса в ходе понимания). Механизмом рефлексии служит разведение объективных элементов ситуации по двум «координатам». С одной стороны, это осознание наличия индивидуальных знаний об объекте, которые, в общем случае, могут различаться между собой по смыслу. С другой стороны, — это признание, в общем случае, искажения знаний относительно объекта, как и в случае одного субъекта. Простой пример содержания поля сознания субъекта, соответствующего такой рефлексии, показан на рис. 5в (субъект 3). (Нечеткость соответствий представлена волнистыми линиями.)

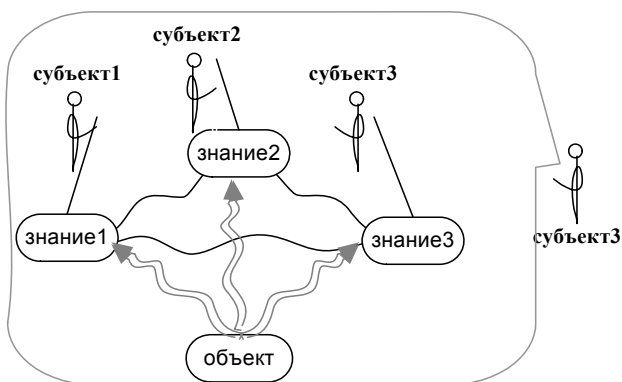
В простейшем случае такая рефлексия выделяет лишь наличие индивидуальных знаний, возможно, и не всех, не касаясь их смысла. Если в качестве «коллективного» знания рассматривается понятие, то рис. 5в может определять структуру рефлексивного понятия одного из субъектов.



а)



б)



в)

**Рис. 5.** Два варианта субъективного отражения ситуации, когда один объект (объективно) отражается тремя субъектами

В случаях более глубокой рефлексии субъективная мыслительная карта может отражать предполагаемую структуру чужих индивидуальных понятий, их контекст, а также различные свойства и отношения как партнеров, так и их понятий, которые могут быть уместными для достижения взаимопонимания и согласования понятий, о чем говорилось выше. Некоторые практические варианты представлены в рассмотренном ниже примере.

Подчеркнем, что эффективность такого углубленного рефлексивного анализа может быть заметно повышена, если субъект опирается на подходящие теоретические модели. Например, разработанная нами модель научно-прикладного понятия оказалась полезной как при решении конкретных задач согласования целостных представлений о ситуации — понятий в деятельности гетерогенного коллектива, так и при разработке технологий такого согласования, в том числе, с использованием рефлексивного анализа [1].

## **2.4. Связь субъективных и объективных отражений. Рефлексивный анализ**

Как уже говорилось во введении, качество многих видов деятельности существенно зависит от качества знаний и представлений субъектов деятельности, таких как адекватность и согласованность знаний. Средством, направленным на повышение качества такой деятельности, может служить рефлексивный анализ, спонтанный или целенаправленный, проводимый участниками конкретной деятельности или исследователями. Целями анализа могут быть оценка качества по критическим параметрам, выявление источников риска, снятие критических ситуаций, разработка методов и стратегий анализа для какого-то вида деятельности и т. д.

С этих позиций особенность проблемы взаимопонимания, в частности, взаимопонимания в рамках ключевых понятий, состоит в том что при анализе берется не вся деятельность, а ее срез, касающийся только используемых понятий или иных структур знаний, функционирующих в ходе основной деятельности.

В свою очередь качество анализа, зависит не только от большей или меньшей склонности к рефлексии, но и от теоретических представлений, о тех факторах, которые могут стать источником конфликтов, тупиковых ситуаций, или напротив породить иллюзии

взаимопонимания и адекватности, которые проявятся при переходе «от слов к делу».

Роль методологической схемы объективных отражений здесь состоит в том, что она в качестве общего фактора, который приводит к относительности знаний, выделяет субъекта: человека с его особенностями, начиная от присущих ему схем представления знаний и наборов типов и стереотипов, или сообщество с его менталитетом, нормами, парадигмами и т. д. Эта схема служит «рамочной» моделью, предопределяя наилучшие (в ее рамках) возможности для рефлексивного анализа. При этом могут учитывать самые разные частные факторы, связанные с субъектом: его задачи, его позиция и т. д. Состав частных факторов, которые могли бы служить фальсификаторами иллюзий для тех или иных типов ситуаций, разумеется, требует изучения.

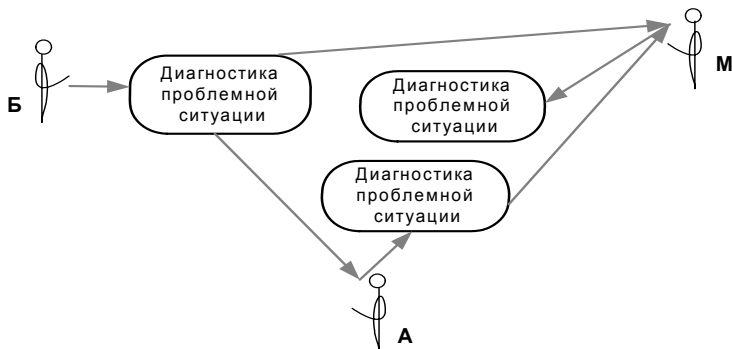
### ***3. Пример применения рефлексивного анализа при согласовании понятий***

Рассмотрим пример, заимствованный из практики.

**Описание ситуации.** Три эксперта с разной специализацией: Б, А, М — в составе недавно сформированного коллектива участвуют в НИР, направленной на поиск подходов к решению крупномасштабных слабо структурированных проблем. В ходе работ на роль ключевого коллективного понятия выдвигается понятие «диагностика проблемной ситуации». Понятие ввел в коллективное обращение Б, который применяет его в своей прикладной деятельности.

История формирования одноименных версий понятия, т. е. индивидуальных понятий представлена на рис. 6 на основе схемы объективных отражений.

Для А — это типовой треугольник, в котором отражаемый объект — это индивидуальное понятие эксперта А, т. е. знание как таковое; для М — это более сложная схема с отражением сразу двух одноименных понятий, наложенных на свое понимание; для Б источник понятия — вне рассмотрения, он выступает просто как носитель своего понятия. Подчеркнем, что здесь отражаются и «искажаются», т. е. переосмысливаются отражающими субъектами объекты внешнего мира, а именно понятия, которые и будут проецироваться во внешний мир в последующей деятельности.



**Рис. 6.** История формирования одноименных индивидуальных понятий

**Символическое описание ситуации.** В символической форме ситуацию, с позиций «внешнего наблюдателя», можно записать следующим образом:

$$Б + ДПС^Б + А + ДПС^А + М + ДПС^М;$$

$$ДПС^А \leftarrow (ДПС^Б) А; \quad ДПС^М \leftarrow (ДПС^Б, А) Б.$$

Здесь ДПС — индивидуальное понятие «диагностика проблемной ситуации», а верхний индекс справа означает субъекта — его носителя; суммирование означает, как и у Лефевра, сведение разных элементов, в том числе, из разных внутренних миров, в единую картину<sup>15</sup>;  $ДПС^{Б, А}$  — сокращенная запись для  $(ДПС^Б + ДПС^А)$ . Приписывание субъекта справа от объекта за скобками означает, как и выше, «в понимании»: например, «ДПС<sup>Б</sup> в понимании А» записано как  $(ДПС^Б)А$ . Помимо многочлена, определяющего интересующие субъекта или внешнего исследователя объекты, введен дополнительный вид выражений со стрелкой  $\leftarrow$  для описания объективных отражений. Например, выражение  $ДПС^А \leftarrow (ДПС^Б)А$  означает, что описанное справа от « $\leftarrow$ » индивидуальное понятие ДПС, носителем которого является Б, отраженное в понимании субъекта А, т. е.  $(ДПС^Б)А$ , отражено в понятии  $ДПС^А$  слева от « $\leftarrow$ ».

<sup>15</sup> При необходимости использовать в одном представлении и объекты внешнего мира, и одноименные понятия, отражающие эти объекты во внутренних мирах, надо различать их какими-то синтаксическими средствами.



Тем самым можно рассматривать индивидуальное понятие субъекта А, просто связывая его с носителем А, или же представлять его рефлексивно — через понимание чужого понятия (или понятий). Последнее представление отражает не только историю, но и наличие, в общем случае, искажающего эффекта относительно исходных понятий.

Отметим, что в данном варианте рефлексивного анализа имеет место рефлексия по «координате» разведения индивидуальных понятий. После этого разведения индивидуальные понятия становятся целевыми референтами, но при этом субъективное отражение этих референтов наблюдателем является нерефлексивным. Он учитывает траектории порождения понятий, рассматривая их как знания, но пока не интересуется оценкой согласованности.

**Согласование понятия. Обнаружение противоречия.** Естественный процесс согласования рассматриваемого коллективного понятия включает два диалога, протекающие при участии А (рис. 7).

**Рис. 7.** Процесс согласования индивидуальных понятий

В первом диалоге между Б и А темой обсуждения является собственно диагностика проблемных ситуаций, ее методы, различные технологии ее применения. Понятие «диагностика проблемной ситуации» вообще не обсуждается. Согласование понятия происходит «по факту взаимопонимания». В этом плане диалог заканчивается высказыванием Б «Не продолжай, все понятно» (1, рис. 7), ко-

торое подводит черту рассказу А о некотором варианте применения такой диагностики. Вкупе с симметричной оценкой о понимании А, использующего одноименное понятие, данное высказывание может быть расценено как свидетельство того, что для А и Б рассматриваемое понятие является вполне коллективным. Второй диалог, происходящий между А и М позже первого, имеет целью уже согласование рассматриваемого коллективного понятия для придания ему статуса ключевого вполне согласованного понятия. Диалог представлен на рис. 7 решающими высказываниями 2 и 3. Эти высказывания свидетельствуют о противоречии: различие индивидуальных понятий, которое А оценивает как несущественное, а для М представляется значимым. Отметим, что это противоречие субъективно: оно обусловлено оценками степени согласованности индивидуальных понятий со стороны А и М.

В диалоге А и М имеет место естественная рефлексия М по «координате» разведения индивидуальных понятий при обнаружении расхождений в понимании. После этого разведения индивидуальные понятия становятся целевыми референтами для А и М, но при этом субъективное отражение этих референтов субъектами А и М является нерелексивным.

***Согласование с помощью релексивного анализа по симметричной стратегии.*** Прагматическая роль релексивного анализа здесь состоит в том, чтобы осмыслить суть и причины недопонимания и рассогласований, приведших к противоречию, и на его основе подготовить решения по согласованию коллективного понятия. Путь состоит в том, чтобы по субъективной картине релексивного моделирования рассматриваемого понятия и его контекстов у партнеров при помощи формализации и применения схемы объективных отражений «объект — знание — субъект» попытаться восстановить более объективную картину и на основе этого улучшить качество понимания ситуации.

Результат релексивного анализа ситуации, проведенного экспертом А по так называемой симметричной стратегии, упрощенно представлен на рис. 8. Здесь противоречие вначале разрешено формально: гипотетическим введением двух разных смыслов понятия у Б, безотносительно к их конкретному содержанию, и затем для этой гипотезы найдена подходящая реальная интерпретация понятия: «в широком смысле» и «в узком смысле» — с учетом контекстов использования понятия «диагностика проблемной ситуации» экспер-

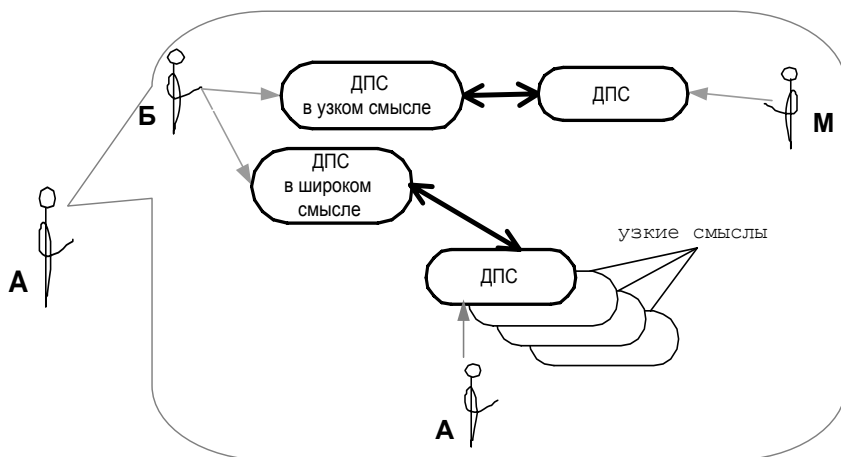
том Б при взаимодействии с коллегами. Для простоты эти контексты на рис. 8 не отражены.

Символически эта картина в сознании А может быть представлена в виде

$$\text{ДПС}_1^Б + \text{ДПС}_2^Б + Б + \text{ДПС}^М + М + \text{ДПС}^А \\ + \text{узкие смыслы } \text{ДПС}^А + А;$$

$$\text{ДПС}^А \Leftrightarrow \text{ДПС}_1^Б; \quad \text{ДПС}^М \Leftrightarrow \text{ДПС}_2^Б; \quad (1)$$

$$\text{ДПС}^А \text{ логически предполагает узкие смыслы } \text{ДПС}^А. \quad (2)$$



**Рис. 8.** Рефлексивный анализ согласованности индивидуальных понятий. Симметричная стратегия

Здесь  $\text{ДПС}_1^Б$ ,  $\text{ДПС}_2^Б$  — одноименные понятия субъекта Б, первое из которых соответствует широте, обусловленной именем понятия, а второе — соответствует определенному контексту частого применения. Введены также (1) отношения согласования  $\Leftrightarrow$  (сравниваемые понятия вполне согласованы) и (2) отношение «логически предполагает» между общим понятием  $\text{ДПС}^А$  и различными потенциальными узкими смыслами, которые могут возникнуть при использовании общего понятия в соответствии с логикой понятий. Такое отношение довольно типично при анализе согласованности понятий.

Особенностью полученной картины является ее симметрия по отношению к партнерам А и М, на которых рассогласование проявилось в виде субъективного противоречия. Симметрия имеет место в двух аспектах. Во-первых, эти партнеры поставлены, по возможности, в симметричные позиции, чтобы облегчить согласование — по аналогии с тем, как это делается в стратегиях разрешения конфликтов. В данном случае согласованию между А и Б противопоставлено согласование между М и Б. И здесь можно усмотреть аналогию с известной стратегией разрешения конфликтов. Во-вторых, глубина рефлексии, разводящей значимые объекты и их отражения в понимании субъектов, в симметричных позициях одинакова. Так например, и субъект А, и субъект М рассматриваются субъектом-аналитиком А с одинаково нерефлексивной позиции: просто как М и А. Тем самым в равной мере не допускаются искажения в понимании А как самого себя, так и М (в той мере, в которой учитывается влияние представлений об А и Б на построенную картину индивидуальных понятий и их отношений).

Уже такая грубая картина, не предполагающая искажений в понимании индивидуальных понятий отдельными субъектами, открывает возможность для согласования понятий на чисто логической основе<sup>16</sup>. Индивидуальные понятия здесь оказываются не только соизмеримыми, но и логически сравнимыми (в терминах Поппера [8], которые мы развили применительно к согласованию понятий [6]). Более углубленная рефлексия с учетом различных искажающих эффектов, не требуется, пока не сняты логические рассогласования.

Методологическая схема «объект — знание — субъект» применительно к индивидуальным понятиям, в принципе, позволяла учесть более широкий спектр объектов рефлексии:

$$\begin{aligned}
 &A + B + M \\
 &+ (ДПС^A)A + (ДПС^A)B + (ДПС^A)M \\
 &+ (ДПС^B)A + (ДПС^B)B + (ДПС^B)M \\
 &+ (ДПС^M)A + (ДПС^M)B + (ДПС^M)M.
 \end{aligned}$$

<sup>16</sup> На рис. 1 такое согласование обозначено как разведение значений.

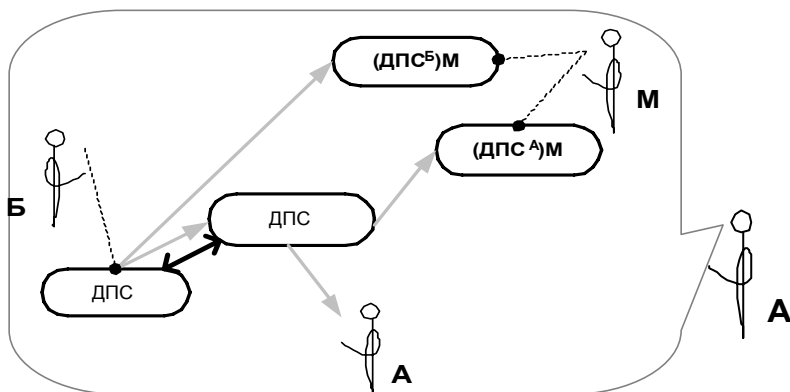


Рис. 9. Рефлексивный анализ согласованности индивидуальных понятий. «Естественная» асимметричная стратегия

Для сравнения укажем, что в рассмотренном примере первоначальное использование тем же аналитиком А естественной асимметричной стратегии привело к совсем иной картине (рис. 9) с символическим описанием

$$Б + ДПС^Б + А + ДПС^А + М + (ДПС^Б)М + (ДПС^А)М;$$

$$ДПС^А \Leftrightarrow ДПС^Б.$$

Анализ и согласование понятий на основе этой картины усложняются из-за асимметрии в отношении А к себе и к М. Эта асимметрия четко видна в формализованном описании, где понимание ситуации у А включает, с одной стороны, понятия  $ДПС^А$ ,  $ДПС^Б$  («неисказженные»), а с другой, — понятия  $(ДПС^Б)М + (ДПС^А)М$  (в общем случае искаженные субъектом М). В действительности, при анализе имел место еще один этап рефлексии — осознание того, что асимметрия в представлении

$$Б + ДПС^Б + А + ДПС^А + М + (ДПС^Б)М + (ДПС^А)М$$

относится не к индивидуальным понятиям, а к их рефлексии в понимании А, т. е. появилось представление

$$А + (Б + ДПС^Б + А + ДПС^А + М + (ДПС^Б)М + (ДПС^А)М)А,$$

что привело к ее снятию в анализе по симметричной стратегии:

$$(ДПС_1^Б + ДПС_2^Б + Б + ДПС^М + М + ДПС^А)А.$$

Рассмотренный пример показывает, что формализация рефлексивного анализа может способствовать решению задач оценки согласованности и поиску путей согласования, а с другой, — сам процесс анализа существенно зависит от человеческих факторов.

## ***Заключение***

Рефлексивный подход к проблеме взаимопонимания и другим проблемам, связанным с адекватностью знаний для решения практических задач и их согласованностью у субъектов взаимодействия, позволяет значительно продвинуться в понимании этих проблем, помогает в поиске путей к улучшению качества человеческой деятельности, в которой эти проблемы существенны. Эти возможности были проверены автором в некоторых исследованиях и практических работах, связанных с анализом рисков в коллективной интеллектуальной деятельности.

Вместе с тем возникают и новые исследовательские проблемы. К ним относится проблема фальсификации кажущегося взаимопонимания, кажущейся согласованности и адекватности теоретических знаний для критических приложений, например, в связи с использованием компьютерных технологий для поддержки интеллектуальной деятельности в управлении.

Важной задачей представляется также разработка формализованного языка для описания и рефлексивного анализа соотношений между объектами и ситуациями, которые люди отражают в своих знаниях, и этими знаниями, качество которых зависит не только от отражаемого в знаниях мира, но и от людей, его отражающих и связанных с ними разнообразных человеческих факторов.

По оценке автора, такой язык был бы весьма полезен для более строгого, чем это принято сегодня, анализа и обоснования адекватности отражения конкретных объектов и ситуаций реального мира в теоретических понятиях и моделях, которое лежит в основе применения формальных методов решения практических задач, прежде всего, задач управления.

Одним из путей формирования такого языка может стать дальнейшее расширение выразительных средств языка рефлексивных

многочленов Лефевра с предложенными в работе модификациями. Развитие должно предусматривать как структурированное описание объектов, ситуаций и т. п., так и введение базовых отношения между людьми, знаниями и объектами, которые позволили бы вести анализ качества знаний об отражаемом мире.

## Литература

1. *Абрамова Н. А., Коврига С. В.* Рефлексивный подход к искажающим эффектам в технологиях компьютерной поддержки интеллектуальной деятельности // III-й Междунар. симпозиум »Рефлексивные процессы и управление«. Тезисы докладов. М.: Ин-т психологии РАН, 2001. С. 176–178.
2. *Абрамова Н. А.* О формировании интерфейсных понятий компьютерных технологий и психологической корректности // 2-я Междунар. конференция «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций». Труды конф. М.: ИПУ РАН. Т. 2, 2002. С. 26–35.
3. *Абрамова Н. А.* О поиске подходов к созданию психологически корректных интеллектуальных технологий // Труды 3-й Междунар. конф. «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций». Т. 2. М.: ИПУ РАН, 2003. С. 153–158.
4. *Абрамова Н. А., Коврига С. В.* О рисках, связанных с ошибками экспертов и аналитиков // Труды 4-й Междунар. конф. «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций» М.: ИПУ РАН. Т. 2, 2004, С. 12–23.
5. *Абрамова Н. А.* О некоторых мифах в оценке качества программного обеспечения // Надежность, № 1, 2004.
6. *Прангишвили И. В., Абрамова Н. А., Спиридонов В. Ф., Коврига С. В., Разбегин В. П.* Поиск подходов к решению проблем. Серия «Информатизация России на пороге XXI века». М.: СИНТЕГ, 1999.
7. *Лефевр В. А.* Конфликтующие структуры. М.: Советское радио, 1973.
8. *Поппер К.* Логика и рост научного знания. М.: Прогресс, 1983.
9. *Щедровицкий Г. П.* Синтез знаний: проблемы и методы.
10. *Выготский Л. С.* Мышление и речь. М.: 1968.
11. *Ионин Л. Г.* Понимание и экспертиза // Вопросы философии. 1991. № 10.
12. *Шюц А.* Структуры повседневного мышления. Социологические исследования. 1986.

13. Лепский В. Е. Концепция субъективно-ориентированной компьютеризации управленческой деятельности. М.: Ин-т психологии РАН. 1998.
14. Человеческий фактор: В 6 т. Т. 1. Эргономика — комплексная научно-техническая дисциплина / Пер. с англ. Ж. Кристенсен, Д. Мейстер, П. Фоули и др. М.: Мир, 1989.

### ***Сведения об авторе:***

Абрамова Нина Александровна — доктор технических наук, главный научный сотрудник Института проблем управления РАН, 334-90-61, [abramova@ipu.ru](mailto:abramova@ipu.ru)



# Сравнительный анализ развитости гражданского общества трех регионов России

---

*Ф. Т. Алескеров,  
Н. Ю. Беляева,  
Е. Б. Бычкова,  
Е. В. Закамская,  
Д. А. Юзбашев*

Работа посвящена описанию и применению новой методики, позволяющей получить оценку степени развитости гражданского общества внутри страны. Уникальность методики — в использовании и адаптации к условиям регионов России исследовательской модели и методики, предложенной группой ученых-обществоведов из разных стран в рамках проекта международной организации CIVICUS — Международный Альянс за гражданское участие. Приводятся результаты анализа развитости гражданского общества в г. Скопин и Ростов Великий, проведенного по предлагаемой методике, и сравнение с ранее проведенным исследованием в г. Чернушка Пермской области, в котором использовалась методика, предложенная международной организацией CIVICUS.

## **1. Введение**

В основе успешного развития любой страны лежит эффективное управление. Значительно проще, легче и эффективнее управлять страной с развитым гражданским обществом. В России проблема управления осложняется не только зачаточным состоянием гражданского общества, но и ее масштабами. В разви-

вающихся демократиях с федеративным устройством степень развитости гражданского общества в отдельных регионах может находиться на разных уровнях, так как она зависит от таких факторов, как уровень образованности населения, развитие экономики региона, отношение власти к гражданскому обществу и т. д.

Поэтому возникает необходимость количественного анализа степени развитости гражданского общества в различных странах. При этом существует серьезная проблема, связанная с понимаем сущности понятия «гражданское общество». До сих пор нет единого определения понятия «гражданское общество». Для кого-то оно тождественно самой социальной среде и является синонимом понятия «открытое общество», «информационное общество» [4], по мнению других — главным отличительным признаком гражданского общества является набор этических норм и правил межличностного и социального поведения [2]; третьи понимают гражданское общество как уровень взаимного доверия между гражданами, уровень демократической социализации, что в целом относится к феномену гражданской политической культуры [5], четвертые жестко связывают наличие гражданского общества с уровнем материального благосостояния общества и наличием среднего класса [3], пятые считают его неким «условным теоретическим конструктом, идеальным типом общества» [6], наконец, ряд авторов понимает гражданское обществом как «систему негосударственных организаций» [7].

Такое разнообразие взглядов и подходов связано с тем, что различные общественные науки — культурология, социология, политология, государствоведение — имеют свои методы изучения этого сложного комплексного социального феномена. В своей работе мы пошли не пути «выбора» одного «верного» определения гражданского общества, используя интегративную модель описания гражданского общества, в которой одинаково важны и структурный, и культурно-исторический, и ценностно-этический, и правовой, и технологический аспекты изучения гражданского общества.

Подобная модель изучения и описания гражданского общества была предложена международной организацией CIVICUS — Международный альянс за гражданское участие [8]. Организацией CIVICUS была разработана методика, с помощью которой можно

оценить и сравнить уровни развитости гражданского общества в разных странах [8]. Согласно этой методике предложено рассматривать и описывать гражданское общество по четырем наиболее значимым компонентам, в которых оно проявляется:

- *среда*, в которой существует и развивается гражданское общество;
- *структура* самих гражданских организаций и типы связи между ними;
- *ценности*, которые свойственны гражданской активности в данном обществе;
- *воздействие*, которое активность гражданских союзов оказывает на изменение социально-политической среды.

Для каждой компоненты разработана самостоятельная система характеристик, показатели которых агрегируются в числовое выражение. Полученное числовое выражение откладывается на соответствующей оси. Соединение точек на четырех осях дает геометрическую фигуру, описывающую состояние гражданского общества на данной территории.

Частью соавторов настоящей работы<sup>1</sup> было проведено пилотное исследование по применению методики CIVICUS в августе 2004 года в г. Чернушка Пермской области. Анализ полученных результатов выявил неадекватность этой методики для изучения гражданского общества на территориях внутри страны, то есть методика CIVICUS не может быть использована для внутривосточного измерения развитости гражданского общества.

Соответственно, возникла необходимость в существенной переработке методики CIVICUS. Нами были изменены критерии оценки гражданского общества, механизм агрегирования исходных данных, разработаны новые анкеты для опроса населения, то есть создана новая методика, предназначенная для внутривосточного измерения развитости гражданского общества.

Новая методика была успешно применена в ноябре 2004 года в г. Скопине Рязанской области. Однако, в ходе исследования выявились еще некоторые недостатки уже новой методики, после чего она была в очередной раз доработана и опробована в г. Ростов Великий Ярославской области в феврале 2005 года.

---

<sup>1</sup> Бычкова Е. Б., Закамская Е. В.

*Структура статьи.* В разделе 2 описывается методика оценки развитости гражданского общества, способы сбора информации, схема агрегирования данных. В разделе 3 описывается применение разработанной методики в г. Скопин Рязанской области, дается количественная интерпретация полученных результатов, приводится графическое отображение сложившейся в городе ситуации. В разделе 4 описывается применение окончательной методики в г. Ростов Великий Ярославской области, с количественным описанием и графическим отображением ситуации. В разделе 5 сопоставляются результаты исследования в г. Скопин и ранее полученные согласно методике CIVICUS результаты в г. Чернушка и результаты, полученные в ходе исследования в г. Ростов Великий с результатами исследования в г. Скопин, соответственно. В разделе 6 приведены заключительные выводы.

**Благодарности.** Мы выражаем искреннюю благодарность всем тем, кто помогал в проведении исследования: центр «Стратегия» г. Санкт-Петербург и лично Лилиане Проскуряковой; администрации Чернушинского района Пермской области и Русинovu А. В.; администрации Ростовской области в лице Бойко Ю. А.; Московскому Центру Карнеги в лице Титкова А. С.; студенткам Рязанского Государственного педагогического университета Вылобковой В., Шугаевой Е. и Авдониной В. П.; Крупновой А., Матвееву И., Шутилину В., Французенко В., Султанову Ю., Гурьянову О. — студентам Государственного университета — Высшая школа экономики; н. с. Института проблем управления РАН Якубе В. И.

## ***2. Индекс развития гражданского общества***

Как и в методике CIVICUS, измерение развитости гражданского общества предлагается проводить по четырем компонентам: Структура, Среда, Ценности, Воздействие. Для этого значение развитости гражданского общества по каждой компоненте предлагается рассматривать как агрегированное значение исходных показателей, по которым производится опрос. Состав показателей для каждой из компонент приводится далее.

### ***Подсистема «Структура»***

Подсистема «Структура» изучалась на основе двух показателей (вопросов):

1. Занимались ли Вы когда-либо деятельностью на добровольной основе?
2. Участвовали ли Вы когда-нибудь в мероприятиях, проводимых общественными организациями?

Ответы на эти вопросы состояли из трех вариантов ответов, то есть из вариантов «Да, часто», «Да. Редко», «Нет».

Первый вопрос вызвал у населения некоторые затруднения. Мы столкнулись со следующими проблемами.

- После нескольких дней проведения опроса населения была выявлена странная закономерность: люди от 30 лет и выше занимались деятельностью на добровольной основе практически в 100 % случаев. Попросив респондентов пояснить, что они понимают под «деятельностью на добровольной основе», выяснилось, что это деятельность, которой занимались люди в советские времена (субботники, демонстрации и т. д.) в добровольно-принудительном порядке.
- Молодежью словосочетание «деятельность на добровольной основе» толковалась чаще всего как предпринимательская деятельность.

Вследствие этого стало очевидно, что данный вопрос требует доработки в виде пояснения, что такое деятельность на добровольной основе (деятельностью на добровольной основе можно считать участие в митингах, других политических акциях, благотворительных акциях и др. не в принудительной форме), и занимался ли ею респондент за последние 10 лет.

Второй вопрос потребовал меньше пояснений, однако, респонденты нередко просили привести примеры мероприятий, проводимых общественными организациями.

В связи с этим подсистема «Структура» претерпела следующие изменения.

- В первый вопрос было внесено уточнение и окончательным вариантом стал: «Занимались ли Вы за последние 10 лет деятельностью на добровольной основе?»

- Были добавлены два показателя: «Назовите общественные организации, которые работают в Вашем городе», «Как Вы можете охарактеризовать взаимоотношения между общественными организациями в Вашем городе?» Поскольку наиболее частым ответом было «Не знаю», показатели не учитывались при количественной обработке. Соответственно необходимость в них отпала.

### ***Подсистема «Политическая среда»***

Подсистема «Политическая среда» изучалась с помощью четырех показателей (вопросов):

1. Ограничиваются ли Ваши гражданские или политические права и свободы?

Варианты ответов:

- а) Диктуют, навязывают мнение.
- б) Навязывают мнение в отдельных политических акциях, но редко.
- в) Мои права не ущемлены, я сам делаю свой выбор.
- г) Не знаю.

Данный вопрос так же потребовал некоторых уточнений по поводу того, что такое гражданские и политические права и свободы. В качестве примера, нами были приведены: свобода участия в выборах, свобода волеизъявления (или же навязывание определенной воли), свобода вероисповедания. Иногда даже эти примеры не приводили к полному пониманию вопроса, и люди утверждали, что в городе ущемляются абсолютно все права и свободы. Для еще большего упрощения мы приводили конкретный пример: «Если бы захотели стать буддистом, запретили ли бы Вам сделать этот шаг?» Чаще всего этого было достаточно для получения адекватного ответа.

2. Как Вы считаете, коррумпирован ли чиновничий аппарат в Вашем городе?

Варианты ответов:

- а) В большинстве своем коррумпирован.
- б) Встречаются отдельные коррумпированные чиновники.

- с) Не коррумпирован.
- d) Не знаю.

Этот вопрос не вызвал никакого недопонимания среди населения, ответы были однозначными.

3. Давали ли Вы (или Вам) когда-нибудь взятку?

Варианты ответов:

- a) Да.
- b) Нет.

В этом вопросе недопонимание было вызвано тем, что не давалось точного определения взятки. Респонденты просили уточнить, является ли коробка конфет или шоколадка взяткой. Согласно российскому законодательству взяткой считается всякое подношение должностному лицу, превышающее 5 минимальных размеров оплаты труда, то есть любой подарок дороже 3 тысяч рублей (см. статью 575 ГК РФ).

Для получения более ясной картины о среде, в которой развивается и функционирует гражданское общество, был добавлен еще один показатель: Считаете ли Вы, что число предприятий сферы услуг в Вашем городе достаточно для Ваших потребностей?

Варианты ответов:

- a) Да, вполне достаточно.
- b) Да, но следовало бы разнообразить.
- c) Сильно недостаточно.
- d) Не знаю.

### ***Подсистема «Ценности»***

Подсистема «Ценности» изучалась с помощью трех показателей (вопросов):

1. Встречали ли Вы проявления национальной или религиозной дискриминации?

Варианты ответов:

- a) Да, часто.
- b) Иногда встречается.
- c) Вообще не встречается.

Этот вопрос не вызывал затруднений и не требовал дополнительных пояснений. Ответы были однозначными.

2. Как Вы относитесь к членам общественных организаций?

Варианты ответов:

- a) Негативно.
- b) Безразлично.
- c) Поддерживаю.

Этот вопрос был одним из наиболее проблемных. Респонденты требовали пояснения, какие именно общественные организации имеются в виду, и очень часто отказывались отвечать на этот вопрос, либо давали ответ «не знаю», который не был заявлен в вариантах ответа.

3. Доверяете ли Вы членам общественных организаций?

Варианты ответов:

- a) Да.
- b) Нет.

Подобно предыдущему вопросу, в данном случае так же потребовалось уточнение, какие именно общественные организации имеются в виду. В связи с этим третий показатель был изменен и приобрел вид:

Доверите ли Вы решение Ваших проблем общественным организациям в социальной сфере?

Варианты ответов:

- a) Да, безусловно.
- b) Да, подумая.
- c) Нет.
- d) Не знаю.

Также был добавлен еще один показатель:

Какова будет Ваша реакция, если к вам подойдет незнакомый человек с просьбой о помощи? (если это не сопряжено с угрозой для вас).

Варианты ответов:

- a) Сразу окажу необходимую помощь.



- b) Да, окажу с оговоркой.
- c) Откажу.

### ***Подсистема «Воздействие»***

Подсистема «Воздействие» изначально изучалась с помощью двух показателей (вопросов):

1. Виден ли результат работы общественных организаций в вашем городе?

Варианты ответов:

- a) Нет никаких результатов.
- b) Можно вспомнить какие-то незначительные вещи.
- c) Смогу перечислить довольно много.
- d) Не знаю.

Очень часто респонденты не могли точно сказать, с чем связывали те или иные изменения в городе. Чаще всего население приписывало их к заслугам общественных организаций, однако это не всегда было правомерно, и изменения были вызваны деятельностью администрации, например, по очистке города.

2. Насколько активно и успешно удается общественным организациям информировать и просвещать граждан в важных общественных вопросах?

Варианты ответов:

- a) Вообще не удастся.
- b) Удастся редко.
- c) Удастся часто.

В сознании граждан информирование населения должно происходить исключительно с помощью телевидения, соответственно люди не учитывали такие источники информации, как: газеты, листовки, журналы, брошюры, и т. д. Однако, если мы напоминали об этих источниках информации, то респонденты давали однозначный ответ.

Для более глубокого изучения подсистемы «Воздействие» были добавлены еще два показателя.

3. За последние 12 месяцев, в случаях когда вы обращались за помощью в государственные или общественные организации, кто предоставил более качественную помощь?

Варианты ответов:

- a) общественные организации.
  - b) государственные органы.
  - c) не взаимодействовал ни с одной организацией.
  - d) не знаю.
4. Известны ли Вам лидеры общественных организаций, являющихся общественно значимыми фигурами в Вашем городе?

Варианты ответов:

- a) Да, много.
- b) Есть такие отдельные люди.
- c) Нет.
- d) Не знаю.

## Схема агрегирования

### *Подсистема «Структура»*

Данный показатель, включающий в себя два вопроса, подсчитан, как сумма средних значений по каждому вопросу.

Ответу «Да» было присвоено значение «1», ответу «Нет» — «0». Соответственно, максимальный показатель по каждой из анкет равен двум, а минимальный — 0.

### *Подсистема «Политическая среда»*

Модель агрегирования по данной подсистеме базируется на попарном сравнении векторов — троек числовых показателей, первые два из которых могут принимать значения 1, 2 или 3, а третий показатель бинарный (1 или 0), и приписывании каждому отдельно взятому вектору троек некоторое агрегирующее значения согласно табл. 1 по шкале 0 — 1 — 2 — 3 [1].

В табл. 1 Y1 и Y2 — это вопросы, имеющие четыре различных варианта (1, 2, 3, 9), Y3 — бинарный вопрос. При этом во всех вопросах анкеты, где встречается вариант «не знаю», соответствующей ему код «9» был заменен на медианное значение первых трех кодов (1, 2 и 3) этого вопроса по всему массиву данных.

Таблица 1

Y1	Y2	Y3	Агрегированные значения
1	1	0	0
1	2	0	0
2	1	0	0
1	3	0	0
3	1	0	0
2	2	0	1
2	3	0	1
3	2	0	1
3	3	0	1
1	1	1	1
1	2	1	1
2	1	1	1
1	3	1	1
3	1	1	1
2	2	1	2
3	2	1	2
2	3	1	2
3	3	1	3

**Схема агрегирования векторов.** Пусть дана тройка  $(i, j, k)$ , где  $i, j \in \{1, 2, 3\}$ ,  $k \in \{0, 1\}$ . Значение «0» приписывается векторам, у которых  $k = 0$  и хотя бы одно из  $i$  или  $j$  равно 1. Значение «1» приписывается векторам, у которых либо  $k = 0$  и никакое из  $i$  или  $j$  не равно 1, либо при  $k = 1$  — если хотя бы одно из  $i$  или  $j$  равно 1, а также векторам  $(1, 1, 1)$  и  $(2, 2, 0)$ . Значение «2» приписывается векторам, у которых  $k = 1$ , и никакое из  $i$  и  $j$  не равно 1, кроме вектора  $(3, 3, 1)$ , который имеет агрегированное значение «3» и является единственным в своем роде.

После того, как каждой строке данных (то есть «каждому респонденту») были приписаны соответствующие ранги 0 — 1 — 2 — 3, было взято среднее значение по всем анкетам, и, таким образом, был вычислен один агрегирующий показатель.

### ***Подсистема «Ценности»***

Векторы исходных значений по подсистеме «Ценности» агрегировались аналогичным способом, что и по подсистеме «Политическая среда».

### ***Подсистема «Воздействие»***

В табл. 2 Y1 — вопрос, имеющий 4 варианта ответа (1, 2, 3, 9), а Y2 — три варианта ответа (1, 2, 3). При этом в Y1 везде, где встречается вариант «не знаю», соответствующий ему код «9» был заменен на медианное значение первых трех кодов (1, 2 и 3) этого вопроса.

**Таблица 2**

Y1	Y2	Агрегированные значения
1	1	0
1	2	0
2	1	0
1	3	1
3	1	1
2	2	2
2	3	2
3	2	2
3	3	3

При  $2 \leq (Y1 + Y2) \leq 3$  агрегированное значение = 0.

При  $(Y1 + Y2) = 4$ , агрегированное значение = 1, кроме  $Y1 = 2$ , при  $Y2 = 2$  агрегированное значение = 2.

При  $(Y1 + Y2) = 5$  агрегированное значение = 2.

При  $(Y1 + Y2) = 6$  агрегированное значение = 3.

После того, как каждой строке данных (то есть «каждому респонденту») были приписаны соответствующие ранги 0 — 1 — 2 — 3, было взято среднее значение по всем анкетам, и, таким образом, был вычислен один агрегирующий показатель.

После корректировки методики схема агрегирования была также изменена. К каждой из четырех осей был применен один и тот же метод агрегирования анкетных данных. Для каждого вопроса анкеты можно ввести порядковую шкалу 1 — 2 — 3, интерпретируемую в терминах «плохо-средне-хорошо», и таким образом осуществляется переход к критериальному пространству, элементы которого — векторы (или «альтернативы»), состоящие из чисел 1, 2 или 3. (Далее см. Прил. 1.)

### **3. Анализ развитости гражданского общества в г. Скопин**

#### **Описание и сравнение социодемографических признаков**

Исследование в г. Скопин Рязанской области было проведено с 14 ноября 2004 г. по 19 ноября 2004 г. двумя студентами 4 курса факультета прикладной политологии Государственного Университета — Высшая Школа Экономики и двумя студентами 5 курса факультета политологии Рязанского педагогического университета. В г. Скопине было опрошено 240 респондентов. Некоторые характеристики выборки приведены ниже, начиная с признака «Пол» (табл. 3).

**Таблица 3**

Значения признака «Пол»

Пол	Всего	%
Мужчины	106	44 %
Женщины	134	56 %
Общий итог	240	100 %

В соответствии критерием выборки по полу, в опросе приняли участие 56 % женщин от общего числа опрошенных и 44 % мужчин.

Вторым важным показателем в нашем исследовании является «Возраст». Нами были опрошены лица от 18 до 75 лет.

Различие опрошенных по возрасту приведено в табл. 4.

**Таблица 4**

Значения признака «Возраст»

Возраст	Мужчин	Женщин	Общий итог	%
1. 18–30	31	56	87	36 %
2. 31–50	51	43	94	39 %
3. 51–65	18	31	49	20 %
4. 65 и выше	6	4	10	4 %
Общий итог	106	134	240	100 %

Таким образом, категория «молодежь» составляет 36 %, возрастная категория «средний возраст» 39 %, а «пенсионеры» — 24 %

Следующим признаком, позволяющим составить социо-демографический портрет респондента является «тип занятости» (см. табл. 5).

**Таблица 5**

Значения признака «Тип занятости»

Тип занятости	Всего	%
1. учусь	13	5 %
2. работаю	173	72 %
3. безработный	22	9 %
4. пенсионер	31	13 %
5. другое	1	0 %
Общий итог	240	100 %

Анализ категории «Тип занятости» показал, что основная группа, участвующая в опросе, — это работающие люди, их процент

составляет 72 % от общего числа опрошенных. Вторым по убыванию идет категория респондентов «пенсионеры», их численность составляет 13 % от общего числа опрошенных. Затем идут безработные — 9 %, затем учащиеся — 5 %.

Социально-демографический портрет респондентов: преимущественно это работающие люди, причем относительно равно представлены все возрастные категории. Также учитывая данные табл. 3, можно говорить о том, что критерий выборки по полу был соблюден.

## Результаты

Для анализа четырех подсистем (Структура, Политическая среда, Ценности, Воздействие) воспользуемся шкалой, приведенной в табл. 6.

**Таблица 6**

Значения шкал для каждого показателя

Значения	Структура	Политическая среда	Ценности	Воздействие
0	Очень слабая	Парализующая	Очень низкие	Очень низкое
1	Слабая	Препятствующая	Ограниченные	Ограниченное
2	Довольно сильная	В чем-то благоприятная	Умеренные	Умеренное
3	—	Благоприятная	Высокие	Высокое

### *Подсистема «Структура»*

Согласно полученным данным, деятельностью на добровольной основе занималось 70 % населения (однако стоит учесть, что большинство респондентов занималось этой деятельностью еще в советское время). При этом количество участвующих в мероприятиях, проводимых общественными организациями, составляет 60 %.

Структура, в которой развивается и функционирует гражданское общество в г. Скопин можно охарактеризовать как приближающуюся к «слабой», так как полученное в результате агрегирования числовое значение равняется 0,65

### ***Подсистема «Политическая среда»***

Всего лишь 8 % населения считают чиновничий аппарат не коррумпированным, а 40 % опрошенных давали или получали взятку.

Большинство населения при этом считает, что его политические и гражданские права и свободы не ущемлены.

Политическую среду, в рамках которой существует и функционирует гражданское общество, можно охарактеризовать, как «препятствующую», так как полученное в результате агрегирования числовое значение равняется 0,97.

### ***Подсистема «Ценности»***

Чуть более половины опрошенных поддерживает членов общественных организаций и доверяет им.

65 % респондентов никогда не встречали в городе проявлений расовой или религиозной дискриминации.

Ценности, практикуемые и продвигаемые гражданским обществом, можно охарактеризовать, как нечто среднее между ограниченным и умеренным значениями, так как полученное в результате агрегирования числовое значение равняется 1,49.

### ***Подсистема «Воздействие»***

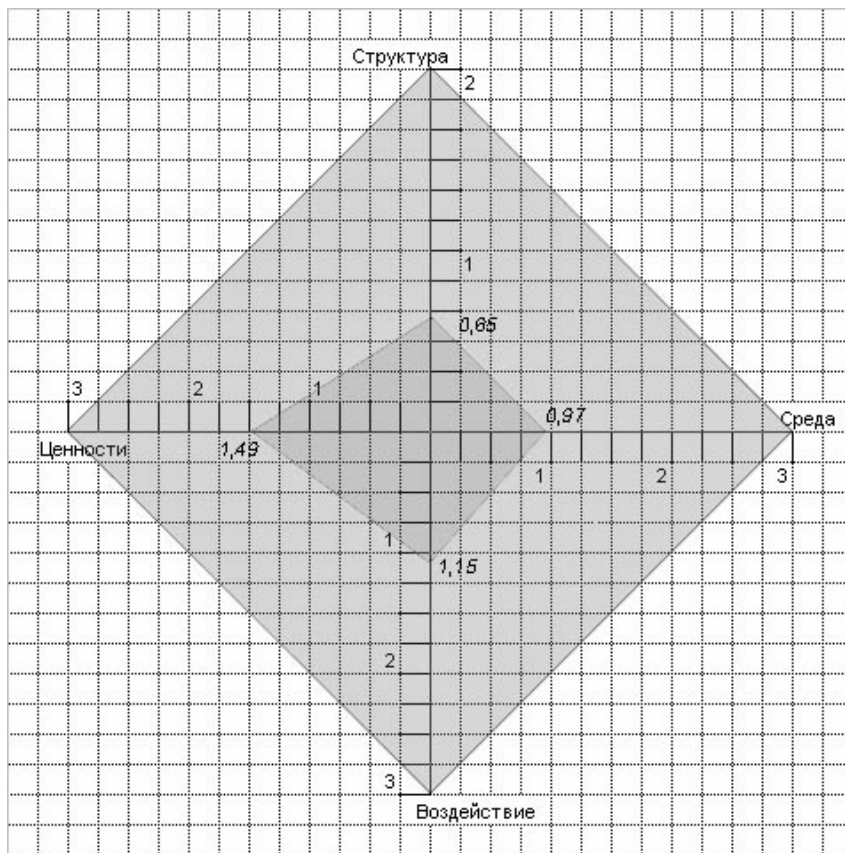
По результатам опросов можно сделать вывод о том, что результаты деятельности общественных организаций известны лишь узкому кругу местного сообщества и проявляются лишь в незначительных областях. Воздействие, которое оказывают общественные организации на принятие решений, можно охарактеризовать, как очень низкое, так как полученное в результате агрегирования числовое значение равняется 1,15.

Статистически значимых парных корреляций между переменными (вопросами анкеты) выявлено не было: максимальное значение коэффициента корреляции (0,5) было обнаружено для вопросов в подсистеме «Ценности» о доверии членам общественных организаций.



**Графическое отображение развитости гражданского общества в г. Скопин** представлено на рис. 1.

Схему построения графического отображения можно посмотреть в Приложении 2.



**Рис. 1.** Графическое отображение развитости гражданского общества в г. Скопин

Площадь полученного четырехугольника, построенного по описанной выше процедуре, для г. Скопин составляет 2,27, в то время как площадь идеальной фигуры — 15. Соотношение этих двух величин составляет 0,1513. Следовательно, гражданское общество в г. Скопин развито приблизительно на 15,1 %.

## 4. Анализ развитости гражданского общества в г. Ростов Великий

### Описание и сравнение социо-демографических<sup>1</sup> признаков

Исследование в г. Ростов Великий Ярославской области было проведено с 17 февраля 2005 г. по 21 февраля 2005 г. студентами факультета прикладной политологии Государственного Университета — Высшая Школа Экономики, и тремя студентами 2 курса факультета прикладной политологии ГУ-ВШЭ. В г. Ростов Великий был опрошен 231 респондент. Некоторые характеристики выборки приведены далее.

**Таблица 7**

Значения признака «Пол»

Пол	Всего	%
a. Мужчины	104	45 %
b. Женщины	127	55 %
Общий итог	231	100 %

В соответствии критерием выборки по полу, в опросе приняли участие 55 % женщин от общего числа опрошенных и 45 % мужчин.

Вторым важным показателем в нашем исследовании является «Возраст». Нами были опрошены лица от 18 до 75 лет. Различие опрошенных по возрасту приведено в табл. 8.

**Таблица 8**

Значения признака «Возраст»

Возраст	Общий итог	%
1. 18–30	46	20 %
2. 31–50	118	51 %
3. 51–65	57	25 %
4. 65 и выше	10	4 %
Общий итог	231	100 %

Таким образом, категория «молодежь» составляет 20 %, возрастная категория «средний возраст» 51 %, «пенсионеры» — 29 %.

Следующим признаком, позволяющим составить социо-демографический портрет респондента является «тип занятости» (см. табл. 9).

**Таблица 9**

Значения признака «Тип занятости»

Тип занятости	Всего	%
1. учусь	9	4 %
2. работаю	157	68 %
3. учусь и работаю	16	7 %
4. безработный	9	4 %
5. пенсионер	40	17 %
Общий итог	231	100 %

Анализ категории «Тип занятости» показал, что основная группа, участвующая в опросе, — это работающие люди, их процент составляет 68 % от общего числа опрошенных. Вторым по убыванию идет категория респондентов «пенсионеры», их численность составляет 17 % от общего числа опрошенных. Затем идут люди, совмещающие и учебу и работу — 7 %, а категории «учусь» и «безработные» составляют по 4 % каждая.

Социально-демографический портрет респондентов: преимущественно — это работающие люди, причем относительно равно представлены все возрастные категории.

## Результаты

Для анализа четырех подсистем (Структура, Политическая среда. Ценности, Воздействие) используется шкала, введенная организацией CIVICUS.

Для наглядности воспользуемся табл. 10.

Таблица 10

Значения шкал для каждого показателя

Значения	Структура	Политическая среда	Ценности	Воздействие
0	Очень слабая	Парализующая	Очень низкие	Очень низкое
1	Слабая	Препятствующая	Ограниченные	Ограниченное
2	Довольно сильная	В чем-то благоприятная	Умеренные	Умеренное
3	Сильная	Благоприятная	Высокие	Высокое

### ***Подсистема «Структура»***

Согласно полученным данным, деятельностью на добровольной основе занимается 50 % населения, из которых 14 % делают это регулярно, 36 % — редко. При этом количество участвующих в мероприятиях, проводимых общественными организациями, составляет всего лишь 36 %.

Большинство респондентов не имеют представления о взаимодействии общественных организаций друг с другом, ответ «не знаю» прозвучал в 73 % случаев.

Числовой показатель по оси «структура» равняется 0,8172 соответственно структуру гражданского общества в г. Ростов Великий можно охарактеризовать как «слабая».

### ***Подсистема «Политическая среда»***

Всего лишь 4 % населения считают чиновничий аппарат не коррумпированным, а 22 % опрошенных давали или получали взятку, при этом 14 % дарили мелкие подарки.

Большинство населения (52 %) считает, что его политические и гражданские права и свободы не ущемлены, однако 34 % опрошенных утверждают, что им навязывают, диктуют мнение в отдельных случаях, политических акциях.

В вопросе о достаточном количестве предприятий сферы услуг в городе мнения респондентов разделились примерно одинаково между теми, кто утверждает, что их сильно недостаточно (29 %), достаточно, но следовало бы разнообразить (34 %) и вполне достаточно (32 %).

Числовой показатель по оси «политическая среда» равняется 1,481, политическая среда в которой развивается и функционирует гражданское общество можно охарактеризовать, как нечто среднее между «препятствующая» и «в чем-то благоприятствующая».

### ***Подсистема «Ценности»***

Чуть более половины опрошенных поддерживает членов общественных организаций (53 %), а 23 % безоговорочно доверили бы решение своих проблем общественным организациям.

44 % респондентов никогда не встречали в городе проявлений расовой или религиозной дискриминации, а 48 % утверждают, что такие прецеденты имели место.

53 % опрошенных готовы безоговорочно оказать необходимую помощь любому попросившему их об этом на улице, а 44 % окажут помощь с оговоркой.

Числовой показатель по оси «ценности» равняется 2,1585, что означает, что ценности практикуемые и продвигаемые гражданским обществом можно охарактеризовать как приближающиеся к «развитые довольно сильно».

### ***Подсистема «Воздействие»***

По результатам опросов можно сделать вывод о том, что результаты деятельности общественных организации известны почти половине опрошенных: 38 % населения полагают, что результаты их деятельности проявляются лишь в незначительных областях.

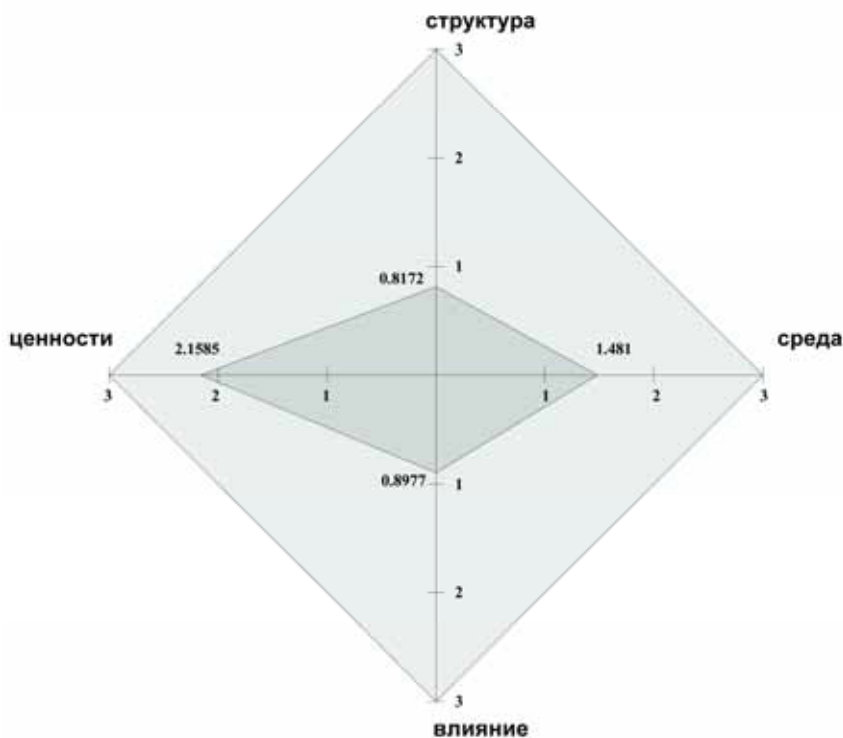
56 % опрошенных за последний год не взаимодействовали ни с органами местной администрации, ни с общественными организациями. 36 % респондентов считают, что помощь местной администрации эффективнее в большинстве случаев.

32 % населения известны представители общественных организаций, которые являются заметными фигурами в городе.

Числовой показатель по оси «влияние» составляет 0,8977 воздействие, которое оказывают общественные организации на принятие решений, можно охарактеризовать, как «слабое».

Статистически значимых парных корреляций между переменными (вопросами анкеты) выявлено не было. (Все значения коэффициентов не выше 0.4).

Графическое отображение развитости гражданского общества в г. Ростов Великий представлено на рис. 2.



**Рис. 1.** Графическое отображение развитости гражданского общества в г. Ростов Великий

Площадь идеальной фигуры составляет 18, площадь полученного четырехугольника равняется приблизительно 3.12, то есть гражданское общество в городе Ростов Великий развито приблизительно на 17,3 % по сравнению с идеальной моделью.

## **5. Сопоставление результатов исследований в г. Скопин Рязанской области, г. Чернушка Пермской области и г. Ростов Великий Ярославской области**

Пермская область является одним из самых демократичных регионов нашей страны, Рязанская область, в свою очередь, входит в так называемый «красный пояс» России. «Красный пояс» — это несколько регионов России, местная власть в которых представлена коммунистической партией Российской Федерации (КПРФ). Соответственно, гражданское общество в г. Чернушка развито в большей степени. Особенно это отражается в нашем исследовании на оси «Политическая среда», которая в г. Чернушка оказалась значительно более благоприятной, нежели в г. Скопин. Делая выводы на основе экспертных интервью, проводимых и в том и в другом городе, можно заключить, что уровень воздействия гражданского общества на процесс принятия решений в г. Чернушка выше, чем в г. Скопин. Материальная поддержка гражданских структур в г. Скопин минимальна, в отличие от г. Чернушка, где местная администрация выделяет значительно большие средства. Однако, стоит отметить, что как в г. Чернушка, так и в г. Скопин мы столкнулись с большим числом общественных организаций, являющихся наследием советского прошлого. К подобным организациям можно отнести Общество инвалидов, Совет ветеранов (а в Скопине даже пионерская и комсомольская организации). Наличие некоторых подобных общественных организаций в России обязательно для каждого города, поэтому причислить их к полноценным организациям гражданского общества сложно.

Г. Ростов Великий еще 5–6 лет назад находился в состоянии совершенного упадка: в городе фактически отсутствовала предпринимательская деятельность, очень плохо была развита сфера услуг, архитектурные памятники — основное достояние города — давно не реставрировались, гражданская активность населения находилась практически на нуле, достаточно сильна была внутренняя ми-

грация из Ростова в Ярославль, что еще больше усугубило ситуацию. С развитием туристического бизнеса, также учитывая тот факт, что Ростов Великий является частью Золотого Кольца России, за последние годы увеличился приток инвестиций в город. В городе даже появился Союз Предпринимателей, занимающийся параллельно бизнесом и облагораживанием города. В этом отношении у Ростова Великого явное преимущество перед Скопиным, в котором развивать туризм просто нет возможности. И в том и в другом городе администрация стимулирует развитие молодежных организаций, однако влияние ростовских молодежных организаций значительно сильнее. В Ростове Великом администрация придерживается политики относительной открытости, в то время как в Скопине все, что происходит в пределах административного здания, находится за семью печатями, и доступ к информации строго контролируется.

## **6. Заключение**

В работе предложена новая методика оценки степени развитости гражданского общества для территориальных образований страны. Эта методика рассчитывает степень развитости четырех компонент гражданского общества: «Структура», «Политическая среда», «Ценности», «Воздействие». Построена схема агрегирования исходных оценок, полученных с помощью анкетирования, в интегральные оценки развитости этих компонент. Предложенная методика была применена для г. Скопин Рязанской области. Были опрошены 240 респондентов. Проведено сравнение с исследованием в г. Чернушка Пермской области согласно методике, предложенной организацией CIVICUS. После чего методика претерпела некоторые изменения, и окончательный ее вариант был опробован в г. Ростов Великий Ярославской области, где было опрошено 232 респондента. Исследование, проведенное в г. Ростов Великий дало существенно более адекватный реальной ситуации результат. Можно утверждать, что предлагаемая методика количественной оценки развитости гражданского общества может быть успешно применена для проведения исследований на территориальных образованиях страны.



## Приложения

### Приложение 1

Анализируя отдельно каждую ось, сначала решается задача многокритериального выбора: на множестве альтернатив вводится порядковое отношение предпочтения. Для этого все множество альтернатив разбивается на непересекающиеся классы эквивалентности, которые образуют линейный порядок (то есть на множестве классов можно ввести бинарное отношение, которое удовлетворяет условиям асимметричности, отрицательной транзитивности и антирефлексивности), то есть классы могут быть занумерованы числами от 0 до некоторого  $n$  — число классов «–1». Таким образом, любому вектору присваивается некоторое агрегированное значение, в зависимости от того, к какому классу он относится. Два класса можно выделить особо, они состоят из «крайних» векторов — это нулевой класс, в который входит только вектор  $(1, 1, \dots, 1)$ , и  $(n - 1)$ -й ( $n$ -ого класса нет!), то есть последний (или максимальный), он состоит только из вектора  $(3, 3, \dots, 3)$ . Размерность векторов — число вопросов по каждой оси (для структуры это 3, а для среды, ценностей и влияния — 4). Например, если в разделе «структура» все респонденты ответили одинаково «плохо», то есть всем были присвоены вектора  $(1, 1, 1)$ , то результирующее значение по этой оси было бы 0 (так как все ответы респондентов были бы отнесены к нулевому классу), и это означает, что уровень развитости структуры гражданского общества — 0 %; напротив, если бы все респонденты ответили «хорошо» по всем вопросам оси, то есть векторами  $(3, 3, 3)$ , это бы означало 100 %-й уровень развитости структуры.

Таким образом, по каждой оси исследования для каждого респондента известна его оценка на шкале  $0 \dots (n - 1)$ , то есть некоторое агрегированное значение. Далее берется среднее значение по всем респондентам, которое нормируется для оси  $0 \dots 3$ .

### Приложение 2

Согласно методологии CIVICUS результатом работы должно стать построение карты гражданского общества, представленной в виде четырехугольника. Эта карта вычерчивается в виде фигуры, которая называется даймондом, на плоскости следующим образом.

- Выбирается точка начала координат (0).
- Вертикально вверх откладывается шкала первого показателя «Структура».
- Вертикально вниз откладывается шкала второго показателя «Воздействие».
- Горизонтально вправо откладывается шкала третьего показателя «Политическая среда».
- Горизонтально влево откладывается шкала четвертого показателя «Ценности».
- Далее по полученным осям откладываются «идеальные» показатели равные максимальному значению по каждой из шкал.
- Числовые значения соединяются между собой, получается фигура на плоскости — ромб.
- Откладываются реальные, полученные в результате агрегирования значения по каждой из шкал.
- Числовые значения соединяются между собой, получаем фигуру на плоскости — четырехугольник, всегда находящийся внутри идеальной фигуры (ромба).
- Соотношение площадей двух четырехугольников и есть искомым показателем, то есть развитость гражданского общества в процентном отношении.

## Литература

1. Алескеров Ф., Якуба В. Об одном методе агрегирования ранжировок специального вида. П Междунар. конференция по проблемам управления, Тезисы докладов: ИПУ РАН, Москва, 2003.
2. Бакистановский В. И., Согомонов Ю. В. Гражданское общество: Новая этика. Тюмень: НИИ ПЭ, 2003.
3. Вайнштейн Г. И. Роль гражданского общества в демократизации России: надежды и разочарования // Профессионалы за сотрудничество. Ежегодник. № 3 // Материалы конференции «Гражданское общество: историко-философские корни. Реальная практика, перспективы» Пушкин, 30 июня – 2 июля 1998 года.
4. Дзялошинский И. М. Гражданское общество. О чем спор? // Index: Досье на цензуру. 2001. № 16.

5. Максименко В. Идеология Civil society и гражданская культура // Pro et Contra. 1999. Т. 4. № 1.
6. Раиковский Е. Б. На оси времени. Очерки по философии истории. М.: Прогресс-Традиция, 1999.
7. Сунгуров А. Ю. Становление гражданского общества в Санкт-Петербурге и России // Общественные науки и современность. 1997. № 3.
8. Сайт международной организации CIVICUS [www.civicus.org](http://www.civicus.org)

### ***Сведения об авторах:***

Алескеров Фуад Тагиевич — доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией Института проблем управления РАН, 928-20-94, [alesk@ipu.ru](mailto:alesk@ipu.ru), [alesk@hse.ru](mailto:alesk@hse.ru)

Беляева Нина Юрьевна — кандидат юридических наук, заведующий кафедрой, Государственный университет — Высшая школа экономики, 152-09-91, [citizens@list.ru](mailto:citizens@list.ru), [public\\_policy@mail.ru](mailto:public_policy@mail.ru)

Бычкова Екатерина Борисовна — студентка, Государственный университет — Высшая школа экономики, 8-916-605-69-53, [shanuar@mail.ru](mailto:shanuar@mail.ru)

Закамская Евгения Валерьевна — студентка, Государственный университет — Высшая школа экономики, 8-903-191-36-90, [parapeller@mail.ru](mailto:parapeller@mail.ru)

Юзбашев Дмитрий Андреевич — аспирант Института проблем управления РАН, 8-926-266-78-10, [dimuse@mail.ru](mailto:dimuse@mail.ru)

# **Модели профильного включения персонала в управление сложными технологическими процессами**

---

*А. А. Амбарцумян,  
С. А. Браништов*

Рассматривается подход к контролю и ограничению действий персонала при управлении технологическими процессами на основе модели активных сценариев. Сценарии предусматривают разделение ролей управляющих процессом лиц по уровню принятия решений, руководство выбором варианта управления, координацию различных исполнителей и контроль исполнения заданий. Описывается развитие схемы событийного управления с применением активных технологических сценариев.

## **1. *Человек в схеме управления процессами***

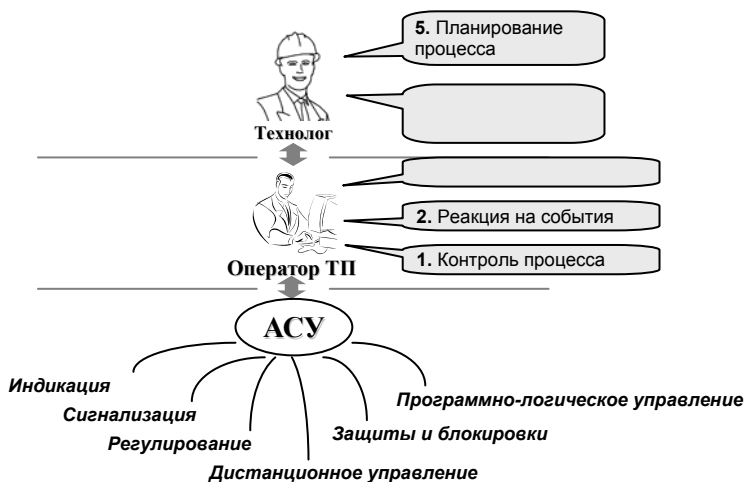
Помощь персоналу в выполнении функций координации технологических процессов и операций, ведение архивов и подготовка отчетных документов были основными задачами первых компьютерных систем, действующих на уровне технологических процессов. Последующее развитие на этом уровне привело к компьютеризации систем КИПиА (контрольно-измерительные приборы и автоматика) с помощью локальных сетей ПЛК и интеллектуальных датчиков и интеллектуализации человеко-машинного интерфейса (системы MMI). Это было подготовлено развитыми системами КИПиА, системами телемеханики, ЧПУ, релейной автома-

тики [1, 2]. Результатом этой первой интеграции и являются автоматизированные системы управления технологическими процессами — АСУ ТП в современном виде [3, 4]. В последнее десятилетие основной новацией при внедрении автоматизации на этом уровне, являются SCADA — системы (Supervisory Control And Data Acquisition — диспетчерское управление и сбор данных) [5]. Программные продукты SCADA-систем применяются, как правило, для создания интерфейса оператора, сбора данных о производственном процессе, их архивировании и подготовки отчетных документов. Использование SCADA-системы увеличило долю фирменного программирования в составе программного обеспечения систем управления технологическими процессами, значительно повысило надежность проектных решений и повысило доверие к ним заказчика и эксплуатационного персонала. Однако роль человека при управлении ТП с использованием SCADA-систем осталась прежней, как и в системах КИПиА. С точки зрения технических средств и базового программного обеспечения (SCADA-системы + современные фирменные базы данных) имеются все возможности для создания развитых систем АСУТП с высоким уровнем автоматизации (снижением участия человека в управлении процессами). Однако, анализ реальных АСУ ТП (например, АСУ ТП площадочных объектов [6, 7]) показывает, что на сегодняшний день функциональные возможности АСУ ТП остаются на прежнем уровне (фактически уровень КИПиА + сервер и терминалы вместо щитового оборудования). Как правило, автоматически осуществляется контроль параметров и локальное управление отдельными механизмами производства; вместе с тем, координация процессов, взаимодействие со смежными системами и службами, управление процессом в целом, так же как и принятие решений в экстремальных ситуациях возлагается на человека.

Как показывает анализ аварий и нестандартных ситуаций в сложных системах, до 70-ых годов прошлого века доля аварий по причине техники составляла 80 %, а по причине человека — 20 %. В последнее время, в силу повышения надежности и усложнения функциональности технических средств, ситуация поменялась на обратную: теперь доля ошибок человека значительно превышает технические сбои. Это является следствием переоценки возможностей человека как звена в системе управления; значительным объемом сложных функций управления, лежащих на персонале, надежность принятия

решений которого и профессионализм со временем слабо меняется, а также неконтролируемой инициативностью при управлении.

Рис. 1 иллюстрирует традиционную схему управления в современных АСУ ТП, в которых человек — наивысшее звено, осуществляющее управление технологией путем координации выполнения набора стандартных функций системы управления.



**Рис. 1.** Человек в управлении технологическим процессом<sup>ii</sup>

В рамках автоматизированной системы управления (АСУ) персонал как инициирует выполнение этих функций, так и имеет доступ к результатам их исполнения, на основе чего он и планирует свои действия по управлению технологическим процессом. В традиционной схеме он находится над всеми задачами, являясь инициирующим и контролирующим звеном цепочки управления. Здесь средств контроля действий персонала не имеется; отсюда — неуправляемая возможность ошибок человека. На рисунке цифрами показаны задачи по управлению технологическим процессом и их распределение по уровням принятия решения. Оперативные задачи управления, контроль процессов, реагирование на события решаются оперативным персоналом, а организация технологии и планирование процесса — технологами производства.

В настоящей работе ставится задача снизить уровень ошибок персонала при управлении технологическим процессом. Предлага-

ется решение этой задачи на основе дифференциации ролей человека в управлении, и рассматриваются механизмы управления ТП, при которых ограничивается роль персонала в рамках потребностей технологического процесса в конкретный момент. То есть, решение от персонала востребуется только тогда, когда это необходимо по технологии, и в соответствии с ролью человека в цепочке управления технологическим процессом в этот момент времени. Рассматриваемый подход развивает схему на основе событийного моделирования, предложенную в [8], путем введения модели активных сценариев, которые учитывают разделение ролей персонала и ограничение воздействия на объект управления.

## 1.1. Контур управления в АСУ ТП

Организационно в современных АСУ ТП можно выделить три контура управления: автоматический, операторский и супервизорный (рис. 2).

**Автоматический контур** управления включает в себя оборудование АСУ, выполняющее функции управления технологическим процессом без участия человека: датчики и исполнительные механизмы, КИПиА, контроллеры. Задача этого контура — автоматический сбор данных с объекта и воздействие на исполнительные механизмы, поддержание режима работы объекта управления через контроль параметров процесса и локальное управление агрегатами.

**Операторский контур** включает средства сбора данных с объекта (оборудование АСУ) и воздействия на процесс, и замыкается на уровне оперативного принятия решения и управления установками — этот уровень занимает технический и диспетчерский персонал: операторы, техники, мастера участков. Задачи на этом контуре — контроль и выполнение заданных режимов технологического процесса, управление агрегатами, установками, организация и выполнение ручных операций по управлению.

**Супервизорный контур** охватывает автоматический и операторский контуры управления и замыкается на уровне управления технологией. На этом уровне, который занимают технологи производства, выполняются задачи по соблюдению и организации технологии: выбор технологических режимов, управление конфигурацией технологического процесса, выбор варианта развития ситуации.

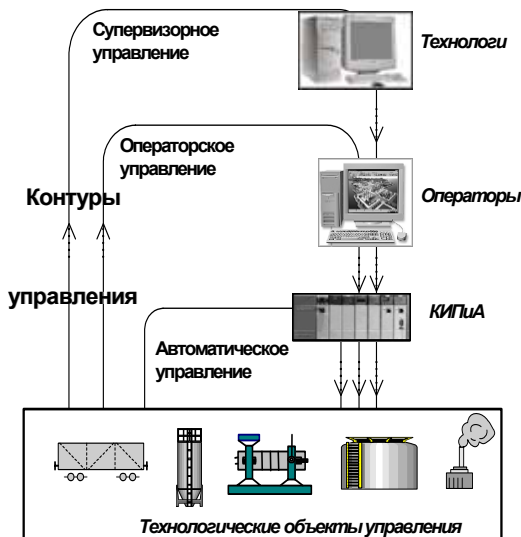


Рис. 2. Контур управления технологическим объектом в АСУ ТП

## 2. Роли человека в АСУ

Определим роли человека в каждом контуре, обозначим средства поддержки управления и принятия решений, а затем покажем, как и в каких случаях можно снизить влияние человеческого фактора на процесс управления за счет дополнительных средств автоматизации человеческой деятельности.

В каждом контуре управления выполняются четыре последовательные фазы: сбор данных, анализ данных, принятие решения и исполнение решения.

В автоматическом контуре все фазы выполняются жесткой «релейной» логикой, ПИД-регуляторами и программным обеспечением. Человек в непосредственном управлении не участвует. В этом контуре он производит установку значений параметров процесса (ввод уставок), уровней сигнализации и блокировки, параметров ПИД-регуляторов. Возможные ошибки, которые могут быть допущены в этом случае — это ввод неверных значений параметров. Способ уменьшить количество такого рода ошибок — это обеспечить персонал интерактивными средствами информационной под-



держки (справочной информации) при настройке аппаратуры в соответствии с требованиями к режимам технологического процесса.

В операторском контуре управления на этапе сбора данных персоналу предоставляется широкий набор средств визуализации: индикаторные панели, информационные табло, приборные щиты, мнемосхемы на экране компьютера. Основная задача человека — правильно и вовремя оценить ситуацию по показаниям индикаторов. В ряде случаев, если нет автоматизированного измерения и сбора данных, необходимо непосредственное наблюдение за работой установок; тогда оператор выступает в роли регистратора и инициатора события. Например, определение повышенной вибрации и шума насосов или изменения интенсивности разделения фаз нефти и воды — задача оператора объекта. По факту наблюдения либо сразу принимается решение об управлении объектом, либо результат наблюдения как исходные данные вносятся в автоматизированную систему управления. Можно выделить следующие типы диалога системы с оператором.

**1-й тип: запрос на факт события.** Он возникает, когда ожидается появление события, или проверяется состояние объекта управления, или требуется подтверждение персонала о событии. Примеры запросов системы: «Подана ли машина под погрузочный транспортер?», «Закрыта ли задвижка на слив продукта?», «Подтвердить готовность к пуску?».

**2-й тип: ввод значения параметра.** Он требуется при непосредственном наблюдении за неизмеряемыми параметрами, либо при оценке показаний неавтоматизированных приборов, при ручном измерении, после проведении лабораторных экспериментов для ввода результата исследований. Например, это — оценка шума, высоты пламени, контрольные и поверочные измерения и т. п.

**3-й тип: задание шкалы измерения.** Для удобства ввода данных могут быть использованы различные типы шкал. В некоторых случаях оператор имеет возможность выбрать шкалу для ввода данных, например, обычная пропорциональная шкала, экспоненциальная, нечеткая шкала. Кроме того, бывает необходимо задавать допустимую скорость изменения параметра и достоверность визуальной оценки (для нечеткой шкалы). На этапе анализа в операторском контуре современные АСУ ТП предоставляют вычислительные средства для выполнения аналитических расчетов, средства

графического отображения истории событий. Сопоставление совокупности всей текущей информации о процессе и исторических данных с требованиями технологии производства выполняется оператором самостоятельно, без помощи каких-либо средств автоматизации. Требования технологии содержатся в представлении человека о технологическом процессе. Эти представления формируются нормативными документами, регламентами, инструкциями. Следовательно, связь между технологическим процессом и требованиями к управлению им проходит через неформализованное звено — человека, который и осуществляет *сравнение текущих параметров и режимов с требуемыми*.

Этап принятия решений в операторском контуре также выполняется оперативным персоналом самостоятельно без поддержки средствами автоматизации на основе представлений человека о нормах технологического процесса. Здесь основная проблема состоит в качестве *анализа текущей ситуации и оптимальности выбора управления*. Приведем пример такой ситуации. При снижении качества сепарации нефти оператору требуется правильно установить причину; он может принять во внимание несколько различных параметров и в соответствии со своим опытом выбрать наиболее вероятный, посчитав его влияющим на данную ситуацию фактором. Это может быть качество (марка) или количество деэмульгатора, нарушение режима одной из ступеней сепарации, повышение входного потока эмульсии. При этом возможна ошибка персонала как в определении причины, так и в правильности проведения процедуры по восстановлению оптимального режима работы объекта.

Технологический персонал в супервизорном контуре управления на этапе сбора данных получает текущую и историческую информацию о технологических процессах объекта с помощью автоматических средств сбора данных. Роль человека и проблемы на этом этапе подобны операторскому контуру.

Задачи технологического персонала на этапе анализа — это контроль соблюдения технологии, обеспечение достижения цели производства, качества и производительности технологических процессов и управление техническим состоянием объекта. Средствами для этого являются нормативы ведения технологического процесса, описанные в регламентах, неформальные знания о свойствах оборудования (фактическая производительность, надежность, точность) и эмпирические знания об истории и характере техноло-

гического процесса. Комплексная оценка локальных технологических задач и задач смежных производств (с целью оптимальной организации производства) является наиболее важной и полезной функцией технологического персонала.

На этапе принятия решения выбирается направление развития технологического процесса для актуализации новых технологических режимов. Основная проблема в этом контуре управления — это выработка очень значимого для технологического процесса решения при анализе большого числа факторов и отсутствии средств поддержки принятия решений по управлению технологией. Ошибка в управлении на данном уровне может кардинально повлиять на качество и производительность технологического процесса.

Таким образом, можно выделить три ключевые роли человека при управлении технологическим процессом:

- а) человек — **инициатор события** («датчик»), когда человек сообщает системе управления о состоянии объекта управления, вводит значения уставок;
- б) человек, управляющий локальной технологической установкой, решающий поставленную задачу по выполнению требований режима — **оперативное управление технологическим процессом**;
- с) лицо, принимающее **решение стратегического характера** — выбор варианта развития процесса, задание технологических режимов, организация и обеспечение технологии.

## **2. Схема событийного управления как инструмент ограничения участия человека в деталях управления**

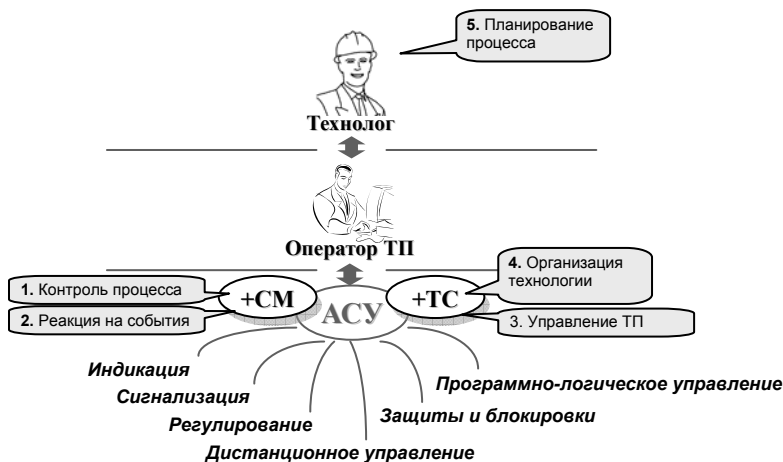
Чтобы автоматизировать функции персонала в выделенных ролях, необходимо формализовать задачи человека (рис. 1) в каждой из этих ролей и внести их в математические модели АСУ ТП, а затем на основе этих моделей строить поведение автоматизированной системы управления по всем контурам управления. В качестве таких моделей предлагается применить событийные модели (СМ) активного оборудования, модели технологических процессов и установок, а также алгоритмы управления для выполнения техноло-

гических задач, то есть сценарии управления развитием процесса, иначе — технологические сценарии (ТС). Такое решение позволит переложить ряд функций человека на автоматизированную систему управления (рис. 3).

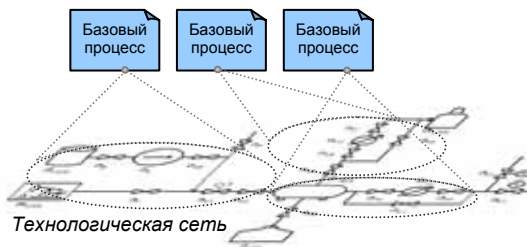
Далее описывается предлагаемый **принцип создания иерархических событийных моделей**, согласно которому производится событийное структурирование технологического объекта управления. На первом уровне предполагается выделение базовых процессов, и на всех последующих уровнях — комплексных процессов. *Базовые процессы* — это локальные, небольшие фрагменты ТП, структурируемые по территориальному или функциональному принципу. Базовые процессы обычно объединяют те агрегаты, которые используются вместе в каком-либо процессе и выполняют одну общую задачу на фрагменте технологической сети.

Например, в нефтедобывающем производстве — это дренаж сепаратора или отвод газа на факел из него же. К первому могут относиться две задвижки и насос, а ко второму — регулятор давления и байпасная группа задвижек. Это — два разных процесса.

Базовые процессы, как правило, имеют устоявшуюся, принятую конфигурацию в части набора и соединения агрегатов. Поэтому для таких процессов целесообразно строить универсальную или наиболее общую модель, которую в последствии использовать как шаблон.



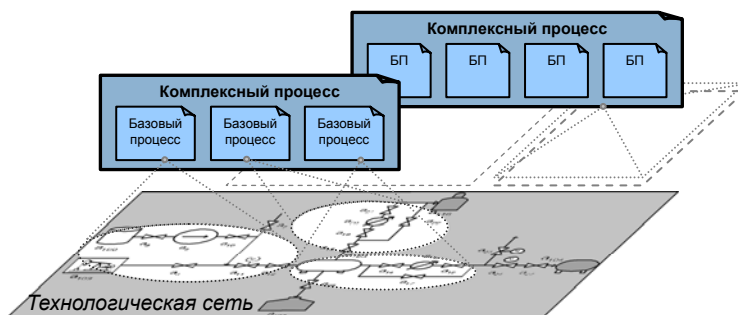
**Рис. 3.** Дополнительные средства автоматизации функций человека



**Рис. 4.** Определение базовых процессов

При выделении базовых процессов технологический объект содержательно разбивается на несколько функциональных фрагментов (процессов), так чтобы эти фрагменты ассоциировались с выполнением каких-либо законченных функций (рис. 4). Затем по процедуре предложенной в [8], описывается поведение агрегатов (элементов сети) и все актуальные режимы процесса в событийных моделях.

Для снижения сложности модели ТОУ и упрощения описания больших систем предлагается использовать иерархическое моделирование, при котором поведение группы из нескольких базовых процессов описывается отдельной событийной моделью. Это уже следующий уровень моделирования, на котором моделируются комплексные процессы (рис. 5).

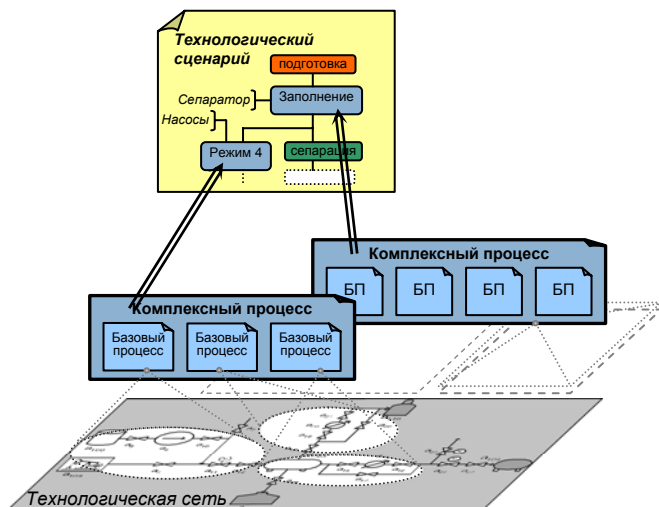


**Рис. 5.** Определение комплексных процессов

Модель комплексного процесса имеет структуру, подобную модели базового процесса, и те же самые правила управления. Комплексные процессы удобно формировать вокруг некой законченной

физической установки, объединяя все подводящие, отводящие, обслуживающие и вспомогательные процессы (которые могут быть описаны как базовые), либо вокруг технологического участка, отождествляемого с какой-либо производственной функцией. Установка или участок характеризуются заранее заданным и ограниченным количеством режимов работы, а режимы работы задаются комбинациями состояний или конфигураций процессов, в нашем случае базовых процессов. То есть, режим работы установки — это совокупность процессов, протекающих в определенных конфигурациях. Использовать эту схему иерархии можно не только для объединения базовых процессов, но и для объединения комплексных (так, как это будет удобнее и эффективнее при моделировании), тем самым добавляя еще один уровень иерархии моделей.

Последним уровнем моделирования поведения ТОУ является технологический сценарий (ТС) — модель регламента и инструкций (рис. 6). ТС определяется в виде специального графа переходов, вершинам которого сопоставляются режимы работы установок, а ребрам — условия их следования. В целом ТС показывает взаимосвязь между потоком событий от ТОУ и формированием команд по изменению его структуры.



**Рис. 6.** Управление процессами с помощью технологического сценария

При создании технологического сценария в него вводятся автоматические действия — не требующие вмешательства оператора, простые информативные сообщения о ходе технологического процесса, выдаваемые оператору, и указания оператору на совершение действий по визуальному контролю и ручному управлению, или подтверждению исполнения определенного этапа. В технологическом сценарии также должен быть предусмотрен контроль за противоречивыми или опасными действиями оператора, введена система подтверждений ручных действий и предложений-подсказок по возможным решениям в конкретных случаях.

### **3. Формализация регламента — еще один уровень в модели событийного управления**

Организуя и поддерживая работу технологического производственного объекта уровня цеха, станции или завода, техническому персоналу предприятия приходится выполнять различного рода задачи. От того, насколько быстро, просто и качественно решаются эти задачи, зависит эффективность работы людей, трудозатраты и безопасность. Можно выделить следующие категории задач технического управления на объекте.

1. Локальное регулирование параметров (поддержание давления, температуры, уровня и т. п.) Традиционно эту задачу выполняют средства автоматики: КИПиА, контроллеры, SCADA-системы и т. д. Степень автоматизации этих задач высока.
2. Управление технологией (ввод-вывод из процесса агрегатов и установок, изменение режимов работы технологического оборудования, локальное переключение потоков материала). В эту категорию отнесем дискретное управление ресурсами: оборудованием, обслуживающим персоналом, материалами. Эта группа задач, как правило, слабо автоматизирована, выполняется частными алгоритмами и в основном ответственным персоналом вручную.
3. Стратегическое управление достижением целей (требуемого уровня качества, производительности, потерь и т. д.). Эта зада-

ча уровня управления технологией (а не производством) в типичных современных системах практически не автоматизирована, оценка соответствия каждого показателя целям производится младшим руководящим персоналом, ответственным по участку, на основе совокупности всех текущих параметров, режимов и тенденций.

Как видно, выполнение задач групп 2 и 3 в основном ложится на персонал. Правила, на основе которых человек принимает решение при управлении, описываются в технической документации к технологическому объекту, это — регламенты, инструкции, директивы и предписания, плюс эмпирические знания о технологических процессах объекта, накопленные персоналом при эксплуатации объекта. В процессе выбора решения персонал обязан следовать этим правилам. Однако на этот процесс сильно влияют свойства человека (невнимательность, забывчивость, усталость, страх и т. п.), которые могут отрицательно повлиять на выбор управляющего воздействия.

Уменьшить влияние человеческого фактора на процесс принятия решения для этих задач позволят инструменты автоматизированного управления, во-первых, обладающие теми же знаниями, что и человек, и, во-вторых, имеющие возможность управлять всем оборудованием в комплексе, ориентируясь на стратегические планы и технологические цели.

В качестве таких инструментов предлагаются интерактивные сценарии управления технологией. Правила и нормы ведения технологических процессов, описанные в нормативных документах, переносятся в сценарии при их создании. Стратегические планы в сценариях воплощаются в виде заранее описанных экспертами методов и процедур последовательного достижения технологических целей, реакций на события, выводов на режим, реконфигурации основных технологических циклов, плановых работ по обслуживанию и ремонту, комплексов работ по ликвидации чрезвычайных ситуаций. ТС предоставляют новые возможности управления как непосредственно технологическим процессом, так и действиями человека в последовательности процедур управления ТП (рис. 7). Функции персонала сокращаются до исполнения этапов сценария и контроля действий технических исполнителей.

Введение новых средств поддержки управления технологическим процессом добавляет новые типы диалога АСУ с оператором (см. п. 1.2).





Рис. 7. Новая роль оператора ТП

**4-й тип: комплексное управление процессами.** К нему относятся:

- запуск или останов целого технологического процесса;
- выбор конфигурации ТП;
- выбор параметров для мониторинга и условий фиксирования критических событий.

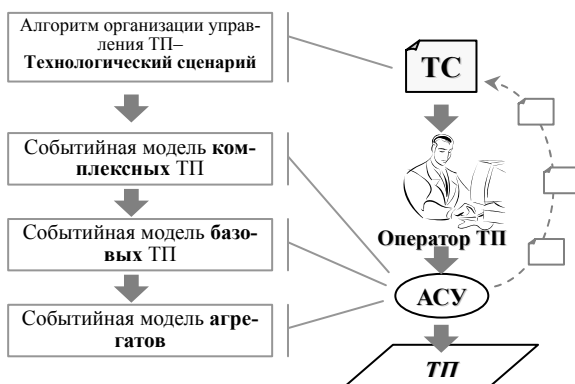
**5-й тип: координирование действий оператора и технического персонала при управлении ТП.** Он включает

- подсказки оператору по организации ТП;
- наряд-заказы на выполнение работ по обслуживанию ТП;
- координация различных служб для выполнения одной задачи.

На рис. 8 показана иерархия событийных моделей ТОУ (см. п. 2) и их место в контуре управления.

Технологические сценарии предлагается использовать для разработки ограничительных интерактивных конструкций, ориентированных на различные роли и специализацию персонала.

Имеется потребность в том, чтобы разграничить управление по должностям и таким способом дополнительно снизить долю ошибок человека при управлении ТП, вызванных несоответствием уровня решений и полномочиями персонала, когда человек может совершить ошибку в силу недостаточности квалификации «чужого» уровня управления. Возможность разделить функции управления по уровням принятия решений и должностям предоставляют технологические сценарии.



**Рис. 8.** Уровни иерархии событийных моделей

Технологические сценарии регламентируют различные типы взаимодействия между персоналом и технологическим процессом в зависимости от уровня управления: оператор, мастер, технолог, начальник объекта. Для этого в ТС предусматривается персонализация интерфейсов и сообщений для каждого уровня. Схема управления содержит выбор типа диалога, по уровням управления (см. п. 2 и 3), разделяя посылку информации между ответственными лицами.

#### **4. Принцип создания технологического сценария**

Рассмотрим модель технологического сценария достижения целей управления и пример использования его на объектах подготовки нефти.

Управление технологическими целями — это выбор последовательности действий по организации или изменению параметров и хода процесса для достижения определенной цели. Например, целью может быть определенное качество продукта или конфигурация технологической сети. Целенаправленное управление ТП формируется в два этапа: первый — это непрерывное или периодическое наблюдение за состоянием агрегатов и значением параметров процесса, и второй — последовательность действий по модифика-

ции состояний исполнительных агрегатов на объекте управления. Этот процесс формирования задач управления циклически замкнут, то есть, по результату наблюдения принимается решение об управляющем воздействии на технологический процесс, затем снова наблюдение и так далее.

В автоматизированных системах для мониторинга ТП, как правило, используется система условий, в соответствии с которой значения параметров и состояния оборудования преобразуются в команды управления. Команда управления может либо непосредственно воздействовать на исполнительный механизм, или же вызывать целую цепь управляющих действий по формированию требуемого режима технологического процесса.

Алгоритмы управления предлагается организовывать в виде сценариев достижения технологических целей управления. Сценарии определяют последовательность изменения режимов процессов, протекающих в объекте управления. По этим сценариям можно формировать автоматические команды на исполнительные механизмы, организовывать выполнение ручных работ на объекте, контролировать ход технологического процесса и пр.

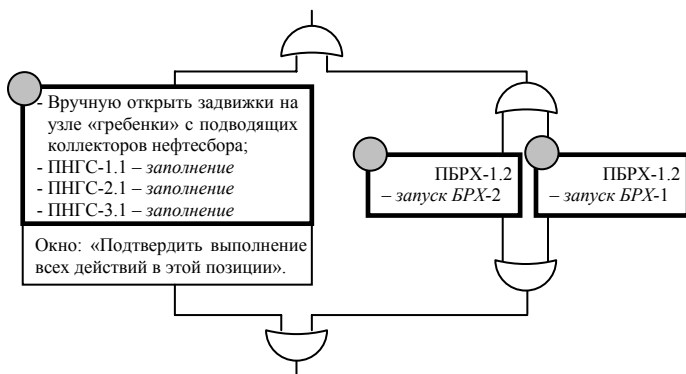
Например, — это сценарий пуска нефтегазосепаратора (НГС), который характеризуется своей локальной кратковременной функцией (т. е. выполняется для какой-то части технологической сети и после запуска НГС прекращает свое действие); сценарий подготовки производства к работе в зимнее время, который характеризуется множеством долговременных процедур и вложенными сценариями (то есть, в качестве одной из своих инструкций сценарий может иметь вызов другого сценария); сценарий поддержки основного технологического цикла — по сути, основной алгоритм управления технологическим процессом, который выполняется все время, пока работает производство. Сценарий может быть иерархическим, если на каком-то этапе требует достижения промежуточной цели и для этого имеет в своей позиции инструкцию выполнения (вызова) другого сценария.

Как правило, варианты управления разрабатываются для каждого технологического объекта индивидуально, с учетом свойств установленного оборудования и конфигурации технологической структуры. Однако для типовых объектов стратегическое управление достижением целей и управление технологией, в целом, одинаково. Например, на объектах подготовки нефти: дожимной насосной станции, комплексном сборном пункте и центральном товар-

ном парке — технологии сепарации нефти идентичны, и требования регламентов по управлению технологическим процессом сепарации подобны. Это дает право разрабатывать общие технологические сценарии контроля и управления технологией на основе регламентов таких объектов. При реализации системы управления эти сценарии, безусловно, потребуют детальной адаптации в момент привязки их к конкретному объекту, которая должна учитывать особенности объекта. Возможность строить систему на базе типовых алгоритмов и обязательных требований для подобных объектов упрощает разработку и позволяет реализовать такие требования.

Итак, порядок исполнения сценария задается с помощью технологического графа, а реакция на события — в виде системы условий.

Далее на рисунках иллюстрируется реализация изложенных принципов для конкретного проекта разработки технологического сценария запуска дожимной насосной станции подготовки нефти (ДНС).



**Рис. 9.** Позиции ветвления алгоритма

На рис. 9 приводится пример структуры сценария, которая формирует одновременное выполнение нескольких последовательностей команд управления ТОУ.

Здесь показаны три параллельных ветви: А, В, С. В ветви А устанавливаются режимы заполнения для сепараторов (НГС) первой ступени, и дается инструкция персоналу произвести неавтоматизированное действие, эта позиция считается выполненной после выполнения

постусловия, требующего подтверждения ручной операции от оператора процесса. Одновременно, в ветвях В и С устанавливается режим запуска блока реагентного хозяйства (БРХ) на подачу деэмульгатора в поток нефти на входе сепараторов первой ступени.

Позиция, предписывающая действия для выполнения ручной операции, вызывает 5-ый тип диалога с персоналом (подсказка по организации ТП) и в данном случае соответствует роли человека, выполняющего оперативное управление объектом. По результату действия предписывающей позиции, содержащей ручное воздействие на ТП, вызывается диалог с контролем исполнения ручных операций (запрос на факт события — 1 тип диалога), в этом случае человек выступает в роли инициатора события. Диалоги этого уровня полномочий выдаются оператору процесса. Запросы, касающиеся изменения технологии, и стратегические мероприятия по выбору направления развития процесса требуют решения технолога объекта. Система автоматизации должна хранить и использовать базу данных персонала, разделенную по полномочиям и уровням доступа.

Автоматизированное управление ТОУ с помощью технологического сценария заключается в интерпретации шагов сценария, и в соответствии с инструкциями в его позициях происходит подача команд на изменение структуры ТОУ и режимов работы ТП или управление неавтоматизированной работой персонала на объекте (см. рис. 6).

Для автоматизации управления структурой и режимами ТОУ используется совокупность событийных моделей (СМ) агрегатов, технологических процессов и технологической сети разработанных в [8].

Как показано на рис. 9, для задания режима работы установки или процесса используется обозначение, составленное из имени модели процесса и номера режима (процесс «ПНГС-1», режим «1»). Порядок и правило настройки процесса на режим определяется событийной моделью процесса (табл. 1).

Настройка процесса на режим 1 описана в строке 1 табл. 1. При интерпретации строки системой управления выполняется последовательная подача команд на изменение состояния агрегатов, обозначения которых указываются в шапке таблицы. Например, по инструкции ПНГС-1.1 выполнится последовательность команд: задвижку 5н открыть, задвижку 68н закрыть, клапан КлН-1 оставить без изменения и т. д. Эта последовательность будет соответствовать настройке сепаратора на режим заполнения.

Модель описывает возможные режимы процесса, состояния агрегатов занятых в этом процессе для каждого режима (MS), условия реализуемости режимов (МФ) и условия его функционирования (МЧ).

Интерпретацию событийных моделей и исполнение команд выполняет специальная программная система в составе АСУ.

Таблица 1

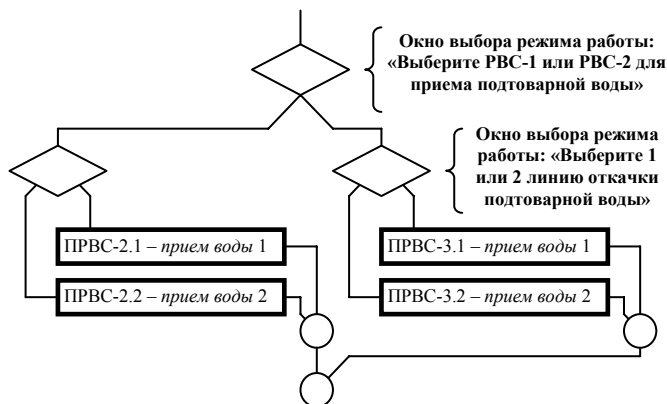
Модель процесса ПНГС-1. Нефтегазосепаратор НГС-1

	S	5н	68н	8н	10н	КлН-1	3г	НГС-1	
MS	1	отк(2)	закр(1)	закр(1)	~	~	отк(1)	~	заполнение сепаратора
	2	~	закр(1)	закр(1)	отк(1)	~	~	~	регулирование
	3	закр(1)	отк(3)	закр(1)	~	~	закр(2)	~	слив
	4	закр(1)	закр(1)	закр(1)	закр(1)	~	закр(1)	~	останов
МФ	1	$\beta$	закр	$\beta$ или закр	$\beta$	~	$\beta$	$\beta$ и НЕполн	
	2	$\beta$ и отк	$\beta$ и закр	$\beta$	$\beta$	$\beta$	$\beta$ и отк	$\beta$	
	3	$\beta$ или закр	$\beta$	закр	~	~	$\beta$ или закр	$\beta$ и НЕпуст	
	4	~	~	~	~	~	~	~	
МЧ	1	отк	~	отк	~	~	~	$\beta$ и НЕполн	
	2	отк	закр	закр	отк	~	отк	НЕполн	
	3	закр	отк	закр	~	~	закр	НЕпуст	
	4	закр	~	закр	~	~	закр	~	

В момент выполнения позиций сценария (обозначенных ромбом), в которых требуется решение управляющего персонала, на экране показываются всплывающие окна с запросом выбора режима или направления потока материала. В соответствии с типом диалога (типы определены в пп. 1.2 и 3) запрос жестко определяет роль человека в данный момент как лица, ответственного за принятие решения по выбору конфигурации ТП; поэтому такой за-

прос может быть адресован только полномочному лицу и фиксируется в журнале событий. В данном случае принять решение должен технолог объекта.

Этот пример показывает 4-ый тип диалога автоматизированной системы управления с персоналом — выбор конфигурации ТП.



**Рис. 10.** Фрагмент сценария с условными переходами по выбору персонала

На рис. 10 показан вариант альтернативного выбора резервуара (РВС) для приема подтоварной воды. Здесь «ПРВС-2.1» — команды системе исполнения на установку режима объекта управления. Позиции условия (обозначаются ромбом) нагружаются максимальным временем отклика и решением по умолчанию так, что автоматически выбирается заранее выбранное по умолчанию решение, если персонал не ответил в течение этого времени.

Для каждого режима установки или процесса известны критические события, наступление которых происходит при определенных условиях, по обнаружению этих условий требуется выполнить соответствующие действия в управлении ТП. Событийные модели установок и процессов содержат наборы таких условий и действий по ним, которые задаются в секвенциальной форме: *условие* → *действие*.

*Условием* является логическое выражение, аргументами которого могут быть параметры и уставки технологического процесса, состояния оборудования, фазы и состояния моделей ТП, а также накопленные знания о ходе технологического процесса.

*Действиями* в секвенциях являются команды управления агрегатами, моделями процессов или персоналом.

В момент активизации режима или запуска процесса соответствующие секвенции добавляются в лист мониторинга. Лист мониторинга является единым для всех активных процессов списком условия критических событий и реакции на них. Он непрерывно просматривается при работе, и когда какое-либо условие становится истинным, выполняется соответствующее действие (реакция), требующееся для данного процесса в этот момент. При остановке процесса, его секвенции удаляются из листа мониторинга, а при смене режима происходит замена секвенций.

В табл. 2. показан перечень условий критических событий и действий — реакции на них для процесса НГС-1, предназначенный для добавления в общий лист мониторинга.

Таблица 2

ЛМНГС-1 — Лист мониторинга. Нефтегазосепаратор НГС-1

S	Условия	Действия
1	Давление на входе НГС-1 $> 4.5$ атм;	ТС14
	Давление в емкости НГС-1 $> 4.1$ атм;	ТС1_НГС-1
2	Давление на входе НГС-1 $> 4.5$ атм;	ТС14
	Давление в емкости НГС-1 $> 4.1$ атм;	ТС1_НГС-1
	Макс. уровень в емкости $> 3.2$ м	ТС2_НГС-1
3	Давление в емкости НГС-1 $> 4.1$ атм;	ТС1_НГС-1

Реакции здесь представлены обозначениями сценариев, которые вызываются при наступлении условий. Например, действие «ТС14» обозначает вызов технологического сценария ТС14, который осуществляет перераспределение входного потока жидкости между нефтегазосепараторами при превышении заданного давления на входе.

На рис. 11<sup>iii</sup> (на с. 132–133) показан пример технологического сценария запуска дожимной насосной станции.

Технологический сценарий предназначен для выполнения определенной задачи управления объектом. Для каждой задачи созда-

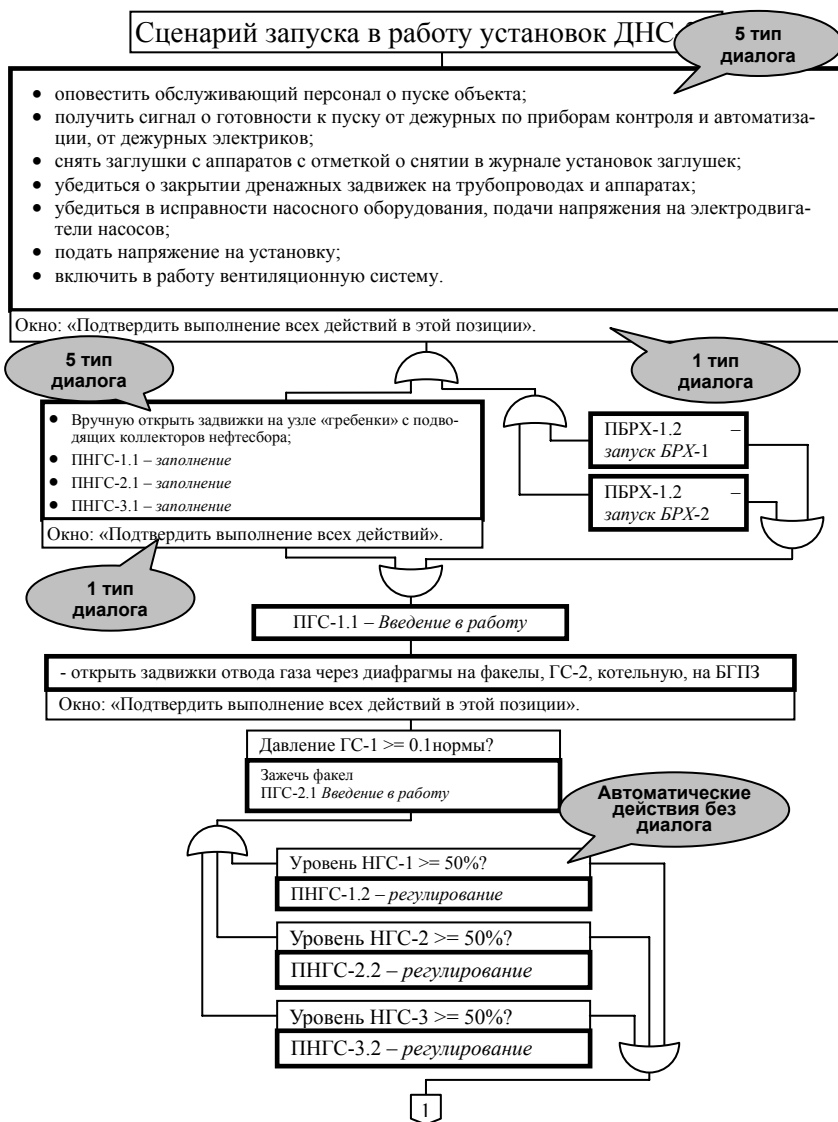


ется свой сценарий достижения цели, который на уровне управления заранее описанными моделями процессов и установок шаг за шагом формирует требуемую структуру и режим работы производственного объекта. Сценарий производит настройку необходимых режимов работы процессов и установок, руководит техническим персоналом для выполнения неавтоматизированных действий, подсказывает оператору о развитии ситуации при выборе им альтернативных команд. Технологию производства предоставляется множество сценариев соответствующих различным технологическим задачам. Из этого множества выбирается актуальный в данной ситуации сценарий и запускается на исполнение.

## 5. Заключение

Рассмотрено участие человека в системе управления технологическим процессом. Выделены роли человека и функции. Обозначена высокая степень влияния человеческого фактора на эффективность управления процессом. Предложен подход к созданию автоматизированной системы управления с введением нескольких типов диалога с персоналом, которые определяют его роль при управлении в каждый момент. Диалоги соответствуют уровням принятия решений и позволяют адресовать запросы по полномочиям. Такое распределение функций управления между персоналом позволяет повысить эффективность управления за счет ограничения человека в контуре управления в рамках только тех действий, которые от него ожидаются в конкретной ситуации. Рассмотрены инструменты построения подобной автоматизированной системы; предложено использовать *событийные модели* агрегатов и технологических процессов как локализованные алгоритмы управления структурой технологического объекта и *технологический сценарий* — как алгоритм достижения целей управления и реализации задач обеспечения технологии.

Технологический сценарий в сочетании с событийными моделями технологических процессов и оборудования предоставляет новые возможности автоматизации управления технологическим процессом: управление процедурой ведения ТП, автоматизированный контроль и управление деятельностью персонала, координация служб и технических работ на объекте, разграничение уровней управления с помощью персонализации интерфейсов.



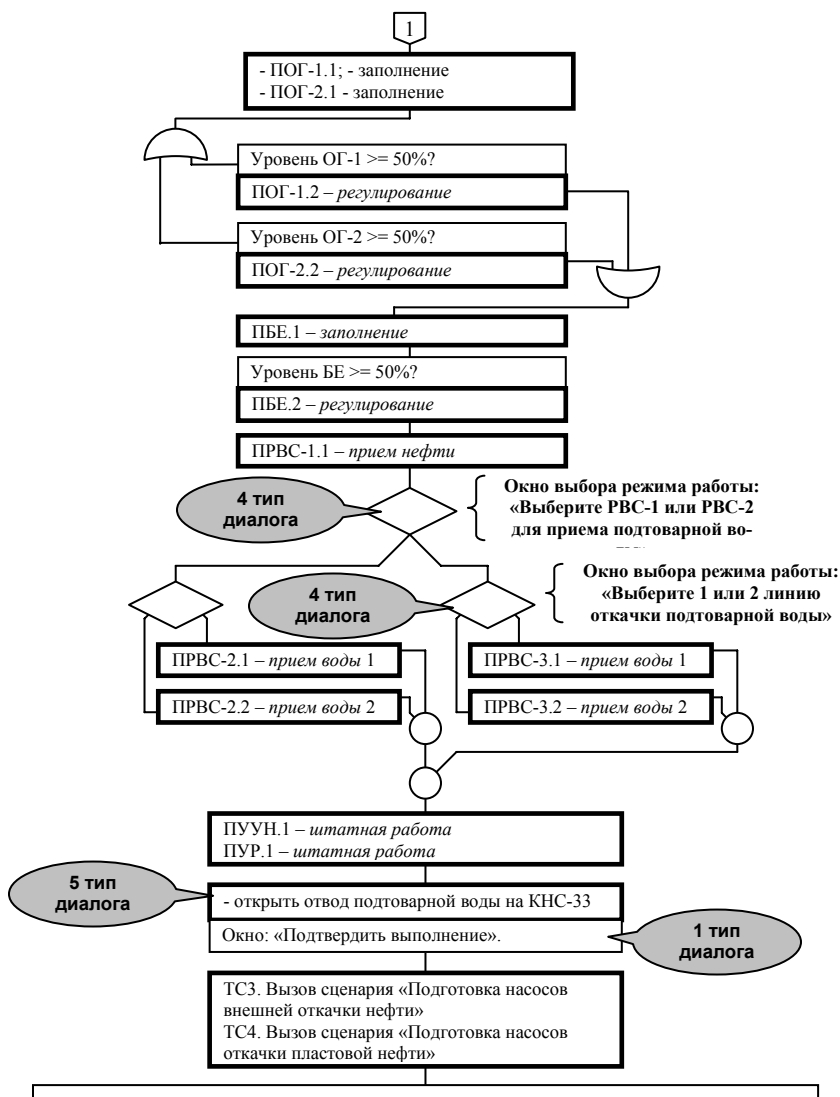


Рис. 11. Пример технологического сценария запуска дожимной насосной станции

## *Литература*

15. Труды сессии АН СССР по научным проблемам автоматизации производства. М.: АН СССР, 1957.
16. Энциклопедия современной техники. Автоматизация производства и промышленная электроника. М.: Советская энциклопедия, 1962.
17. *Прангишвили И. В., Амбарцумян А. А.* Научные основы построения АСУ ТП сложными энергетическими системами. М.: Наука, 1992.
18. *Прангишвили И. В., Амбарцумян А. А.* Основы построения АСУ сложными технологическими процессами. М.: Энергоатомиздат, 1994.
19. [www.scada.ru](http://www.scada.ru)
20. *Амбарцумян А. А., Казанский Д. Л., Бунько Е. Б.* Методика оценки функциональности действующих АСУ ТП (на примере объектов одной ВИНК) // Труды научного симпозиума РАЕН «Системные проблемы качества, надежности и безопасности информационных систем», г. Сочи, 2002.
21. *Прангишвили И. В., Амбарцумян А. А.* и др. Анализ состояния и предложения по повышению уровня автоматизации энергетических объектов // Проблемы управления. 2003. № 2.
22. *Амбарцумян А. А., Казанский Д. Л.* Управление технологическими процессами на основе событийной модели. Ч. I и II, // *АиТ* № 10, 11; 2001.
23. *Прангишвили И. В.* Энтропийные и другие системные закономерности. М.: Наука, 2003.

## *Сведения об авторах:*

Амбарцумян Александр Артемович — доктор технических наук, заведующий лабораторией Института проблем управления РАН, 334-87-89, [ambar@ipu.rssi.ru](mailto:ambar@ipu.rssi.ru)

Браништов Сергей Александрович — аспирант Института проблем управления РАН, 334-93-70, [branishtov@mail.ru](mailto:branishtov@mail.ru)

# Учет человеческого фактора при обеспечении надежности человеко-машинных систем

---

*В. М. Бабилов,  
И. М. Панасенко*

Описаны особенности задачи учета человеческого фактора в обеспечении надежности и безопасности человеко-машинных систем. Представлены некоторые результаты работы авторов по проблеме анализа и оценки влияния человеческого фактора в работе операторов человеко-машинных систем. Дан краткий обзор возможностей математического аппарата Байесовых доверительных сетей (BBN) в решении ряда практических задач, таких как предсказание надежности человека-оператора.

## **1. Введение**

Советской психологической наукой отождествлялись термины «эргономика» и «человеческий фактор» (ЧФ), в том понимании как последний трактуется в США [1], то есть применительно к человеко-машинным системам (ЧМС) в целом. Наличие предлога «в» ('in') в контексте конкретизирует вид рассматриваемых ЧМС, например, «ЧФ в производственных системах» — Human Factors in Manufacturing. В советских СМИ и в рамках научных исследований с привлечением достижений других наук (экономика, социология, социальная психология и пр.) или научных направлений и методов (исследование операций, теория игр, экспертные оценки и пр.) термин ЧФ трактовался шире и не предполагал обязательного наличия машинного компонента в рассматриваемой системе. В то же время в [1] приводится тривиальный пример того, что наличие кофеварки

или тостера на кухне субъекта еще не делает кухонную систему человеко-машинной.

Бурное развитие вычислительной и телекоммуникационной техники превращает преобладающее множество систем с участием человека в ЧМС; ЧМС интегрируются в большие распределенные системы. Человек-оператор (ЧО) современных ЧМС работает, как правило, в тесном содружестве не только с другими ЧО, но и с интеллектуальными программами и устройствами. Появляются новые синтетические научные и инженерные направления для проектирования, создания и эксплуатационной поддержки таких систем, например, направление *Humaneering*, разрабатываемое для оптимизации организации распределенных ЧМС. Системы типа «умный дом», в которых вся домашняя инженерная инфраструктура, включая энерго- и тепло-обеспечение, водоснабжение, кондиционирование, телевизионную и аудио аппаратуру и пр., управляется компьютером с возможностью дистанционного диспетчерского вмешательства человека, уже претендуют на роль полноценной современной ЧМС. Часть компьютерных игр готовит детей к участию во взрослой непрерывно развивающейся ЧМС-среде. Недаром молодые американские солдаты, принимавшие участие в боевых действиях последнего десятилетия, в интервью сравнивали свои действия на современных пунктах управления боевыми средствами с игрой на компьютере. Изменившаяся роль человека отразилась и в изменении названия ряда международных научно-организационных мероприятий, где вместо словосочетания ‘man-machine’ стало употребляться — ‘human-machine’. Словосочетание ‘man-machine’ в названиях научных журналов сохраняется скорее как брэнд.

Сформировавшаяся на базе инженерной психологии, эргономика (ЧФ), главным образом, ориентирована на решение прикладных задач оптимизации разработки безопасной и эффективной эксплуатации ЧМС. Естественно включать человека, как активное звено в контур управления объектом, доверяя ему оперативное решение сложных задач.

В [2] достаточно подробно отражена роль ученых ИПУ за 65 лет его существования в исследованиях по проблеме ЧФ как в узком (эргономическом), так и в широком понимании этого термина. Среди имен крупных ученых Института по праву названо имя доктора технических наук, профессора Д. И. Агейкина. «Одним из первых он обратил внимание на важность учета свойств человека-оператора,

работающего с аппаратурой контроля...» [2]. Авторам данной статьи посчастливилось начать работать в лаборатории под руководством Д. И. Агейкина по тематике «Человек в системе контроля» еще в 70-е годы прошлого века. Работы по тематике ЧМС продолжают по сей день. В статье изложены некоторые результаты совместной работы авторов по проблеме анализа и оценки влияния человеческого фактора в работе операторов человеко-машинных систем. Дан краткий обзор возможностей математического аппарата Байесовых доверительных сетей (BBN).

## **2. Специфика учета ЧФ в обеспечении безопасности**

Одним из важных компонентов решения проблемы обеспечения безопасного и эффективного функционирования крупных автоматизированных объектов является учет влияния человеческого фактора. Опыт эксплуатации человеко-машинных систем, таких, например, как АЭС, выявил важность этой проблемы уже на уровне индивидуального действия человека-оператора, которое может явиться как фактором, предотвращающим или смягчающим инцидент (то есть событие со значительными негативными последствиями), так и прямой причиной возникновения или усугубления опасной ситуации на управляемом объекте.<sup>1</sup> Вклад действий человека в надежность свойства объекта особенно существенен в режимах отклонения от нормального функционирования, в критических, единичных, по сути, аварийно опасных ситуациях [3]. Вследствие специфических особенностей возникновения аварийно опасного события из-за действий человека-оператора оценка надежности системы и риска возникновения такого события, как

---

<sup>1</sup> Громадная цена непреднамеренного или намеренного действия (совокупности действий) человека на аварийно опасном объекте, приводящего к катастрофическим последствиям (Три-Майл Айленд, Чернобыль, Бхопал и т. д.) в последние годы (с образованием МЧС) оформилась в черный юмор: «От ЧМС до МЧС один шаг», в котором сконцентрировано скептическое отношение многих специалистов к перспективе оперативного участия человека в управлении опасными производствами и объектами. События 11 сентября 2001 года вывели угрозу технологического терроризма из разряда потенциальных маловероятных событий в состоявшуюся катастрофу.

правило, не может быть проведена в прямом соответствии с известными методами оценки надежности технической составляющей системы.

Анализ ошибок, неизбежно возникающих в процессе работы человека-оператора, требует учета множества факторов как объективных, так и субъективных, влияние части которых точно не определено и трудно для объективной оценки (рис 1). Источники ошибок могут быть несопоставимы, относительный вклад различных факторов зачастую неизвестен или спорен, и количественная оценка его затруднена.

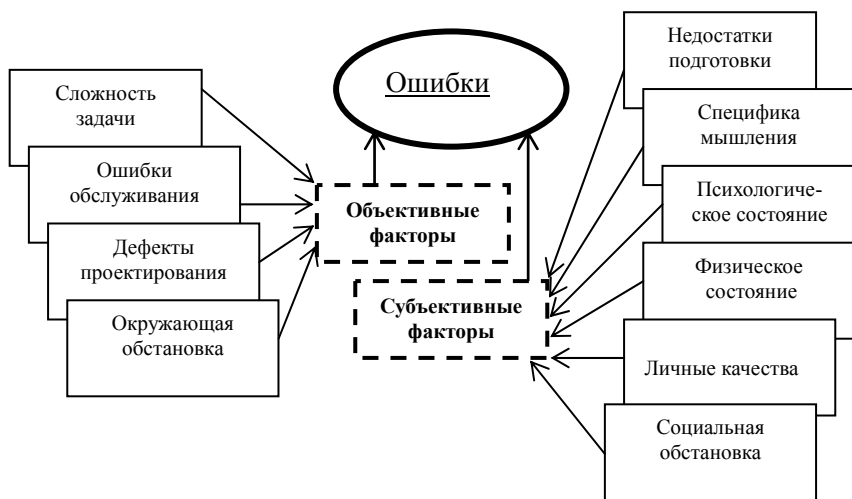


Рис. 1. Факторы, влияющие на качество работы оператора

В этих условиях особенно значимыми становятся мнения экспертов, их возможности составлять целостное представление о событии и, на базе собственных суждений, получать важные заключения и составлять прогнозы, а также возможность учитывать уникальные события.

### 3. Байесовы сети

Высокая цена ошибок человека-оператора требует учета данных о неординарных ошибках оператора, числа которых бывает



недостаточно для получения корректных статистических оценок. В таких случаях паллиативом выступает применение Байесовых доверительных сетей<sup>2</sup> — Bayesian Belief Networks (BBN). Используются и другие названия сетей BBN: Belief Networks, Causal Probabilistic Networks, Causal Nets, Graphical Probability Networks, Probabilistic Cause-Effect Models, Probabilistic Influence Diagrams [4, 5]. BBN — ориентированный граф без циклов, вершины которого представляют ряд событий с указаниями возможных «ценностей» или «состояний» переменных, характеризующих эти события. Дуги, соединяющие вершины, отражают статистическое или вероятностное влияние ценностей (характеристик, параметров) одних вершин на ценности других вершин. Требование отсутствия циклов существенно, так как вследствие бесконечной рекурсии для графов с циклами в общем случае нет корректной схемы проведения вычислений.

Для формирования характеристик вершин сети используются взаимно исключающие и исчерпывающие гипотезы, являющиеся конфигурацией возможных состояний переменных, влияющих на данную вершину. Каждой вершине приписывается таблица условных вероятностей гипотез. Если данные об условных вероятностях гипотез отсутствуют, то в первоначальном варианте они считаются равновероятными.

На рис. 2 [8] приведен фрагмент принятого представления графа для предсказания надежности ЧО. Вершины графа обозначаются овалами. Цифры в прямоугольниках являются результатами расчетов и указывают, с какой вероятностью значения параметров, характеризующих соответствующие вершины, отвечают предъявляемым к ним требованиям.

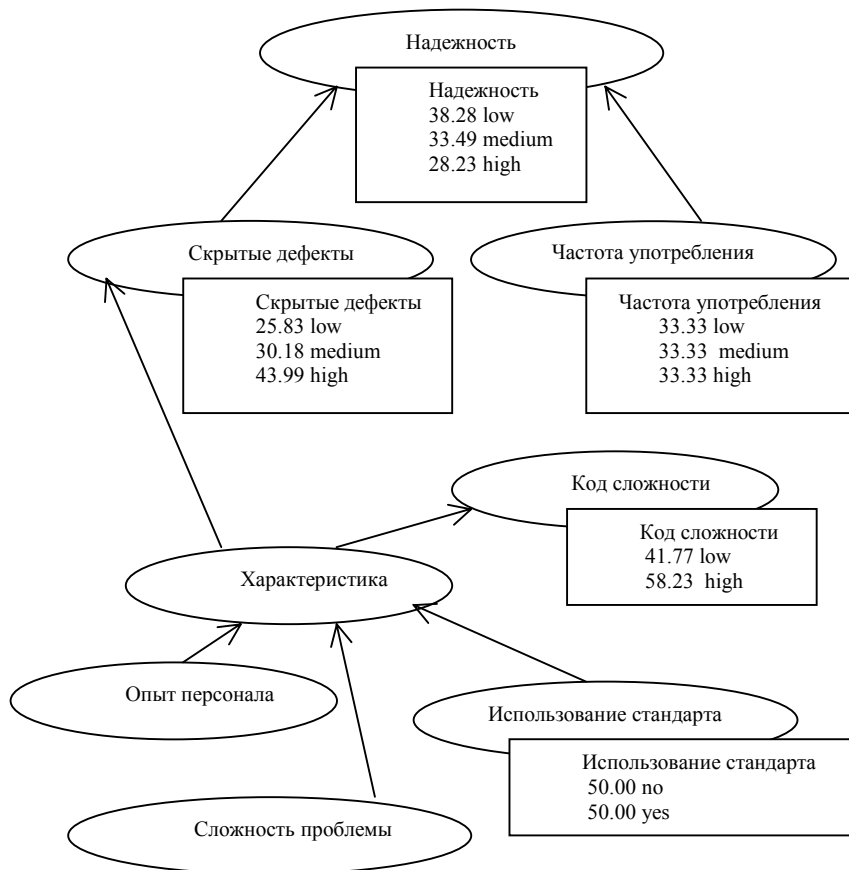
Например, по предварительной оценке надежность исследуемой системы может быть высокой с вероятностью не более 0,38.

Согласно [7] сети, в которых используются ориентированные графы без циклов, обычно применяются, чтобы обеспечить:

- 1) некоторую экономичную схему для представления условно независимых предположений;
- 2) графический язык для представления причинно-следственных связей.

---

<sup>2</sup> Встречающийся в литературе перевод «сети доверия» представляется нам не вполне удачным из-за закрепившегося за этим переводом термина Web of Trust.



**Рис. 2.** Фрагмент BBN для предсказания надежности ЧО (исходное состояние)

Методология BBN позволяет создать практичный и приемлемый метод оценки, использующий формализмы для объединения объективных фактов с модельными данными, мнениями экспертов и единичными наблюдаемыми фактами. Разрабатываются и удобные программы (редакторы и инструментальные средства), с помощью которых можно графически и таблично представлять такие сети и связанные с ними матрицы вероятностей и выполнять необходимые расчеты [6].

Использование технологии BBN актуально в тех случаях, когда количественные оценки являются лишь первым приближением к

проблеме. Обычно модель используется BBN для ответов на вопросы о распределении целевых переменных, обусловленных специфическими оценками ряда причинных переменных. В зависимости от преследуемой цели исследования для одного и того же объекта могут быть построены сети различной конфигурации.

Для различных типов анализа наиболее важна задача исправления характеристик (свойств) вершин в свете актуальных наблюдаемых событий. Выводы или модельная оценка — это процесс модернизации вероятностных результатов, базирующийся на взаимоотношениях в модели и очевидных знаний ситуации из первых рук. Математический механизм производит модернизацию вероятностей всех других переменных, связанных с переменной, представленной новыми сведениями. Модернизированные вероятности отражают новые уровни доверия ко всем возможным выходам модели.

Наибольший интерес для использования BBN представляют системы, необратимо меняющиеся в результате каждого эксперимента. Этими свойствами обладают многие биологические и социальные системы, что делает их вероятностное моделирование классическими методами проблематичным.

В настоящее время показана полезность применения BBN в таких областях как, статистическое планирование, экономика, финансы, генетика, диагностика заболеваний человека и диагностика механических повреждений. Решаются различные проблемы в различных областях: электроэнергетике, авиации, морском флоте, сельском хозяйстве, медицине и пр. Большое внимание уделяется применению этой методологии в оценке надежности программного обеспечения.

Надежность таких ЧМС во многом определяется мерой ошибочных действий ЧО. Необходимы новые методы оценки надежности, учитывающие этот факт [9, 10, 11]. Авторами решалась задача создания BBN для оценки вероятности безошибочной работы ЧО, управляющего сложным технологическим объектом, и тем самым определения его профессиональной надежности, как решения части общей проблемы оценки надежности ЧМС.

Традиционные методы оценки надежности систем безопасности в значительной мере основаны на «инженерных суждениях», в которых не используются многие свидетельства, исторические или часто повторяющиеся данные, а полагаются на опыт в хорошо зна-

комых областях и на прошлые случаи. Случаи формируют основную стратегию, однако количественные данные о нарушениях и оценка надежности не используются. Существенно, что в традиционных методах не учитываются наложения событий.

Стороннему наблюдателю трудно проанализировать, каким образом получены результаты, и повысить свое доверие к выводам. Более того, то, что очевидно экспертам, недостаточно для вынесения диагноза. Возникла необходимость ввести в систему оценки безошибочности работы человека наряду с количественными оценками неточно определенную аргументацию и возможность учитывать единичные события.

Сеть дает возможность учета новых эксплуатационных, экспериментальных и модельных данных, касающихся ошибок человека, а также всех возможных причин этих ошибок; обеспечивает комбинацию оценок различного характера и надежности; вводит научную строгость в предсказания событий, базирующихся на субъективных или нечетких данных.

## **4. Анализ ошибок ЧО**

Одним из основных этапов оценки надежности ЧО становится выявление и анализ его ошибок и их причин.

Существенно, что в свете поставленной задачи необходимо рассматривать не правовую, а содержательную сторону ошибок, что значительно расширяет понятие «ошибки».

При таком подходе целесообразно воспользоваться предложенным авторами определением понятия «ошибка», представляющим расширенный вариант определения, данного М. А. Котиком и А. М. Емельяновым [12]. Ошибка — это любое неправильное действие (неважно, исправленное ли в ходе инцидента) или отсутствие действия, если под таковым понимать не только моторные действия, но и перцептивные и мыслительные акты. Причем отсутствие действий («ошибка невмешательства») включает как пропуск регламентированных действий, так и бездействие оператора, в тех случаях, когда его вмешательство могло бы быть полезным, правила такого вмешательства не заданы, но могут быть определены самим оператором исходя из знания объекта («поведение, основанное на знаниях» [3]).

Сложность фиксации и идентификации ошибок человека, многообразие ошибок, определяется как уникальностью инцидентов, которые зачастую являются результатом наложения на технические неисправности нескольких различных ошибок человека, так и многообразием возможных причин ошибочных действий оператора. К тому же внешне одинаково выраженные ошибки могут быть результатом различных причин. Так как ошибки специфичны и индивидуальны, огромное значение приобретает анализ каждого конкретного случая. Существенен сбор данных, сведений, оценок, мнений непосредственно после инцидента с привлечением всех участников, когда есть надежда, что сведения и мнения не искажены (замутнены) последующими событиями.

Основой построения сети является предложенная авторами методология фиксации и идентификации ошибок оператора непосредственно после инцидента, а так же сбор информации обо всех доступных внешних и внутренних факторах, которые могут по отдельности или в сочетании стать причиной ошибок оператора [13, 14, 15]. В зависимости от преследуемых целей для одного и того же исследуемого объекта могут быть построены сети различной конфигурации. Система предполагает последовательное пошаговое описание и оценку как действий оператора, так и всех возможных факторов, определяющих качество его деятельности, позволяющих выяснить причины ошибок ЧО. Система рассчитана на опрос непосредственных участников инцидента, наблюдателей и экспертов. Сформулированы (рис. 3) и организованы в виде таблиц анкеты для извлечения сведений, которые необходимы для дальнейшего анализа ситуации. Тем самым анализируется субъективное отражение происходящего в сознании оператора и наблюдателей, в попытке «объективизировать» картину.

На этой основе строится BBN для оценки вероятности ошибок оператора. Устанавливаются все переменные, характеризующие исследуемую систему, их состояния и связи, которые могут быть причинами изменений в моделируемой системе. Объективные и субъективные факторы, определяющие качество работы оператора (рис. 1), разделяются на «постоянные» и «переменные». Влияние «постоянных» факторов (ошибки обслуживания, недостатки подготовки, специфика мышления человека, личные качества оператора) может быть оценено априорно и остается неизменным в течение

ситуации. Значимость «переменных» факторов может меняться с появлением события, и должна быть оценена, в частности, по предлагаемой авторами методике сбора информации непосредственно после события.

При построении сети наряду со строгими статистическими данными в большой мере используются неточные оценочные сведения, полученные в результате экспертиз, интервью с пользователями и наблюдателями.

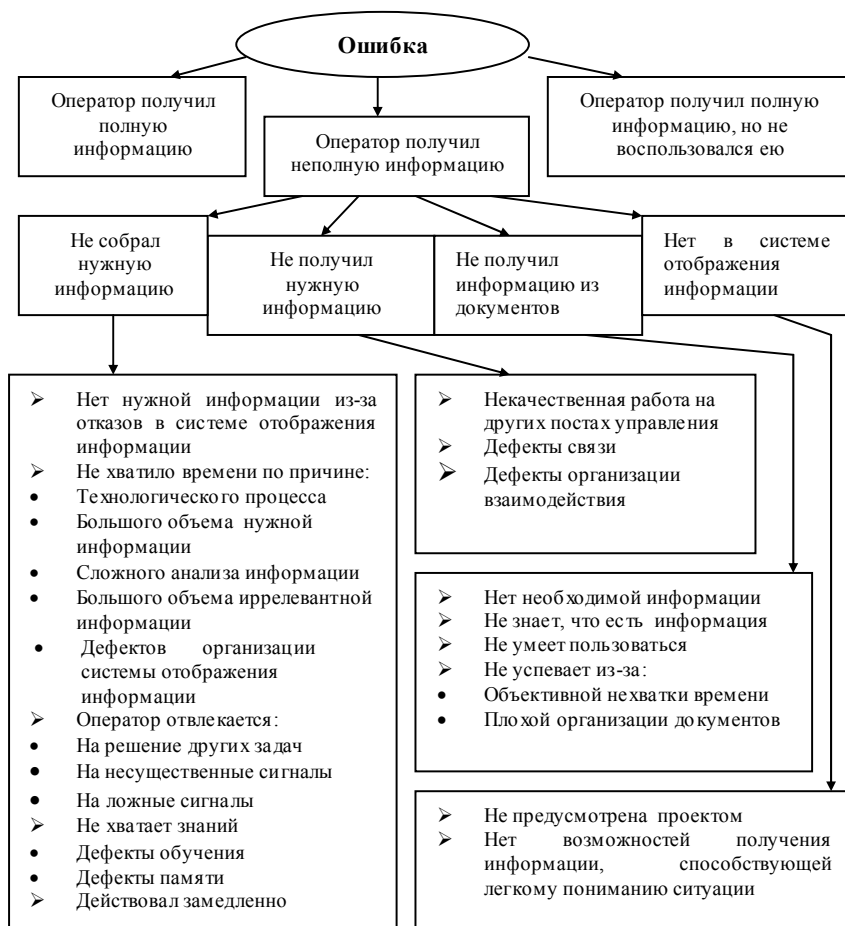


Рис. 3. Причины ошибок операторов при диагностике событий (фрагмент)

Некоторые данные обеспечиваются модельными исследованиями. Авторами на основании большого экспериментального материала разработана расчетная модель, позволяющая получить по данным нормативного алгоритма априорные оценки времени диагностики и принятия решения операторами, работающими с системами представления информации [16, 17, 18].

Предлагаемая расчетная модель дала основания для пересмотра и коррекции существующих методов оценки безошибочности работы операторов. В частности были внесены изменения в распространенную модель оценки воздействия ограничений во времени на вероятность ошибок оператора при выполнении задания [19]. Был скорректирован процесс принятия решения на высшем когнитивном уровне, при котором происходит непрерывное распознавание ситуации и строятся стратегии контроля и управления.

Можно воспользоваться сведениями, полученными на аналогичных объектах. Но в этих случаях особенно важно точное определение вида (характера) допущенной ошибки, описание причин ошибки и сопутствующих обстоятельств.

Значения некоторых усредненных субъективных факторов, не зависят от конкретной области деятельности человека и могут быть получены из других областей. Например, такие как влияние на процесс принятия решения усталости, стресса, мотивации, социального давления. Достаточно объективные оценки некоторых из этих факторов могут быть получены с помощью психологических вопросников. Например, общая способность и точность/концентрация измеряется шкалой интеллектуальных способностей; способность к ведению дискуссии и вынесению суждений — по траектории шкал управления; знания области и задачи — созданием простых тестов для специфической области/задачи.

Довольно часто известную сложность представляет заполнение таблиц условных вероятностей, тем более, что не всегда легко получить эти вероятности даже экспертным путем.

Установлено, что на основании суждений легче построить таблицы условных вероятностей, чем получить ответ на вопрос об общих вероятностях.

Проблемы, связанные с расчетом общего вероятностного распределения, называемого вероятностным выводом, представляют

слабое место BBN. В ситуации, когда эффект потенциально предопределяется рядом причин, получение вероятностных характеристик и выводов может оказаться трудно выполнимым, если и невозможным. Эти проблемы могут быть в какой-то мере разрешены (упрощены) использованием методов декомпозиции, например, разбиением сети на более крупные блоки, минимально зависящие друг от друга, и имеющие только один выход, так как далеко не всегда возникает необходимость производить пересчеты в каждом блоке. В некоторых случаях бывает рационально изменить порядок причин [20].

Наш опыт показал, что модель BBN, построенная с целью оценить вероятность безошибочной работы человека-оператора представляет весьма сложную и запутанную сеть с множеством вершин и циклических связей [9]. Удобнее разделить сложную сеть на ряд более простых сетей. В нашем случае, когда в сеть поступают новые данные, полученные на основании анализа конкретной ситуации и выводов о типе и причинах ошибок, рационально построить отдельные сети для различного типа ошибок. Например, можно выделить три типа ошибок диагностики: оператор получил и собрал полную (достаточную) информацию, но сделал ошибочный вывод; оператор получил полную информацию, но не воспользовался ее и допустил ошибку; оператор не получил достаточную информацию. Но и тогда сети остаются довольно сложными и требуют дальнейшего упрощения.

Можно воспользоваться техникой «разделения», позволяющей существенно сократить таблицы условных вероятностей. Для этого в сеть вводятся дополнительные гипотетические вершины как, например, вершина «психофизиологическое состояние», поглощающая вершины: «психическое состояние» и «физиологическое состояние». До введения такой гипотетической вершины таблица вершины «не использовал знания» будет иметь 81 позицию, то есть необходимо будет рассмотреть 81 гипотезу. С введением гипотетической вершины количество позиций в этой таблице уменьшится до 27. Общее же число гипотез уменьшится до 45 [10].

Для того чтобы избавиться от циклов, то есть возможностей прийти к одной и той же вершине различными путями, можно провести искусственное разделение вершины таким образом, чтобы каждый из возможных путей просчитывался отдельно.



## 5. Заключение

Практические возможности математического аппарата BBN весьма разнообразны. Одна из основных ролей модели BBN — позволить создателю модели при анализе использовать обобщенные знания и знания, полученные из реального мира, извлекать данные из безусловных и нетривиальных знаний.

Описывая все возможные выводы, касающиеся доверия, BBN может разъяснить некоторые из обычных ошибок (заблуждений) в выводах, полученных на основании ложного понимания вероятности.

Посредством применения BBN эффективно решаются проблемы диагностики некоторых видов программного обеспечения, неисправностей оборудования, например, принтера и пр. Технология BBN дает возможность:

- оценить, какие свидетельства в пользу тех или иных гипотез являются наиболее важными, то есть, какие переменные в наибольшей степени влияют на ситуацию;
- составить список таких переменных и ранжировать их по степени важности;
- создать упорядоченный список шагов, наиболее эффективно приводящих к ясному диагнозу (например, список вопросов, которые должны быть заданы при анализе ситуации);
- выявить те переменные, которые не дают оснований для выводов.

Определенный вклад использование модели BBN может внести в стратегии предотвращения аварий. Так BBN позволяет:

- выявить наиболее слабые или неудобные для эксплуатации звенья технического объекта, системы, информационного обеспечения;
- обнаружить и тестировать редко встречающиеся нарушения, ставка которых может быть весьма высока;
- усовершенствовать оценки надежности;
- проверить соответствие вероятности нарушений требуемой вероятности;
- улучшить надежность за счет использования разнообразия в проектировании;

- установить доверие к частным системам из прошлого опыта на других системах;
- дать предсказания при неполных (несовершенных) свидетельствах.

Метод дает числовые оценки для сравнения стратегий безопасности и позволяет:

- составить рекомендации по управлению аварией, направленные на уменьшения риска перерастания опасного развития инцидента в тяжелую аварию;
- создать всевозможные планы ремонта.<sup>iv</sup>

Все это может быть рассмотрено с позиции «стоимость — выгода», или, в отсутствии «стоимости», — «ценность информации — выгода».

Байесова интерпретация — это вероятностное описание степени доверия, которой наблюдатель может придерживаться, в том, что некоторый установленный факт верен. Новые данные после наблюдения исхода «эксперимента» модернизируют это доверие. Не стоит забывать, что получаемые числовые результаты — не более чем тщательно представленное доверие экспертов.

## Литература

1. Человеческий фактор: В 6 т. Т. 1 Эргономика — комплексная научно-техническая дисциплина / Пер. с англ. Ж. Кристенсен, Д. Мейстер, П. Фоули и др. М.: Мир, 1999.
2. Институту проблем управления им. В. А. Трапезникова — 65 лет / Под ред. И. В. Прангишвили. М.: ИПУ, 2004.
3. Бабилов В. М., Панасенко И. М. Роль человеческого фактора в обеспечении безопасности АЭС // Атомная техника за рубежом. 1989. № 12. С. 3–10.
4. Терехов С. А. Введение в байесовы сети // Научная сессия МИФИ-2003. V Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2003»: Лекции по нейроинформатике. Ч. 1. М.: МИФИ, 2003. С. 149–185.
5. Yangyang Yu, Barry W. Johnson. Bayesian Belief Network and Its Applications. Technical Report UVA-CSCS-BBN-001, Draft, May, 20, 2002.
6. Bayesian Belief Networks,

7. [http://www.agena.co.uk/bbn\\_article/bbns.html](http://www.agena.co.uk/bbn_article/bbns.html).
8. Pearl J. From Bayesian networks to causal networks. // In: Probabilistic Reasoning and Belief Networks, Edited by Gammernan A., Alfred Walter Limited, Publishers, 1995. P. 1–31.
9. <http://research.microsoft.com/adapt/MSBNx/>
10. Панасенко И. М., Бабилов В. М. Применение байесовых сетей для анализа ошибок человека-оператора, 11-я Международная конференция по проблемам управления, Москва, Россия, декабрь 2002. ИПУ РАН.
11. Панасенко И. М., Бабилов В. М. Применение байесовых сетей к оценке надежности оператора, Международный симпозиум «Измерения важные для безопасности реактора», Москва, Россия, 2003, ИПУ, РАН.
12. Панасенко И. М., Бабилов В. М. Учет разнородных факторов в оценке надежности человека-оператора. Труды ИПУ РАН. Т. XXIV. М., 2004. С. 123–133.
13. Емельянов А. М., Котик М. А. Ошибки человека-оператора. (Психологический и кибернетический аспекты). М.: Знание, 1988.
14. Панасенко И. М., Бабилов В. М. Фиксация и идентификация ошибок человека-оператора. Труды Международной конференции «Идентификация и проблемы управления», Москва, 26–28 сентября, 2000 г., ИПУ. С. 761–775.
15. Panasenکو I., Babikov V. Identification of human-operator errors and the task of intelligent agents. In Proceedings of 2nd Workshop on agent-Based Simulation, April 2–4, 2001. Passau, Germany. P. 143–148.
16. Panasenکو I., Babikov V. Safety of industrial production systems and identification of human errors. 10th IFAC Symposium on information Control Problems in Manufacturing INCOM 2001, hpreprints volume, Vienna, September 20–22, 2001, Vienna University of Technology, Austria.
17. Бабилов В. М., Панасенко И. М. Оценка времени принятия решений человеком-оператором // Приборы и системы управления. 1994. № 11. С. 52.
18. Панасенко И. М., Бабилов В. М. Коррекция оценок временных затрат и надежности процесса принятия решения человеком-оператором // Психологический журнал. 1996. Т. 17. № 2. С. 56–63.
19. Бабилов В. М., Панасенко И. М. Расчетная модель оценки времени принятия решения оператором, Труды ИПУ РАН «Принятие решения при управлении сложными объектами: системы, методы, алгоритмы», М., 1997. С. 76–97.

20. *Hannaman G. W.* Some developments in human reliability analysis approaches and tools. // Reliability Engineering and System Safety. 1988. Vol. 22. P. 235–256.
21. *Heckerman D., Breese J. S.* Causal Independence Probability Assessment and Inference Using Bayesian Networks // IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics. Part A: System and humans. Vol. 26. No. 6. November 1996.

### ***Сведения об авторах:***

Бабилов Василий Макарович — кандидат технических наук, старший научный сотрудник ИПУ РАН, 334-89-51, vasmak@gmail.com, vasmak@ipu.ru

Панасенко Ирина Михайловна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник ИПУ РАН, 334-93-19, vz15@ipu.ru

# Человеческий фактор в задачах управления социальными и экономическими системами

---

*В. Н. Бурков,  
И. В. Буркова*

В качестве одного из существенных проявлений человеческого фактора выделена способность человека предъявлять системе управления ту модель своего поведения, которая наиболее соответствует его интересам. На примере задачи анализа и разработки налоговых систем демонстрируется, что главная проблема в задачах управления социальными и экономическими системами — это проблема согласования интересов управляющей системы и управляемого объекта (человека, коллектива людей, предприятия, региона и т. д.).

Наука управления сравнительно недавно занялась задачами, в которых объектом управления является человек или система, включающая людей (организационная система). И сразу же возник вопрос, чем же отличается человек, как объект управления, от любой, даже самой сложной, технической системы?

Понятно, что количество таких отличий огромно, однако если попытаться учесть их все, сложность возникающих при этом задач делает невозможным получить какие-либо конструктивные результаты. Возникает необходимость выделить основные, существенные свойства, делающие поведение человека отличным от поведения технического объекта. Совокупность этих, наиболее существенных, свойств была положена в основу теории активных систем.

**Определение.** Человеческим фактором в системах управления называется совокупность свойств человека, как объекта управления, которая определяет его активное влияние на управляющую систему.

Заметим, что в паспорте специальности 05.13.10 «Управление в социальных и экономических системах» отмечено, что «отличительной чертой специальности является учет человеческого фактора, под которым понимается активное влияние объекта управления на управляющую систему». Попытаемся раскрыть более детально, благодаря каким свойствам и как человек осуществляет это активное влияние.

Во-первых, человек имеет свои цели (интересы, желания). Однако, в отличие от технического объекта, эти цели не задаются извне, а являются внутренней характеристикой человека.

Второй особенностью человека является наличие нескольких, существенно отличающихся друг от друга, моделей поведения. Если говорить о его производственной деятельности, то он может либо «ничего не делать» (одна крайняя модель), либо «рекорды ставить» (другая крайность). Можно возразить, что в технических объектах также возможны различные режимы работы (вроде бы, тоже различные модели), но дело в том, что человек обладает свойством сознательного выбора из этого множества моделей той, которая наиболее отвечает его целям в данной ситуации.

Безусловно, нам (управляющей системе) хотелось бы иметь ту модель человека, которая наиболее соответствует целям управляющей системы. Однако это принципиально невозможно, если сам человек этого не захочет. Действительно, есть два способа получения информации о модели поведения человека в некоторой ситуации. Первый, самый простой, это спросить его самого. Но очевидно, что человек сообщит управляющей системе ту модель, которая наиболее соответствует его целям, а не целям управляющей системы. При этом контроль его будущего поведения, сравнение с модельным и ввод штрафов при обнаружении несоответствия не поможет. Действительно, если человек захочет, его реальное поведение не будет отличаться от модельного.

Второй способ — наблюдать за поведением человека и на основе этих наблюдений идентифицировать его модель. Столь же очевидно, что, зная об этих наблюдениях и тех выводах, которые мы на их основе хотим сделать, человек опять же будет вести себя в соответствии с той моделью, которая наиболее соответствует его целям.

Где же выход?

Выход один — согласовать цели управляющей системы и объекта управления — человека.

Действительно, предположим, что цели управляющей системы и человека совпадают. В этом случае никакого управления не нужно, человек сам сделает то, что нужно управляющей системе. Таким образом, в задачах управления социальными и экономическими системами главная проблема заключается не в том, чтобы принять оптимальное решение на основе той модели, которую нам «подсунул» объект управления — человек, а в том, чтобы максимально согласовать (сблизить) цели управляющей системы с целями объекта управления. Приведем пример, иллюстрирующий сказанное.

В рыночной экономике в основном происходят два процесса — конкуренция и образование монополий. Монополистом быть выгодно, поскольку монополист имеет возможность продавать свою продукцию по максимальной цене, которую общество согласно заплатить. Обозначим эту цену  $L$  (можно назвать ее потребительской стоимостью продукта), а себестоимость продукта —  $C$ . Тогда прибыль монополиста

$$\Pi = (1 - a)(L - C),$$

где  $a$  — ставка налога на прибыль. Понятно, что при такой системе налогообложения монополисту выгодно «дешево производить и дорого продавать», получая сверхприбыль.

Для того чтобы ограничить возможности монополиста в получении сверхприбыли, была предложена другая налоговая система. Для монополиста вводилось ограничение на предельный уровень рентабельности  $\rho_{np}$ . Если рентабельность

$$\rho = \frac{L - C}{C},$$

где  $L$  — цена продукции, превышала предельный уровень, то вся прибыль сверх этого уровня изымалась в бюджет, а монополист штрафовался за нарушение предельного уровня. Очевидно, что в этих условиях монополисту не выгодно иметь рентабельность выше предельной.

Но есть другой способ (кроме снижения цены) сохранения предельной рентабельности — завышение себестоимости.

$$\frac{L - C}{C} = \rho_{np},$$

следовательно,

$$C = \frac{L}{1 + \rho_{np}}.$$

**Пример 1.** Пусть  $L = 1500$ , фактическая себестоимость  $C_{min} = 500$ ,  $\rho_{np} = 0,5$ ,  $a = 0,3$ . В первоначальной налоговой системе прибыль монополиста

$$\Pi = (1 - 0,3)(1500 - 500) = 700.$$

При введении предельного уровня рентабельности монополист может увеличить заявляемую себестоимость:

$$C = \frac{1500}{1 + 0,5} = 1000,$$

то есть, завязать ее в два раза. Заявляемая прибыль составит

$$\Pi = (1 - a)\rho_{np}C = 350.$$

Заявляемая прибыль уменьшилась, но общество ничего не выиграло, поскольку цена на продукцию по-прежнему осталась максимальной. Общество даже проиграло, поскольку отчисления в бюджет уменьшились. В данном случае монополист предъявил обществу «модель», в которой заявленная себестоимость продукта в два раза выше фактической.

Как же согласовать интересы общества с интересами монополиста? Как разработать налоговую систему, побуждающую монополиста и производить и продавать продукцию дешевле? Такая налоговая система, получившая название противозатратной, была разработана в Институте проблем управления [1]. Опишем ее основную суть. Сохраним для монополиста предельный уровень рентабельности, однако сделаем его гибким, то есть зависящим от себестоимости:

$$\rho_{np} = k \frac{L - C}{C},$$

где  $0 < k < 1$  — некоторый нормативный параметр. В этом случае цена продукции монополиста будет



$$Ц = (1 + \rho_{np})C = C + k(L - C),$$

$$П = (1 - a)k(L - C).$$

Для того чтобы, действуя легально, увеличить прибыль, монополисту выгодно уменьшить себестоимость до  $C_{min}$  (усилия по снижению себестоимости не учитываются). При этом он вынужден уменьшить цену до

$$Ц = C_{min} + k(L - C_{min}) < L.$$

**Пример 2.** Если взять данные из примера 1 и  $k = 0,5$ , имеем

$$Ц = 500 + 0,5(1500 - 500) = 1000,$$

$$П = k(L - C_{min}) = 500.$$

Мы видим, что цена уменьшилась в 1,5 раза, и это выгодно монополисту, действующему легально.

Подведем итоги.

Мы определили, что человеческий фактор это способность человека предъявлять системе управления ту «модель» своего поведения, которая наиболее соответствует его интересам.

Главная проблема в задачах управления социальными и экономическими системами — проблема согласования интересов управляющей системы и управляемого объекта (человека, коллектива людей, предприятия, региона и т. д.).

## *Литература*

1. Бурков В. Н., Новиков Д. А. Как управлять организациями. М.: Синтез, 2004. 400 с.

## *Сведения об авторах:*

Бурков Владимир Николаевич — доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией Института проблем управления, 334-79-00, vlab17@bk.ru

Буркова Ирина Владимировна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института проблем управления РАН, 334-79-00, irbur27@mail.ru

# **Проблемы субъективности в решении задач управления и прогноза, связанных с анализом временных рядов**

---

*Е. А. Гребенюк,  
М. Г. Логунов,  
О. А. Мамиконова,  
Л. А. Панкова*

В статье рассматриваются вопросы, связанные с процедурами анализа временных рядов наблюдений за процессами в социальных и экономических системах. Описывается предлагаемая авторами методология апостериорного и текущего анализа систем, описываемых временными рядами, в которых возникают изменения свойств. Методология представляет собой сложную разветвленную процедуру, включающую ряд алгоритмов статистической обработки. На отдельных этапах предлагаемой процедуры выбор очередной расчетной процедуры не может быть формализован и должен определяться человеком исследователем по результатам предыдущего этапа.

## **1. Введение**

Поведение огромного числа процессов описывается последовательностями наблюдаемых во времени значений, называемых временными рядами. Статистическое регулирование технологических процессов, мониторинг экологической обстановки, текущий контроль систем подвижных объектов, обнаружение сейсмических сигналов на фоне шума, оперативное выявление отказов агрегатов без остановки технологического процесса, интенсивное

наблюдение за тяжелобольными в клиниках — для решения этих и многих других задач необходимо проведение анализа временных рядов.

Целью анализа является построение моделей, адекватно описывающих процесс. Без знания модели процесса управление ситуацией невозможно, поэтому принципам и методам построения моделей уделяется большое внимание исследователей. Особый интерес вызывают исследования процессов в экономических и социальных системах, так как далеко не всегда экономическая и социологическая теории в состоянии описать и объяснить закономерности их поведения. Процесс построения адекватных моделей для таких систем затрудняется отсутствием возможности проведения экспериментов, подтверждающих возможность использования модели для решения поставленной задачи. Существуют пакеты программ, позволяющие автоматизировать процесс реализации статистических процедур: оценивание параметров модели и проверку статистических гипотез. Однако получение модели, адекватно описывающей исходный ряд наблюдений, во многом основано на знаниях, опыте, квалификации и интуиции исследователя, который определяет спецификацию модели, а также состав, последовательность применения и моменты окончания работы алгоритмических процедур, используемых для ее построения. Совокупность методов анализа связей между различными экономическими показателями (факторами) на основании реальных статистических данных с использованием аппарата теории вероятностей и математической статистики получило название эконометрики. Эконометрическая теория предполагает «изучение характеристик процесса генерирования данных, методов анализа экономических данных, методов оценки числовых величин параметров с неизвестными значениями и процедур проверки экономических гипотез» [1]. В результате развития эконометрических исследований на первый план выдвигается не столько разработка методов статистической обработки данных, сколько создание алгоритмических процедур анализа исходных процессов, позволяющих получить верную спецификацию модели. Вопросы, касающиеся требований, которым должна удовлетворять хорошая модель, обсуждаются в [1, 2].

Алгоритмические процедуры усложняются, если интервал, в котором получены наблюдения, используемые для построения мо-

дели, включает изменения свойств процесса, такие, что процесс переходит в качественно новое состояние, в котором описывается другой моделью. Если границы состояний (моменты перехода из одного в другое) не заданы априори, то встает задача их определения. Для практических задач важно уметь определять качественно различные состояния. Например, если речь идет о мониторинге показателей экономических циклов, то встает вопрос об определении периода подъема экономики, спада, кризисного состояния и пр. После того, как такие состояния определены, строятся их модели и алгоритмы анализа временных рядов, определяющие различия между состояниями. Существует значительное число алгоритмов, предназначенных для определения границ состояний, различающихся в зависимости от уровня априорной информации о процессе, свойств процесса, объема выборки и т. д. Известно, что применение различных алгоритмических процедур к одним и тем же процессам часто может приводить к разным выводам относительно числа состояний и моментов их изменения.

Таким образом, в процессе анализа временных рядов исследователю приходится определять: спецификацию модели, состав процедур статистической обработки, последовательность их выполнения, критерии завершения процедуры и перехода к следующей.

Проблема субъективности анализа реальных процессов связана, прежде всего, с тем, что

- свойства реальных процессов, описываемых одной и той же моделью, могут варьироваться в широких пределах;
- соответствие содержательной постановки задачи предлагаемому формальному математическому описанию является неформальным и определяется исследователем.

Например, в задачах мониторинга макроэкономических показателей, проводимого с целью обнаружения и прогнозирования спадов экономического цикла (кризисов и рецессий), требуется различать: стабильное состояние, подъем и спад. Эти состояния характеризуются набором различных показателей, величина которых варьируется в широких пределах и зависит не только от состояния цикла, но и от внешней ситуации, страны, периода и т. п. По наблюдениям за тестовым набором экономических показателей требуется построить модель, удовлетворяющую следующим требованиям:

- для набора макроэкономических показателей построенная по наблюдениям за ними модель определяет состояние цикла однозначно;
- состояние цикла, определенное моделью, должно соответствовать состоянию, определяемому экономической теорией.

Целью мониторинга макроэкономических показателей является построение такого набора моделей, при котором

- фаза экономического цикла любой страны или региона определяется однозначно;
- переход в другую фазу может быть обнаружен значительно раньше, чем он приведет к видимым изменениям.

Поэтому существенным этапом, определяющим качество и пригодность полученного решения, является интерпретация математических результатов, проводимая исследователем в процессе построения модели.

В статье рассматривается методология построения моделей процессов, описываемых нестационарными временными рядами с изменениями свойств. Алгоритмически эта методология представляет собой дерево расчетных статистических процедур, включающих процедуры оценивания качества полученного решения. По результатам оценки исследователь принимает решение, по какой ветке дерева он будет двигаться дальше.

## ***2. Анализ временных рядов с изменениями свойств***

Предлагаемая методология позволяет для процесса, описываемого нестационарным временным рядом с изменениями свойств, строить адекватную модель и проверять сохранение или утрату адекватности при получении очередного наблюдения. Она включает следующие элементы:

- анализ предыстории и построение модели:
  - определение типа процесса;
  - выделение моментов изменений в предыстории процесса;

- построение моделей процесса в интервалах, не содержащих изменений;
- настройку алгоритмов текущего обнаружения на границах рассматриваемых интервалов;
- проверку адекватности построенной модели и обнаружение изменений в режиме поступления текущих наблюдений.

**Постановка задачи.** Рассматривается система, поведение которой описывается случайной векторной последовательностью наблюдений:

$$Y_1, Y_2, \dots, Y_{t_a}, Y_{t_a+1}, \dots,$$

где  $Y_t = (y_{1t}, y_{2t}, \dots, y_{pt})^T$ ,  $t = t_1, t_2, \dots, t_a, t_{a+1}, \dots, t_N$ . При этом последовательность удовлетворяет следующим условиям.

1. Компоненты вектора  $Y_t$  описываются моделями вида:

$$y_{it} = \mu_i + \sum_{j=1}^k \rho_{ij} y_{it-j} + \varepsilon_{it}, \quad (1)$$

где  $\sum_{j=1}^k \rho_{ij} \geq 1$ ,  $k$  — порядок авторегрессии, или

$$y_{it} = \mu_i + \beta t + \sum_{j=1}^k \beta_{ij} y_{it-j} + \varepsilon_{it}, \quad (1a)$$

где  $\sum_{j=1}^k \beta_{ij} < 1$ ,  $\varepsilon_{it}$  — гауссовский белый шум,  $\beta, \beta_{ij}, \rho_{ij}$  — константы

(если  $\beta = 0$ , то процесс (1a) — стационарный),  $\mu_i$  — константа, определяющая величину и направление дрейфа,  $i = 1, 2, \dots, p$ . Последовательным вычитанием и добавлением членов

$$\beta_{i1} y_{it-1}, \beta_{i2} y_{it-2}, \dots, (\rho_{i1} y_{it-1}, \rho_{i2} y_{it-2}, \dots)$$

модель (1) может быть преобразована к виду

$$y_{it} = \mu_i + \alpha y_{it-1} + \sum_{j=1}^k a_{ij} \Delta y_{it-j} + \varepsilon_{it} = \mu_i + \alpha y_{it-1} + M_{it}, \quad (2)$$

а модель (1а) к виду

$$y_{it} = \mu_i + \beta t + \sum_{j=1}^k a_{ij} \Delta y_{it-j} + \varepsilon_{it} = \mu_i + \beta t + M_{it-1}, \quad (2a)$$

где  $M_{it-1} = \sum_{j=1}^k a_{ij} \Delta y_{it-j} + \varepsilon_{it}$  — стационарный процесс.

2. Существует постоянная  $p \times p$  матрица  $C$  такая, что процесс

$$Z_t = CY_t \quad (3)$$

стационарный.

3. В некоторые неизвестные моменты времени  $t_a \in [t_0, t_N]$  в одной или нескольких компонентах процесса  $Y_t$  возникают изменения следующих типов:

- а) изменение стохастического либо детерминированного тренда: в некоторый неизвестный момент времени  $t_a > 1$  случайная составляющая  $\varepsilon_t$  модели (1) изменяет дисперсию:

$$y_t = \begin{cases} \mu + \sum_{j=1}^k \rho_j y_{t-j} + \varepsilon_t^1, & \text{если } t < t_a \\ \mu + \sum_{j=1}^k \rho_j y_{t-j} + \varepsilon_t^2, & \text{если } t \geq t_a, \end{cases} \quad (4)$$

где

$$\delta^2(\varepsilon_t^1) \neq \delta^2(\varepsilon_t^2), \quad (4a)$$

$\delta^2(\varepsilon_t^j)$  — дисперсия процесса  $y_t$  до изменения ( $j = 1$ ) и после изменения ( $j = 2$ ) свойств, соответственно;

- б) в неизвестный момент времени  $t_a > 1$  изменяется коэффициент  $\beta$  в модели (1а):

$$y_{it} = \begin{cases} \mu_i + \beta_1 t + \sum_{j=1}^k \beta_{ij} y_{it-j} + \varepsilon_{it}, & \text{если } t < t_a \\ \mu_i + \beta_2 t + \sum_{j=1}^k \beta_{ij} y_{it-j} + \varepsilon_{it}, & \text{если } t \geq t_a; \end{cases} \quad (5)$$

- в) изменение дрейфа — в некоторый неизвестный момент времени  $t_a > 1$  величина дрейфа  $\mu$  для модели (1) (или (1а)) изменяется:

$$y_t = \begin{cases} \mu + \sum_{j=1}^k \rho_j y_{t-j} + \varepsilon_t, & \text{если } t < t_a, \\ \mu' + \sum_{j=1}^k \rho_j y_{t-j} + \varepsilon_t, & \text{если } t \geq t_a, \end{cases} \quad (6)$$

где

$$\mu \neq \mu'. \quad (6a)$$

Требуется:

- выделить интервалы, в которых модель сохраняет постоянные свойства, и построить модели процессов в каждом из интервалов;
- в каждый момент времени  $t$  при получении нового наблюдения оценивать состояние последовательности  $Y_1, Y_2, \dots, Y_{t_a}, Y_{t_a+1}, \dots$ : определять адекватность моделей (1)–(6а) компонентам процесса и связям между ними.

Рассмотрим основные шаги.

**Анализ предистории.** Для каждой компоненты вектора  $Y_t$  выполняются этапы 1–4.



**Этап 1.** Предварительное определение типа рассматриваемого процесса: стационарный относительно детерминированного тренда (модель (1a)) или интегрированный первого порядка (модель (1)).

Для определения типа процесса строится его авторегрессионная или векторная авторегрессионная (VAR) модель. Первым шагом при построении VAR-модели является выбор ее порядка. Использование различного числа лагов в VAR-модели может привести к различным выводам о типе процесса. Выбор порядка VAR-модели может осуществляться несколькими способами. На первом этапе, когда тип процесса еще неизвестен и интервал построения модели может включать различного рода разрывы, целесообразно использовать эвристические критерии, в которых число лагов выбирается в соответствии с объемом исследуемой выборки. Так в работе [3] предлагается правило  $p = \left\lceil N^{\frac{1}{3}} \right\rceil$ , в работе [4]:  $p = \left\lceil N^{\frac{1}{4}} \right\rceil$ , где  $p$  — порядок VAR,  $\lceil \cdot \rceil$  — целая часть числа. Для экономических рядов в работе [5] было предложено приближения:

$$p = \left\lceil 4 \left( \frac{N}{100} \right)^{\frac{1}{4}} \right\rceil$$

для квартальных данных, и

$$p = \left\lceil 12 \left( \frac{N}{100} \right)^{\frac{1}{4}} \right\rceil$$

для месячных данных.

Для больших выборок порядок модели может выбираться либо посредством последовательного отбрасывания избыточных лагов, либо с использованием информационных критериев.

В первом случае строится модель заведомо большего порядка, вычисляется значимость ее коэффициентов, и постепенно отбрасываются излишние лаги до тех пор, пока все оставшиеся не будут иметь значимых коэффициентов.

При выборе порядка модели с помощью информационных критериев можно использовать один или несколько критериев,

делая окончательный выбор с учетом особенностей каждого из критериев.

**Критерий Акаике** [6]. Согласно этому критерию, среди альтернативных значений порядка авторегрессионной модели  $p$  выбирается значение, которое минимизирует величину

$$AIC(p) = \ln \hat{\sigma}_p^2 + 2p/N, \quad (7)$$

где  $N$  — количество наблюдений, а  $\hat{\sigma}_p^2$  — оценка дисперсии обновлений в VAR-модели порядка  $p$ .

Так как оценка Акаике не является состоятельной и асимптотически переоценивает (завышает) истинное значение  $p$ , то предпочтительнее использовать состоятельные критерии. Одним из широко используемых состоятельных критериев является информационный критерий Шварца — SIC [7]:

$$SIC = \ln \hat{\sigma}_p^2 + p \frac{\ln N}{N},$$

или критерий Хеннана—Куинна [8]:

$$HQ = \ln \hat{\sigma}_p^2 + p \frac{2c \ln \ln N}{N},$$

обладающий более быстрой сходимостью к истинному значению  $p$  с ростом объема выборки.

Параметры моделей (1) и (1a) оцениваются обычным методом наименьших квадратов (МНК), применяемым по отдельности к каждому уравнению, матрица ковариаций ошибок оценивается выборочной ковариационной матрицей остатков МНК. После того как модель построена, для определения типа процесса применяются, критерии **Дики—Фуллера<sup>v</sup>**, **Филлипса—Перрона<sup>vi</sup>**, Квятковского и др. [9]. Наиболее распространенным является набор критериев Дики—Фуллера [10–11], объединенных одной идеей — проверки «гипотезы единичного корня». Если в модели (2) коэффициент  $\alpha = 0$ , то процесс  $y_{it}$  модели (1) имеет единичный ко-

рень и является нестационарным, если  $\alpha < 0$ , то процесс  $y_{it}$  — стационарный.

Для модели (2) проверяется гипотеза  $H_0: \alpha = 0$  против гипотезы  $H_1: \alpha \neq 0$ . Если гипотеза  $H_0$  отвергается, то процесс не может считаться нестационарным. Для проверки гипотезы  $H_0$  используется  $t$  статистика  $t = \frac{\hat{\alpha}}{\hat{\sigma}_\alpha}$ , подчиняющаяся распределению

Дики—Фуллера. Если  $|t| > t_{\text{крит}}$ , то нулевая гипотеза отвергается и считается, что ряд описывается моделью вида (1а), иначе — нулевая гипотеза принимается.

Однако, вид распределения Дики—Фуллера, его квантили и критические значения существенно зависят от вида модели (1) или (1а), в частности — от равенства нулю коэффициента  $\beta$ , дрейфа  $\mu$  и порядка модели. Поэтому необходимо определить две вещи: структуру исходной модели, и наличие у нее единичного корня. Таким образом, процедура нахождения единичного корня включает несколько шагов, на каждом из которых проверяется один из стандартных статистических тестов, а затем по результатам проверки формируется новая гипотеза или принимается решение. Существуют различные процедуры проверки на единичный корень, основанные на применении теста Дики—Фуллера. Наиболее известными из них являются процедуры, предложенные в [12–13]. Выбор процедуры во многом определяется не исходными свойствами анализируемого процесса, а предпочтениями исследователя.

**Этап 2.** Обнаружение изменений свойств или разрывов в процессе, выделение интервалов, в которых отсутствуют изменения свойств.

При наличии разрывов в процессе критерии Дики—Фуллера, Филлипса—Перрона и Квятковского могут отвергнуть гипотезу наличия единичного корня даже в том случае, когда она на самом деле верна. Например, при наличии разрывов в дисперсии может наоборот возникнуть ложная коинтеграция. Поэтому прежде чем принимать окончательное решение о типе процесса, необходимо выделить в процессе интервалы, не содержащие изменений, или однородные интервалы.

Для нахождения разрывов по историческим данным предлагается следующая процедура, основанная на анализе отклонений модели от фактических значений или «остатков».

1. Если модель на этапе 1 диагностирована как стационарная, то каждая точка  $t$  исходного интервала  $[0, t_N]$  (кроме некоторого числа точек в начале и в конце) считается возможной точкой разрыва. По отрезкам выборки  $[0, t]$ ,  $(t, t_N]$  и по полной выборке  $[0, t_N]$  строятся модели авторегрессии [14], вычисляются «остатки» от моделей, представляющие собой разность между наблюдаемыми значениями и значениями, вычисленными по модели, затем вычисляются статистики:

$$ST_t = \sum_{i=k}^t (\varepsilon_i^1)^2, \quad ST_{t_N} = \sum_{i=t+1}^{t_N-k} (\varepsilon_i^2)^2, \quad STA = \sum_{i=k}^{t_N} (\varepsilon_i)^2,$$

где,  $\varepsilon_i^j = y_i - y_i^{Mj}$  и  $\varepsilon_i = y_i - y_i^M$  — «остатки» моделей,  $y_i^{Mj}, y_i^M$  — значения, вычисленные по моделям, построенным в интервалах,  $[0, t]$ ,  $(t, t_N]$  и  $[0, t_N]$ , соответственно,  $y_i$  — наблюдения в момент времени  $t = i$ ,  $j = 1, 2$ ,  $i = 0, 1, \dots, t_N$ .

Для каждой точки, подозреваемой на наличие разрыва, строится статистика:

$$F_t\left(\frac{t}{T}\right) = \frac{STA - ST_t - ST_{t_N}}{(ST_t + ST_{t_N})(t_N - 2k)},$$

имеющая для каждого значения  $\frac{t}{T}$  асимптотическое распределение  $\chi_k^2$  в отсутствие изменений. Если момент разрыва неизвестен, то в качестве возможной точки разрыва выбирается величина [15]

$$Q = \max_t F_t\left(\frac{t}{T}\right).$$

В [16] было получено предельное распределение этой статистики и вычислены ее критические значения.

2. Если VAR-модель, построенная на этапе 1 является нестационарной, то в нее вводится фиктивная переменная, моделирующая изменение дрейфа или коэффициентов. Если исходная модель компоненты имеет вид (2), то при проверке изменений линейного дрейфа рассматривается модель:

$$y_t = \mu + \mu' \phi_{t\tau} + \alpha y_{t-1} + \sum_{j=1}^k a_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t, \quad (8)$$

где  $\phi_{t\tau} = \begin{cases} 1, & \text{если } t \leq \tau, \\ 0, & \text{если } t > \tau; \end{cases}$  при проверке изменений коэффициентов процесса рассматривается модель:

$$y_t = \mu + \alpha y_{t-1} + \sum_{j=1}^k a_j \Delta y_{t-j} + \sum_{j=1}^k \phi_{t\tau} a'_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t, \quad (9)$$

где  $\phi_{t\tau}$  определены таким же образом, как в модели изменений (8).

При проверке изменений величины стохастического тренда рассматривается статистика:

$$T_k = y_t - \mu - \alpha y_{t-1} - \sum_{j=1}^k a_j \Delta y_{t-j} = \varepsilon_t. \quad (10)$$

Для каждого возможного значения момента изменения свойств  $\tau \in [t_0, t_1]$  вычисляются:

- сумма квадратов «остатков» от модели со значением фиктивной переменной равным нулю, построенной в интервале  $[0, \tau] : S_{\varepsilon_1}$ ;
- сумма квадратов «остатков» от модели со значением фиктивной переменной равным единице, построенной в интервале  $[\tau, t_N] : S_{\varepsilon_2}$ ;
- сумма квадратов «остатков» от обеих моделей  $S_{\varepsilon} = S_{\varepsilon_1} + S_{\varepsilon_2}$ ;
- сумма квадратов «остатков» от модели, построенной по всему интервалу  $[0, t_N] : S_{\varepsilon}^0$ ;

Среди всех возможных моментов изменения свойств ищется момент, для которого величина  $S_{\min} = \min_{\tau \in [t_0, t_1]} S_{\varepsilon} = S_{\varepsilon_1} + S_{\varepsilon_2}$  минимальна.

Вычисляется разность остатков  $S_{\min} - S_{\varepsilon}^0$ . Решение о наличии разрыва принимается, если эта разность значительно превышает стандартное отклонение «остатков» от модели (2).

**Этап 3.** Проверка типа процесса в каждом из выделенных интервалов и построение моделей в рассматриваемых интервалах. На этом этапе повторяется этап 1 для каждого из выделенных однородных интервалов.

**Этап 4.** Проверка наличия связей между компонентами (корреляционных для стационарных компонент и коинтеграционных для нестационарных, интегрированных одного порядка) и построение их моделей.

В задачах управления и контроля за поведением экономических процессов первым шагом является анализ, позволяющий построить модель процесса. При исследовании макроэкономических переменных, финансовых индексов, показателей социальных процессов важной задачей является определение характера взаимосвязей между отдельными компонентами: существования связей, формы зависимостей, моментов их возникновения и разрушения. Процессы, протекающие в экономике и обществе, в большинстве своем являются нестационарными. Традиционный подход к проблеме нестационарных данных состоял в том, чтобы формулировать статистические модели в виде соотношений между первыми разностями, то есть темпами прироста. Но статистическая модель, основанная исключительно на разностях, может улавливать только краткосрочную динамику процесса, она дает мало информации относительно долгосрочной ковариации переменных. Задача разработки методов, отслеживающих возможные долгосрочные связи, скрытые помехами краткосрочных колебаний была решена Грейнджером [1], который обнаружил, что определенная комбинация двух (или более) нестационарных рядов может быть стационарной. Грейнджер придумал термин «коинтеграция» для обозначения стационарной комбинации нестационарных переменных.

Наличие статистических взаимосвязей между компонентами процесса является одним из важных факторов, определяющих его поведение: неизменность связей поддерживает устойчивость сис-

темы, нарушение связей может существенно изменить поведение процесса. Проверка существования коинтеграции и построение моделей коинтеграционных связей выполняется методами, описанными в работах [17–19] в каждом из однородных интервалов.

После завершения этапа 4 модель построенная на интервале  $[t_a, t_N]$ , где  $t_a$  — последний момент наблюдения, считается рабочей. Она может быть использована для управления, прогноза или слежения за процессом. Однако в процессе могут возникнуть новые изменения, не всегда заметные явно.

**Проверка адекватности построенной модели и обнаружение изменений в режиме поступления текущих наблюдений** желательна для того, чтобы не использовать для управления процессом модель, переставшую быть адекватной. Эта процедура выполняется на Этапе 5.

**Этап 5.** Обнаружение изменений в модели по текущим наблюдениям. На этом этапе при поступлении каждого нового наблюдения проверяется гипотеза  $H_0$ : «модель процесса сохраняет свои свойства» относительно набора альтернативных гипотез  $H_i, i=1, 2, \dots, k$ , каждая из которых определяет некоторое изменение в процессе.

Алгоритмы последовательной проверки гипотез относительно возможных изменений состояния процесса получили название алгоритмов обнаружения разладки [20].

Основная идея такого алгоритма заключается в построении

статистики  $\Delta'_k = \sum_{i=k}^t \ln \frac{f_{\theta_2}(\varepsilon_i)}{f_{\theta_1}(\varepsilon_i)}$  «остатков  $\varepsilon_i = y_i - y_i^M$  построенной

модели процесса от наблюдений, где  $y_i$  — текущие наблюдения,  $y_i^M$  — значения модели в момент получения наблюдения  $t = i$ ,  $f_{\theta_1}$  — функция плотности распределения остатков модели на интервале  $[t_a, t_N]$ ,  $f_{\theta_2}$  — функция плотности распределения остатков модели при возникновении в ней изменений определенного типа. Алгоритм обнаруживает изменение в момент времени

$\tau = \inf \left\{ \tau \geq 1 : g = \max_{1 \leq k \leq t} \Delta_k^\tau \geq h \right\}$ , где  $h$  — порог алгоритма. Построе-

ние статистики  $\Delta_k^t$ , выбор порога  $h$  и анализ эффективности полученных процедур для различных моделей и возможных типов изменений являются предметом исследования разработчиков алгоритмов [20–24].

***Настройка алгоритмов текущего обнаружения на границах рассматриваемых интервалов.*** Для работы алгоритмов текущего обнаружения необходима их предварительная настройка. Цель настройки — выбор параметров алгоритмов текущего обнаружения с тем, чтобы минимизировать время задержки в обнаружении и увеличить интервал между ложными тревогами. Настройка алгоритмов выполняется методами статистического моделирования [25] с привлечением статистики, собранной на этапе анализа предистории.

**Этап 6.** Накопление наблюдений и построение новой модели. После превышения алгоритмом порога, свидетельствующего о наличии проверяемых изменений свойств, алгоритм вырабатывает сигнал «тревоги». После обнаружения изменений необходимо некоторое время для идентификации произошедших изменений и построения новых моделей.

Построение новой модели выполняется методами, описанными на этапах 1 и 3. На первых шагах, когда число новых изменений невелико, выполняется построение упрощенной модели или выбор из банка моделей, построенных на этапе анализа исторических данных, наиболее подходящей.

Своевременное обнаружение изменения свойств отдельных компонент системы и связей между ними позволит заранее определить спектр возможных последствий этих изменений и предсказать поведение процесса.

### ***3. Применение предлагаемой методологии для анализа реальных процессов***

В качестве примера разрабатываемой методологии рассмотрим анализ двух макроэкономических рядов США: индекса объема промышленного производства (INDPRO) и доходов в нефермерском секторе (PAYEMS). Рассматриваются временные ряды месячных



данных, в период с 1 января 1939 года по 1 января 2004 года. Длина интервала обработки — 784 наблюдения. В качестве периода анализа предистории рассматривался период с 1 января 1939 года по 1 июня 2000 года, длительность — 739 наблюдений.

Проверку адекватности построенной модели и обнаружение изменений в режиме поступления текущих наблюдений производилась на интервале длиной 46 наблюдений, соответствующем периоду с 1 июля 2000 года по 1 апреля 2004 года. Графики анализируемых рядов приведены на рис. 1. На оси Y слева приведены значения индекса PAYEMS, на оси Y справа — индекса INDPRO.

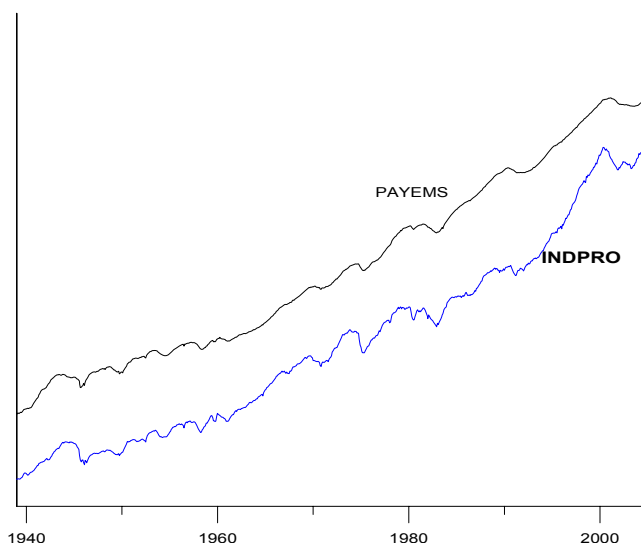


Рис 1. Значения индексов PAYEMS и INDPRO

Сначала выполнялось предварительное определение типа процесса по всему интервалу предистории. Для оценивания порядка моделей индексов INDPRO и PAYEMS использовался критерий Акаике (7).

Из спектра возможных авторегрессионных моделей на основе критериев Акаике и оценок значимости вычисленных коэффициентов исследователь выбрал модели, параметры которых приведены в табл. 1.

$L1, L2, \dots$  — запаздывающие значения соответствующих переменных на 1, 2, ... шагов.

Результаты проверки исходных моделей по критерию Дики—Фуллера показывают, что гипотеза единичного корня не может быть отвергнута. Значения статистики Дики—Фуллера приведены в табл. 2.

Таблица 1

Переменные	Коэффициенты	t статистика	Вероятность $P > t$	Критерий Акаике	$R^2$
INDPRO				–1.8	1.00
L1	1.27	35.72	0.000		
L2	–.14	–2.92	0.004		
L4	–.13	–5.93	0.000		
PAYEMS				10.4401	1.00
L1	1.24	55.04	0.000		
L3	–0.14	–4.12	0.000		
L6	–0.1	–5.78	0.000		
CONST	28.0	1.5	0.134		

Таблица 2

Переменная	Статистика	1 % критическое значение	5 % критическое значение	10 % критическое значение
INDPRO	1.015	–3.43	–2.86	–2.57
PAYEMS	0.299	–3.43	–2.86	–2.57

Следующим этапом анализа является выделение интервалов, в которых отсутствуют изменения свойств процесса.

Для обоих индексов проверяется изменение стохастического тренда, возникновение линейного тренда, возникновение ненулевого дрейфа (Пункты а), б) и в) Постановки задачи, соответственно).

В точке  $N = 253$  (декабрь 1959 года) индекса INDPRO и в точке  $N = 257$  (май 1960 года) индекса PAYEMS обнаружено уменьшение

стохастического тренда. В каждом из выделенных интервалов выполняется проверка типа процесса и построение моделей.

Результаты проверки исходных моделей по критерию Дики—Фуллера в каждом из интервалов показывают, что гипотеза единичного корня не может быть отвергнута ни для одного из интервалов.

Модели процессов в каждом из интервалов строят по логарифмам исходных рядов. Параметры моделей приведены в табл. 3.

Таблица 3

Переменные	Коэффициенты	t- статистика	Вероятность $P > t$	Интервал	$R^2$
LNINDPRO				253–740	1.00
L1	1.268	27.77	0.000		
L2	–.171	–3.00	0.003		
L5	–.097	–4.72	0.000		
LNINDPRO				1–252	1.00
L1	1.362	21.43	0.000		
L2	–.287	–3.65	0.000		
L5	–.074	–2.6	0.01		
PAYEMS				257–740	1.00
L1	1.252	43.81	0.000		
L2	–.118	–2.26	0.024		
L5	–.134	–4.76	0.000		
PAYEMS				1–256	1.00
L1	1.263	35.38	0.000		
L3	–.263	–7.4	0.000		

Проверка остатков построенных моделей по критерию Дики—Фуллера показывает, что эти остатки представляют собой стационарные ряды. Значения статистики Дики—Фуллера приведены в табл. 4.

Таблица 4

Переменная	Статистика	1 % критическое значение	5 % критическое значение	10 % критическое значение	Интервал
INDPRO	-.22.753	-2.580	-1.950	-1.620	253–740
INDPRO	-.14.7	-2.582	-1.950	-1.619	1–252
PAYEMS	-.23.783	-2.580	-1.950	-1.620	253–740
PAYEMS	-.15.705	-2.582	-1.950	-1.619	1–252

Гипотеза единичного корня отвергается с вероятностью 99 %. В каждом из рассматриваемых интервалов процессы являются интегрированными первого порядка, поэтому между ними может существовать коинтеграция. Регрессионные модели, связывающие INDPRO и PAYEMS, приведены в табл. 5.

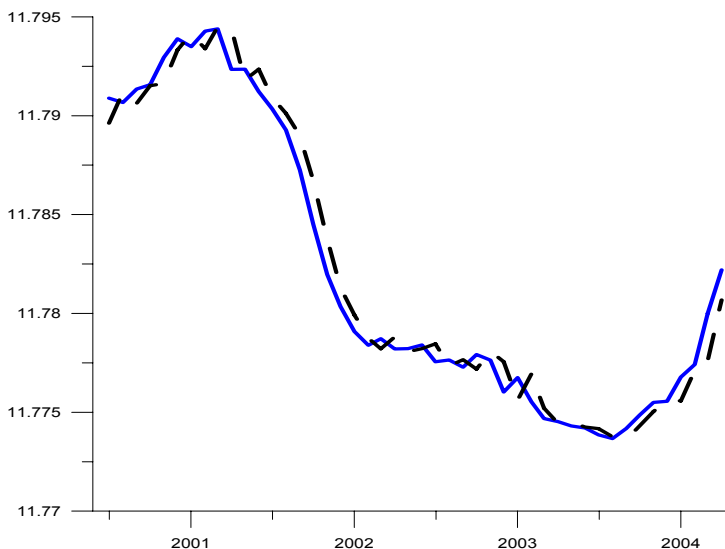
Таблица 5

Переменные	Коэффициенты	t- статистика	Вероятность $P > t$	Интервал	R <sup>2</sup>
INDPRO				1–740	0.986
PAYEMS	.000994	234.88	0.000		
CONST	-24.51	-69.94	0.000		
INDPRO				1–252	0.921
PAYEMS	0.00078	53.61	0.000		
CONST	-15.035	-22.89	0.000		
INDPRO				257–740	0.971
PAYEMS	.000995	131.61	0.000		
CONST	-24.535	-33.78	0.000		

Авторегрессионные модели INDPRO, PAYEMS, приведенные в табл. 3, и регрессионная модель, приведенная в табл. 5, для интервала 257–740 являются рабочими и могут быть использованы для

мониторинга и прогноза. В режиме мониторинга выполняется обнаружение изменений в модели по текущим наблюдениям. На этом этапе при поступлении каждого нового наблюдения проверяется гипотеза «модель процесса сохраняет свои свойства» относительно набора альтернативных гипотез, каждая из которых определяет некоторое изменение в процессе. Алгоритм текущего обнаружения не зафиксировал изменений на отрезке соответствующем периоду: «1 июля 2000 года – 1 апреля 2004 года», поэтому модель может быть использована для прогноза.

Фактическое изменение индекса INDPRO и прогноз на один шаг за период с 1 июля 2000 года по 1 апреля 2004 года показано на рис. 2.



**Рис. 2.** Фактическое изменение индекса INDPRO и прогноз на один шаг

Как видно из рисунка, качество прогноза вполне удовлетворительное, средне-квадратичная ошибка прогноза составляет 2 %.

## 4. Заключение

Основные проблемы анализа информации в экономических и социальных системах помимо того, что они далеко не всегда хоро-

шо ложатся в классическую теорию обработки данных и требуют применения и разработки новых методов, заключаются в том, что информационные потоки плохо структурированы. Как видно из приведенного примера процесс анализа представляет собой сложную многоступенчатую процедуру, в зависимости от результатов которой, на каждом из этапов возможны различные варианты продолжения. Неоднозначность результатов, полученных после выполнения отдельных алгоритмических процедур, требует вмешательства исследователя, осуществляющего процесс построения моделей. Важным элементом является интерпретация результатов проведенного анализа, которая также должна выполняться исследователем.

## Литература

2. *Hendry D. F.* Econometrics — Alchemy or Science? // *Economica*, 1980. Vol. 47. № 4. P. 387–406.
3. *Hendry D. F., Richard J. F.* The Econometric Analysis of Economic Time Series // *International Statistical Review* 1983. Vol. 51. P. 111–163.
4. *Said E., Dickey D. A.* Testing for Unit Roots in Autoregressive Moving Average Models of Unknown Order // *Biometrika*. 1984. 71. P. 599–607.
5. *Diebold F. X., Nerlov M.* Unit roots in economic time series: a selective survey // *Rhodes G. F. Fomby T. B. (edv.) Advances in econometrics*. 1990. Vol. 8. Greenwich CT: GAI Press. P. 3–69.
6. *Shwert G. W.* Effects of model specification on tests for unit roots in autoregressive moving average models with unknown order // *Journal of monetary economics* 1987. Vol. 20. P. 73–105.
7. *Akaike H.* Information Theory and an Extension of the Maximum Likelihood Principle // *Petrov B. N. and Csáki F. (Eds), Proceedings, 2nd International Symposium on Information Theory*, 1973. P. 267–281.
8. *Schwarz G.* Estimating the Dimension of a Model // *The Annals of Statistics*, 1978. 16. P. 461–464.
9. *Hannan E J and Quinn B G.* The determination of the order of an autoregression // *Journal of the Royal Statistical Society B*, 1979. 41(2). P. 190–195.
10. *Hamilton J. D.* Time Series Analysis, Princeton University Press, Princeton. 1994.

11. Dickey D. A., Fuller W. A. Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root // Journal of the American Statistical Association, 1979. 74. P. 427–431.
12. Dickey D. A., Fuller W. A. Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series With a Unit Root // Econometrica. 1981. 49. P. 1057–1072.
13. Dolado H., Jenkinson T., Sosvilla-Rivero S. Cointegration and Unit Roots // Journal of Economic Surveys, 1990. 4. P. 243–273.
14. Patterson K. An Introduction to Applied Econometrics: A Time Series Approach. New York: St's Martin Press. 2000.
15. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление, М.: Мир. 1974. 406 с.
16. Davies R. B. Hypothesis Testing When a Nuisance Parameter is Present only Under the Alternative // Biometrika. 1977. 64. P. 247–254.
17. Andrews D. W. K. Tests for Parameter Instability and Structural Change with Unknown Change Point // Econometrica. 1993. P. 821–856.
18. Engle R. F., Granger C. W. J. Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing // Econometrica. 1987. 55. P. 251–276. 54.
19. Johansen S. Statistical Analysis of Cointegration Vectors // Journal of Economic Dynamics and Control. 1988. 12. P. 231–254.
20. Hatanaka M. Time Series-Based Econometrics: Unit Roots and Cointegration, Oxford University Press. 1996.
21. Basseville M., Nikiforov I. V. Detection of abrupt changes — theory and application: New Jersey: Prentice Hall in Information and System Sciences, 1993.
22. Нукифоров И. В. Об оптимальности первого порядка алгоритма обнаружения разладки в векторном случае // Автоматика и телемеханика, 1994. № 1. С. 87–104.
23. Nikiforov I. V. Sequential optimal detection and isolation of faults in systems with random disturbances in Proceedings of American Control Conference, June 29 – July 1994. Vol. 12. P. 1853–1857.
24. Гребенюк Е. А., Методы последовательной проверки гипотез в задачах анализа случайных процессов при наличии в них структурных изменений // Автоматика и телемеханика. 2001. № 12. С. 58–69.
25. Гребенюк Е. А., Обнаружение изменений свойств нестационарных случайных процессов // Автоматика и телемеханика. 2003. № 12. С. 25–41.
26. Нукифоров И. В. Последовательное обнаружение изменения свойств временных рядов. М.: Наука, 1983. 199 с.

### ***Сведения об авторах:***

Гребенюк Елена Алексеевна — доктор технических наук, старший научный сотрудник Института проблем управления РАН, 334-76-40, [lgreben@ipu.ru](mailto:lgreben@ipu.ru)

Логунов Михаил Георгиевич — кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института проблем управления РАН, 334-76-00, [mlog@ipu.ru](mailto:mlog@ipu.ru)

Мамиконова Ольга Акоповна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института системных исследований РАН, 137-78-01, [mamikonova@csa.ru](mailto:mamikonova@csa.ru)

Панкова Людмила Александровна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института проблем управления РАН, 334-87-39, [pankova@ipu.ru](mailto:pankova@ipu.ru)



# Психологические проблемы компьютерного тренинга операторов технологических процессов

---

*В. М. Дозорцев*

Дан обзор исследований психологических особенностей тренинга операторов сложных технологических процессов. Предложена и обоснована когнитивная модель формирования базовых и комплексных операторских навыков, учитывающая регулятивную природу предметной деятельности оператора. Описаны методические средства компьютерного тренинга, основанные на предложенной модели.

## ***Введение***

Впечатляющие успехи нескольких ключевых научно-технических направлений (мощные персональные компьютеры, гибкие компьютерные пользовательские интерфейсы, эффективные решатели сложных многомерных систем уравнений), может быть, впервые превращают компьютерный тренинг (КТ) операторов технологических процессов (ТП) в полноценное средство обучения, возможности которого превосходят все известные способы тренинга, включая потенциально опасные тренировки на реальных технологических объектах. В этой связи не случаен повышенный интерес к методической стороне КТ, поскольку, несомненно, упомянутый инструмент становится обязательным средством выработки и закрепления операторских навыков безопасного и эффективного управления ТП.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Для характеристики «цены вопроса» достаточно сослаться на печально знаменитую аварию на американской АЭС «Гри-Мэй Айленд», принесшую до

Вместе с тем, несмотря на известные усилия отечественных и зарубежных исследователей [4–7] теоретический фундамент построения адекватных методов обучения в процессе КТ операторов ТП на сегодня вряд ли можно считать построенным. Помимо необходимости учесть особенности собственно компьютерного обучения, трудность состоит в том, что в отличие от тренажеров для авиации и космонавтики, по понятным причинам постоянно находившимся в фокусе внимания исследователей-психологов (см., например, [8, 9]), специфическая проблематика тренинга операторов ТП разработана гораздо слабее. В этом плане на сегодня можно говорить о трех основных направлениях психологических исследований:

- построении психологической модели формирования профессиональной деятельности оператора компьютеризированных систем управления ТП (в частности, формирования навыков и умений);
- определении компонент профессиональной деятельности, которые наиболее целесообразно формировать путем КТ;
- разработке учебно-методического обеспечения КТ, в том числе, дидактических приемов тренировки.

Согласно общеупотребимому определению, тренажеры для обучения операторов представляют собой инструментальное средство, реализующее модель эргатической системы и обеспечивающее контроль деятельности обучаемого. Будучи компьютерной версией такого средства, компьютерные тренажеры позволяют использовать в процессе обучения преимущества современных информационных технологий. Аппаратно-программный и информационно-функциональный состав современных компьютерных тренажеров для обучения операторов непрерывных ТП достаточно полно описан [10–12]. В контексте дальнейшего изложения отметим здесь следующие принципиальные особенности современных систем. Во-первых, используемые в КТ математические модели точно вос-

---

2 млрд долл. убытков, на постоянно растущие потери от аварий по вине операторов в нефтехимии и нефтепереработке [1] или на объем годовых затрат американских ВМС на тренажерную подготовку персонала «операторских» профессий, достигающий 1.2 млрд долл. [2]. Самый свежий пример: авария на химическом предприятии в Тулузе 21 сентября 2001 года, унесшая жизни 29 человек и обошедшаяся в 2 млрд долл. [3].

создают поведение процессов на основе фундаментальных принципов их функционирования и обеспечивают «в реальном времени» адекватные динамические реакции моделируемых объектов на произвольный набор операторских воздействий. Во-вторых, компьютерная среда управления на рабочем месте обучаемого оператора практически полностью имитирует (или даже копирует) реальную управляющую среду на объекте, так что в процессе КТ оператор обладает тем же набором источников информации и управляющих воздействий, что и в процессе реального труда. Наконец, современные тренажеры обязательно включают в свой состав рабочее место инструктора обучения, обеспечивающее широкий набор инструментов организации и анализа результатов тренинга, а также вмешательств в ход моделируемого процесса и работу системы управления.

Упомянутые успехи разработчиков компьютерных тренажеров позволили наполнить рынок сразу несколькими полноценными продуктами [10]; причем в последнее десятилетие в фокусе разработок оказались системные аналитики и программисты, инженеры-химики, вычислительные математики и специалисты по аппаратному обеспечению. Вместе с тем психологическая сторона тренинга объективно отстает от вышеперечисленных направлений и этот разрыв ощущается все острее. На сегодня аппаратно-программные возможности создателей компьютерных тренажеров кажутся неограниченными, в то время как теоретически обоснованная база практического использования систем почти отсутствует.

Перед предпринимаемой в настоящей работе попыткой восполнить описанный разрыв представляется необходимым кратко зафиксировать базовые психологические положения относительно целей и существа КТ операторов, подобия тренажеров реальным ТП и роли фактора активного обучения в процессе тренинга.

Как и любой другой вид тренинга, КТ является инструментом формирования навыка (автоматизированного действия) и должен использоваться не так часто, чтобы утомлять оператора, но и не так редко, чтобы упомянутый автоматизм разрушался. Ключевая задача тренинга состоит в переводе определенной (как можно большей) части действий оператора на периферию сознания с высвобождением его психических и интеллектуальных ресурсов

для решения сложных невоспроизводимых в условиях тренировки задач. Отметим, что понятие навыка, конечно, значительно шире полностью автоматизируемого действия и включает в себя такие характеристики, как сенсорный, перцептивный и, главное, «умственный», или интеллектуальный навык. (В этом смысле критика подхода к тренингу как к инструменту выработки, прежде всего, интеллектуального навыка [13] представляется не вполне обоснованной.)

Будучи средством операционного, но не предметного обучения<sup>2</sup>, тренажеры формируют навык посредством упражнений, по психологической структуре совпадающих с реальными действиями и обладающих специфическими целями, особым составом восприятия, внимания и мышления [8]. (К этому перечню вполне можно добавить особый класс стратегий решения и специфические процедуры его реализации.) Многие исследователи подчеркивают, что важно, как использовать тренажерное устройство, а не то, насколько оно похоже на реальное оборудование [14]; что возможность практиковаться на тренажере является решающей в оперативной ситуации [15]; что тренажер позволяет отрабатывать потенциально опасные для реального оборудования ситуации обучения, служит инструментом изучения и оптимизации самого тренинга [16], высвобождает потенциально наличествующие в психике оператора функции [17]. Существует также не всеми разделяемая позиция, согласно которой тренажер должен совмещать обучение и тренировку, может обладать «специфическим интерфейсом обучаемого» и базироваться на т. н. логико-лингвистических моделях объекта [4]. Однако все современные исследователи признают примат психологического подобия тренажеров реальной практике над физическим подобием. Даже в таких традиционно «аппаратурно-ориентированных» тренажерах, как авиационно-космические, когнитивный аспект обучения начинает превалировать над сенсорно-перцептивным, а подобие понимается, прежде всего, как подобие процессу труда, развернутому во времени и в пространстве, и как подобие между операционным составом действий в обучении и в реальной деятельности [17].

---

<sup>2</sup> Отмеченное принципиальное противопоставление в случае КТ разделяет компьютерные тренажеры и такой распространенный вид автоматизированного обучения, как электронные учебники.

Вместе с тем, большинство авторов признают, что современный уровень знаний механизма обучения операторов принципиально не позволяет строить компьютерные тренажеры как системы автоматизированного обучения [16, 18]. В этих условиях КТ за редкими исключениями [19] представляют собой среду, а не систему обучения, т. е. в принятой терминологии [20] являются средствами компьютерного научения при компьютерной инструкторской поддержке, но не средствами компьютерного обучения оператора инструктором.<sup>3</sup> Последнее обстоятельство несколько не снижает остроту методологических недоработок КТ; напротив, невозможность формализовать обучение определяет необходимость разработки эффективных процедур интерактивного тренинга с участием инструктора. Отметим, что попытки создания таких процедур предпринимались еще в «докомпьютерное» время в рамках т. н. «письменных» методик [21, 22]. И хотя некоторые авторы сомневаются в эффективности некомпьютерных методик [23], очевидно, что в их рамках были впервые поставлены и в существенной степени решены важные проблемы обучения, такие как тренировка распознавания технологических ситуаций, поиск причин неисправностей, оценка точности представления информации, определение меры полезности тренинга, анализ влияния стресса на поведение оператора. По мнению некоторых исследователей [18], современный КТ представляет собой ни что иное, как компьютерную версию «письменных» методик.

Структура настоящей работы такова. В разд. 1 описывается общая модель деятельности оператора ТП как процесса принятия решений и анализируется психологическое содержание этапов этого процесса. В разд. 2 обсуждается специфика психологических механизмов научения и переноса в тренинге операторов ТП. В разд. 3 предлагается модель формирования профессиональных навыков и умений оператора, отвечающая содержанию различных этапов его деятельности, и выделяются базовые навыки, определяющие уровень подготовленности оператора. Наконец, в разд. 4 излагаются методические принципы и дидактические приемы формирования базовых навыков и умений в ходе КТ.

---

<sup>3</sup> Упомянутая разница помимо разделения научения (самообучения) и обучения (инструктором) определяется также степенью автоматизации соответствующих функций, т. е. выделяет собственно автоматизированные компьютерные системы (computer-based) и системы компьютерной поддержки (computer-aided).

# **1. *Об общей модели деятельности оператора ТП***

## **1.1. Задачи оператора в компьютеризированной системе управления ТП**

В определении задач оператора в условиях автоматизированного управления ТП сходятся практически все исследователи — он должен вовремя обнаружить неспособность автоматики справиться с возникающими нарушениями в ходе процесса, определить причину неисправностей и компенсировать их последствия [4, 24, 25]. С учетом таких особенностей непрерывных технологических производств, как глубокая и сложная динамика объектов по наблюдаемым непрерывным параметрам, относительно небольшое число логических элементов, практическое отсутствие стремительно развивающихся явлений, можно говорить о значительном преобладании интеллектуальных задач над перцептивными и моторными. Вместе с тем при всё более широком внедрении в промышленную практику компьютеризированных систем управления два последних вида задач жестко формализуются устройством применяемого компьютерного операторского интерфейса [26]. Практически поле восприятия оператора сужается до экрана монитора с динамическими сигналами о состояниях переменных (изменение цифровых значений, цвета и формы, пульсация изображения) и звуковыми сообщениями сообщений о наличии и уровне нарушений. Отметим также принципиальную дискретность и избыточность указанной информации [27].

Управляющие воздействия оператор осуществляет путем выбора заданных элементов экранов или клавиш и кнопок функциональных клавиатур, причем дискретность указанных воздействий и наличие подтверждений всех ответственных управляющих операций лишают моторные действия оператора сколько-нибудь значимой двигательной составляющей. Используя классификацию действий оператора [28], можно рассматривать управляющие воздействия оператора как чисто функциональные (системотехнические); т. е. в компьютеризированной системе управления оператор, например, задает желаемый уровень в емкости 50 %, а не переводит указатель уставки вторичного прибора регулятора уровня в середину шкалы (щитовое управление) и, тем бо-

лее, не перемещает задвижку на выходном трубопроводе на нужное число оборотов (ручное управление по месту).

Подчеркнем также важное отличие деятельности оператора ТП (особенно в компьютеризированной системе управления) от деятельности авиа- и автомобильных пилотов, космонавтов, операторов судов и подводных лодок и т. п. объектов. Для последних которых весьма существенный (возможно, решающий) объем информации имеет неинструментальную природу (тактильную, проприоцептивную, в том числе — вестибулярную и кинестетическую, и пр.), а при управляющих воздействиях принципиально важен физический отклик (усилия на органах управления).

## **1.2. Деятельность оператора как процесс принятия решений**

Деятельность оператора ТП можно рассматривать как непрерывную цепочку принятий решений, т. е. выбора альтернатив в условиях стимульной неопределенности. Развернутое обоснование такого подхода дано У. Роузом [29]; постадийный анализ процесса принятия решений в контексте компьютерных систем управления ТП см. в [30]. Любой единичный процесс принятия решений распадается на три последовательных стадии — обнаружение события, диагностирование его причин и компенсация его нежелательных последствий. Указанные этапы специфичны как по содержанию операторских действий, так и по характеру ведущих психических процессов, актуализируемых при их выполнении, а, следовательно, и по типу навыков, необходимых оператору для успешной работы (табл. 1).

Проблема способности оператора обнаруживать симптомы неправильного поведения объекта интенсивно обсуждалась в литературе. Традиционный подход основывался на предположении, что оператор умеет формировать некую функцию правдоподобия, превышение значением которой заданного порога означает наступление события [31–33]. Однако помимо недостаточного учета специфики сложных ТП, где типичные нарушения хода процесса вовсе не сводятся к появлению непрерывного полезного сигнала на фоне случайного шума, сама способность операторов формировать указанную функцию может быть поставлена под сомнение [34]. Современный подход основывается на распознавании образов и предполагает, что оператор при обнаружении событий определяет, когда поведение объекта начинает отклоняться от заданного образца [35, 36].

Таблица 1

Этапы принятия решений	Действия	Тип навыка	Ведущие психические процессы	Источники информации	Объект воздействия
ОБНАРУЖЕНИЕ	Контроль	Ориентирование	Психомоторика Сенсорно- перцептивные процессы Внимание Память Опознавание	Технологический объект (тренажерная модель)	Система знакомосителей
	Распознавание отклонений	Распознавание отклонений			
ДИАГНОСТИКА	Генерация и проверка гипотез	Поиск причин несоответствий	Мыслительные процессы принятия решений (без действия на объект)	Технологический объект (тренажерная модель) и мысленная модель	Мысленная модель
		Прогнозирование последствий		Мысленная модель	
КОМПЕНСАЦИЯ	Планирование	Исполнение процедур	Психомоторика Сенсорно- перцептивные процессы Внимание Память Опознавание	Технологический объект (тренажерная модель)	Технологический объект (трена- жерная модель)
	Исполнение	Ориентирование			Система знакомосителей



На стадии обнаружения оператор осуществляет два основных действия: постоянно контролирует состояния технологического объекта и распознает их отклонения от нормы. При этом соответствующие навыки (навык интеллектуального ориентирования и навык распознавания) разнородны по ведущим психическим процессам. В первом случае в качестве таковых выступают перцептивные, аттенционные и (отчасти) психомоторные процессы, во втором — основная нагрузка приходится на память, внимание и опознание. Как будет показано в разд. 3, навык распознавания в основном состоит в автоматизации действий по соотносению наблюдаемых свойств знаконосителей (измерений) с образами-эталоном типовых состояний объекта, имеющимися у оператора и постоянно модифицируемыми им в процессе производственной деятельности и тренинга.

Характеризуя задачу контроля, нельзя не отметить, что все более компьютеризированные системы управления ТП пока способствуют все большему отчуждению оператора от объекта, даже в сравнении со щитовыми дистанционными системами, где у оператора сохранялась иллюзия полноты охвата процесса и непрерывности фиксируемых изменений. Современные компьютеризированные системы управления полностью погружают оператора в мир знаконосителей, опосредуя технологический объект структурой его компьютерного представления, без полного владения которой невозможна никакая деятельность. Освобождая оператора от многих рутинных действий, такие системы управления ставят перед ним жесткие структурные ограничения, определяя необходимость выработки навыков работы с формальным операторским интерфейсом. Преодоление такого положения, которое исследователи видят в создании т. н. «экологических» (естественных) интерфейсов [37] или интерфейсов на базе т. н. «мысленной модели пользователя» [38], пока дело будущего<sup>4</sup>.

Наиболее содержательной частью принятия решений оператором, несомненно, является этап диагностирования. При этом граница между этим и предыдущим этапом проходит там, где обнаружение события на множестве знаконосителей («падает давление») сменяется поиском породившей его причины на самом объекте («прорыв трубопровода»).

---

<sup>4</sup> Аналогичные трудности, может быть, в еще более острой форме возникают и при подготовке летчиков. У обученных по показаниям приборов курсантов, вообще, может не сформироваться адекватный образ полета [13].

В рамках поиска причин неисправностей содержание этого этапа интенсивно исследовалось на протяжении 50–80 годов [39, 40]. Были выделены два основных принципа поиска, используемых операторами: поиск по предписанным (нормативным) процедурам путем формирования и проверки допустимого множества элементов, потенциально ответственных за нарушение [41], и поиск путем выбора последовательности действий. Последний в свою очередь может быть функционально-симптоматическим, т. е. обуславливаться спецификой конкретной задачи, или топографическим, т. е. определяться общей структурой объекта. Выбор оператором того или иного способа зависит от ограничений на кратковременную память и объем генерируемых умозаключений.

В более широком плане диагностирование можно рассматривать в контексте «решения задач», оформившегося как раздел когнитивной психологии к середине 70-х годов [42]<sup>5</sup>. Однако и здесь сопоставление структурного и симптоматического является ключевым. Согласно ранним подходам, решение определяется материалом конкретной задачи [44] и степенью проникновения в нее решающего [45]. В то же время решение следует рассматривать как мыслительный процесс, в котором присутствует творческий этап («инсайт») и репродуктивный этап («применение к решению»), действительно, определяемый конкретикой задачи [46]. Более того, упомянутые этапы переплетаются в процессе решения, по сути, представляющего собой поиск носителя связи между элементами задачи [47].

Умение хорошо решать задачи определяется способностью удачно выбирать подходящий класс гипотез [48], причем наиболее эффективная стратегия состоит в выборе широкой начальной гипотезы, включающей большинство характеристик стимула, и дальнейшем изменении гипотезы по мере ее сопоставления и согласования с получаемой информацией [49]. При этом прошлый опыт в определенных условиях может облегчать [50] или затруднять решение вследствие фиксации действий решающего [51].

Специфика этапа диагностики определяет содержание необходимых для его реализации операторских навыков и ведущую роль

---

<sup>5</sup> Интересно отметить раннюю работу [43], в которой процесс решения задач рассматривается как вспомогательный механизм в принятии решений оператором.

мыслительных процессов принятия решений. Далее будет показано, что, несмотря на разнообразие интеллектуальных задач, решаемых оператором в поисках причин неисправностей, ключевым является умение генерировать и эффективно модифицировать возможные причины, вызвавшие наблюдаемые симптомы, которое в свою очередь опирается на навык прогнозирования последствий воздействий на объект.

Заключительный этап принятия решений — компенсация последствий наступившего события, включающая планирование и исполнение корректирующих воздействий, наступает после обнаружения и диагностирования события. Если в функциональном плане граница между диагностикой и компенсацией представляется очевидной (переход от поиска причин к устранению их последствий), то в плане содержания действий оператора и, следовательно, существа необходимых навыков вопрос выглядит несколько более сложно.

Уже У. Роуз, выделяя способы компенсации по симптомам и по ошибкам (т. е. по идентифицированным конкретным неисправностям), практически признал пересечение этапа диагностики и компенсации там, где последняя не сводится к элементарным типовым процедурам. Кроме того, очевидна необходимость координации обоих видов деятельности в практике реального управления; известен, например, случай крупной авиакатастрофы, вызванной тем, что экипаж сосредоточился на диагностике в ущерб выполнению других задач [29].

По сути, подэтап планирования корректирующих действий принципиально отличается от собственно исполнения хотя бы тем, что, как и диагностика, принадлежит полю мысленного, а не реального манипулирования объектом. Выделяют два принципиальных типа планирования: «от времени» (по жестким стандартным сценариям действий) и «от события» (с прерыванием по наступлению и запуском по результатам его обработки) [52]. Несмотря на очевидное содержательное различие указанных типов и неодинаковое предпочтение их оператором в зависимости от наличия времени на компенсацию, представляется, что смысл навыка планирования может быть сведен к умению генерировать и модифицировать конкретные планы компенсирующих действий, опирающемуся на навык прогнозирования последствий воздействий на объект.

В отличие от этого подэтап исполнения уже выбранного плана можно рассматривать как своего рода моторную деятельность, конечно, опосредованную постоянным сенсорным контролем и существенным смысловым компонентом. По ходу реализации процедуры оператор так же сталкивается с необходимостью отслеживать результаты уже проведенных воздействий, обнаруживать отклонения от предполагаемого характера изменений поведения объекта, диагностировать причины отклонений и корректировать план. Однако, с принципиальной точки зрения, исполнение носит процедурный и, в некотором смысле, шаблонный характер. Неудивительно, что и навык исполнения типовых процедур схож с моторным, когда повторение однотипных действий приводит к закреплению и стабилизации автоматизируемых действий.

Переходя к исследованию особенностей формирования профессиональных навыков, еще раз подчеркнем, что описанная выше модель поведения оператора никак не противоречит взаимосвязанности всех этапов его деятельности. Во-первых, благодаря механизму перенесения цели на условие, оператор разбивает процесс принятия решений на множество более мелких действий. Например, в задаче отработки отказа какого-либо элемента оборудования на каждом этапе возникает целая последовательность задач, требующих своих локальных усилий по обнаружению, диагностике и компенсации. Во-вторых, цепочка принятия решений представляет собой, скорее, замкнутое кольцо, поскольку проверка правильности исполнения возможна только в процессе контроля, т. е. переходит в этап обнаружения. Неслучайно в этой связи совпадения типа навыка и ведущих психических процессов в верхней и нижней строках табл. 1.

## ***2. Особенности научения и переноса в тренинге операторов ТП***

### **2.1. Научение в тренинге операторов**

Эффективные методы компьютерного обучения не могут быть созданы без анализа модели формирования профессиональных навыков и умений оператора компьютеризированной системы управ-

ления ТП, которую, в свою очередь, нельзя построить вне осмысления особенностей ключевых для тренинга психических механизмов — научения оператора в ходе тренинга и переноса приобретенных навыков на реальный объект.

Теории, объясняющие механизмы научения, столь же разнообразны, как и класс феноменов, подпадающих под этот термин — от стимульно-реактивного обусловливания до механизмов социально-когнитивного научения. В задаче тренинга операторов непрерывных ТП представляется возможным ограничиться снизу — уровнем высших перцептивных и сенсомоторных процессов, а сверху — уровнем мыслительных процессов, сопровождающих деятельность оператора при решении самых разнообразных задач управления, но без учета их социальной обусловленности.

Хотя под научением понимают изменение поведения вследствие последовательного столкновения с одинаковой ситуацией или изменение продуктивности в процессе упражнений (т. е. многократного одновременного повторения стимульной ситуации и ответной реакции), это не означает, что процесс научения сводится к тупому повторению одинаковых действий. Роль повторения как такого, вообще, не очень велика [53], может быть, за исключением простейших случаев моторного научения, где контроль осуществляется кинестетически, т. е. в процессе выполнения самого движения. Тем более повторение не работает само по себе в случае интеллектуального («разумного») научения, где результат — скорее, стратегии поведения, а не заученная последовательность операций. Научение в процессе приобретения навыков, действительно, основано на упражнении, но таком, в котором повторение стимульной ситуации приводит к совершенствованию реакции, ее стабилизации и стереотипизации. В тренинге операторов такое упражнение из условия превращается в основной фактор научения.

Многообразие типов деятельности оператора и, как следствие, типов навыка определяет сосуществование различных механизмов научения, ответственных за формирование отдельных операторских навыков. Представляется, что научение на ключевых стадиях распознавания отклонений, диагностики и планирования вполне может быть осмыслено в рамках теории «ожидания» Э. Толмена [54, 55]. В основе научения по Толмену лежит объединение когнитивных данных в целостные структуры (гештальты), в результате чего оператор «ожидает», что появление тех или иных стимулов

(знаков) при определенной реакции (стратегии) приведет тем или иным последствиям. В такой постановке научение представляет собой организацию и реорганизацию гештальтов под влиянием приобретенного опыта реализации определенных реакций.

Условиями образования гештальтов, т. е. установления связей между воспринимаемыми событиями или представлениями о них, являются внутренняя сопринадлежность, а также пространственная или временная смежность элементов образуемой структуры. При этом важны факторы мотивации и подкрепления научения. Мотивацию Толмен понимает как реализацию потребности (причем, в отличие от сторонников теории подкрепления связей, не только как ослабление потребности); особенно этот фактор важен при решении сложных интеллектуальных задач, несколько ослабляясь в случае моторного научения, где на первый план выходит упражнение. В тренинге операторов фактор мотивации может принимать существенное значение, поскольку именно потребность «актуализирует» структуру. В разд. 4 будет показано, что методика обучения должна в явном виде учитывать необходимость повышения мотивации.

Толменовская теория описывает феномены сознательного научения, контролируемого и направляемого субъектом. Большинство тренировочных действий оператора по распознаванию отклонений, диагностике и планированию имеет именно такой характер, включая стадии постижения (инсайт) и дальнейшего репродуктивного решения в условиях систематического контроля. Однако, в последних работах сам Толмен признавал, что его концепция не вполне пригодна к описанию бессознательного и, тем более, моторного научения, допуская существование последних в качестве специальных типов научения.

Деятельность оператора на стадии обнаружения событий, как подчеркивалось выше, имеет две составляющие — оператор осуществляет постоянный контроль системы закононосителей, а также распознает отклонения от нормы, т. е. сопоставляет наблюдаемое состояние объекта с уже существующими в его распоряжении эталонными образцами нормы и фиксирует существенные различия между ними как наступившие события. Следовательно, и научение обнаружению состоит как в ориентировании и адаптации оператора к постоянно изменяющейся свое состояние системе закононосителей, так и в выработке навыка эффективного распознавания отклонений. Если вторая задача достаточно полно описывается гештальт-подхо-

дом, то ориентирование и адаптация, отчасти контролируемые оператором, в то же время имеют в достаточной мере бессознательный характер. В процессе перемещения в системе закононосителей оператор не только постоянно формирует и совершенствует структуры для распознавания, но и просто привыкает к отражению объекта и правилам перемещения, поддерживает и шлифует навык интеллектуального ориентирования.

Подчеркнем в связи со сказанным два принципиальных момента.

Во-первых, здесь нет речи о собственно перцептивном, моторном или сенсомоторном научении. В объективной психологии перцептивное научение понимается как возникновение промежуточных внутренних переменных между стимулом и реакцией (снижение порогов чувствительности при упражнении, распознавание и идентификация трудно различаемых структур и пр.). Перцептивное научение, таким образом, протекает вне реакций (или до реакций) и, безусловно, важно в начальном тренинге операторов (изучение функциональной клавиатуры, правил переходов между информационными кадрами, детализация и генерализация информационного отражения объекта). Также важны установление и упрочение новых сенсомоторных координаций путем связывания визуальных и других сенсорных признаков сигнала с двигательной реакцией, как и собственно наработка реакций. Тем не менее, опыт показывает, что операторы овладевают формальной перцептивной и моторной стороной компьютерного управляющего интерфейса за несколько первых дней работы, причем приобретенный навык остается постоянно активным, являясь необходимым, но совершенно недостаточным условием успешного принятия управляющих решений.

Во-вторых, переход к компьютерным интерфейсам, сопровождающийся еще большим отчуждением оператора от технологического объекта, породил необходимость дополнительного тренинга на ориентирование в системе закононосителей, организация которой в современных жестких интерфейсах не связана с оперативно меняющимся состоянием объекта. Навык ориентации адекватно объясняется в терминах теории уравнивания Ж. Пиаже [55], описывающей неконтролируемый процесс формирования навыка и обнаружения закономерностей. Согласно Пиаже, научение в этом случае проявляется в модификации поведения в результате одновременного действия двух процессов: ассимиляции объекта в схему

поведения (новые стимулы включаются в схему) и аккомодации схемы к объекту (схема изменяется при успехе действия). При этом Пиаже соединяет положения теории Толмена (образование структур) и теории Халла (подкрепление путем ослабления потребности) [56]. Фактор подкрепления (как положительного, так и отрицательного) по Пиаже содержит внешнюю (фактический успех) и внутреннюю составляющую (когнитивный успех, проявляющийся в значимости использования и значимости понимания). Недочет внешнего подкрепления в организации тренинга и внутреннего — при разработке дидактических приемов обучения может свести усилия разработчиков на нет.

Наконец, научение исполнению типовых процедур как завершающему этапу принятия решений также требует особого подхода. Этот тип деятельности оператора имеет существенную интеллектуальную составляющую хотя бы потому, что каждый шаг исполнения может рассматриваться в качестве самостоятельной задачи на принятие решений. Вместе с тем, типовые процедуры, как правило, достаточно шаблонны, что позволяет рассматривать научение им как во многом аналогичное моторному. При этом механизмы научения в обоих случаях сходны (приспособление или адаптация уже существующей реакции к новым условиям восприятия), а характер сигналов разный (в моторном научении — проприоцепторный, в научении исполнению — экстероцепторный).

Упомянем в этой связи специально выделяемый тренинг по типу «факсимиле» [20], который сводится к повторению последовательности определенных действий с целью закрепления и стабилизации навыка (классический пример — компьютерное обучение банковских операторов заполнению финансовых документов). Разумеется, в случае операторов ТП исполнение опосредуется обратной связью от объекта и необходимо учитывать его состояние при выборе дальнейших действий. Уместно отметить (см. табл. 1), что из всех этапов принятия решений именно исполнение связано с реальным воздействием на объект (или его модель в компьютерном тренинге), в то время как действия по обнаружению, вообще, не связаны с воздействием на ТП, а диагностика и планирование процедур воздействуют на «мысленную модель» объекта, имеющуюся у оператора. Это обстоятельство можно рассматривать в качестве дополнительного аргумента в пользу близости природы научения исполнению моторному научению.



## **2.2 Перенос в тренинге операторов**

Под переносом в условиях тренинга операторов будем понимать влияние навыков, полученных при решении предыдущих тренировочных задач, на решение последующих задач или реальных задач на объекте. Перенос неразрывно связан с научением — результат научения определяется наличием переноса, но и сам перенос возможен только как следствие научения. Выделяют положительный (проактивный) и отрицательный (ретроактивный) перенос, или интерференцию. По некоторым данным до 80 % экспериментов выявляют положительный перенос при научении [57]. Очевидно, что перенос представляет собой динамический изменяющийся эффект, степень которого зависит от усвоения предыдущих задач, интеграции приобретенного умения, природы и длительности тренировок. В свою очередь методика тренинга должна учитывать природу переноса в задачах, решаемых субъектом научения.

Принято объяснять феномен переноса двояко — сходством решаемых задач и деятельностью индивида. Остановимся над каждым из объяснений в контексте тренинга операторов.

Наиболее очевидная причина переноса — близость решаемых оператором практических задач к тем, которые он уже решал на практике или в ходе тренинга. Такая ситуация встречается на стадии обнаружения сходно развивающихся событий, при выполнении типовых и, особенно, стандартных процедур (например, пуск агрегата). Важно, естественно, психологическое сходство задач, инициирующее соответствующий гештальт и, тем самым, облегчающее решение. Возможно при этом сходство по стимулам (симптомам) и по действиям (реакциям), а также по связям между первыми и вторыми. (Хотя роль сходства по стимулам изучалась еще И. П. Павловым, в некоторых экспериментах перенос по этому признаку ставится под сомнение [57].) Отметим, что эффект облегчения вследствие сходства выражается не только в решениях по аналогии (те же симптомы, те же действия), но и в решениях по контрасту и по комбинаторному принципу [58].

Однако далеко не все феномены переноса в тренинге объясняются сходством, хотя бы потому, что решаемые оператором практические задачи очень многообразны и не могут быть полностью охвачены в тренировке. В переносе как результате деятельности выделяют три варианта: перенос посредством схематизации задач,

перенос принципов и методов решения и перенос установки на приобретение навыка научения («научение научению»).

В первом случае вербальная или невербальная схематизация помогает установлению связей и, тем самым, облегчает решение новых задач.

Перенос принципов и методов, являющийся одним из основных механизмов научения решению задач и исполнению процедур, становится возможным после генерализации опыта и абстрагирования от конкретных условий задачи. Этот способ научения противоположен механической тренировке, при которой уровень переноса практически нулевой. Оператор, освоивший принцип поддержания уровня в емкости, с большей легкостью обнаружит отказ насоса в потоке питания, поскольку свяжет изменение уровня с дисбалансом входо-выходных потоков. Перенос методов также существенно облегчает решение, но чреват т. н. персервацией (пренебрежением более простым, но неизвестным методом).

Наконец, очень важен механизм научения за счет переноса собственно установки на отыскание закономерностей и принципов решения задачи [59]. Такая ситуация типична для наиболее сложных задач диагностики причин нарушений, когда непривычная симптоматика не позволяет оператору автоматически инициализировать тот или иной гештальт по сходству. В этом случае тренинг должен быть нацелен на усвоение общей парадигмы решения, структурного анализа симптомов, выбора наиболее эффективного правила построения гипотез и пр.

### ***3. Модель формирования профессиональных навыков и умений оператора ТП***

В случае оператора ТП можно говорить о сложных комплексных навыках, которые в совокупности с уже имеющимися и приобретаемыми в ходе трудовой деятельности и тренировок знаниями образуют профессиональные умения. Суть КТ, собственно, и состоит во влечении знаний в предметную деятельность, что позволяет говорить о тренинге операторов не только на уровне простейших навыков, но и на уровне знаний [60]. По мере усложнения тренажерные системы

все больше рассматривались как инструмент формирования именно сложных комплексных навыков и умений, поскольку позволяли воссоздать психологическую и эргономическую структуру операторской деятельности, а при наличии адекватной модели процесса — имитировать развитие сложной динамической ситуации, требующей от оператора демонстрации разнообразных аспектов профессиональных умений. В этой связи актуален вопрос о возможности ориентировать тренинг на выработку отдельных базовых навыков и интегрируемости их в умения. На сегодня такую возможность можно считать вполне обоснованной и даже практически доказанной [5, 61]. Авторы приведенных работ считают, что отдельные компоненты деятельности могут развиваться автономно, при этом профессиональные навыки усваиваются поэлементно взамен традиционных методов формирования целостной деятельности.

Представляется, что в компьютерном тренинге необходимо пойти дальше — формировать следует не просто отдельные компоненты деятельности (операции), а различные стадии принятия решений, за которые отвечают различные психологические процессы, механизмы научения и переноса. В определенном смысле, это возвращение к старым «докомпьютерным» методикам [22], где оператор «натаскивался» на обнаружение и диагностику нарушений по предъявляемым «моментальным» снимкам ситуации. Вышесказанное ни в коей мере не означает отказ от одного из основных преимуществ компьютерного тренинга — возможности моделировать течение сложных технологических ситуаций. Наоборот, базовые навыки в качестве отдельных компонентов должны встраиваться в комплексные навыки, причем в виде не отдельных заученных операций, а последовательных стадий процесса принятия решений.

Перед описанием предлагаемой модели формирования навыков остановимся на двух используемых в ней ключевых положениях. Первое касается способов регуляции целесообразного поведения, исследованных П. К. Анохиным и Н. А. Бернштейном, поскольку КТ вполне можно трактовать как выработку и закрепление внутренних регулятивных механизмов действия [61]. В соответствии с этим подходом любое предметное действие предполагает сличение выполняемого с акцептором результата [62] или реально существующего образа с «потребным будущим» [63], причем выявленные в результате сличения рассогласования устраняются путем коррекции. Таким образом, регуляцию деятельности можно рассматривать

как замкнутую схему с обратной связью, включающую объект (источник афферентных сигналов и предмет корректирующих воздействий), задающий блок (источник информации о желаемом состоянии объекта), блок сличения и регулирующий блок, переводящий (перешифровывающий) рассогласования текущего и желаемого состояний объекта в корректирующие воздействия.

Другое базовое положение касается роли когнитивного образа как регулятора предметных действий. В плане формирования операторских навыков можно говорить о фундаментальных характеристиках такого образа — «концептуальной модели» и разнообразных оперативных образах. Концептуальная модель (термин А. Т. Велфдорда) является базальным средством деятельности, создаваемым в процессе обучения и совершенствуемым в процессе тренировки. Это глобальный компонент структуры образного отражения, содержащий априорную информацию о среде, динамику объекта, его номинальные и прогнозные свойства. Концептуальная модель стабильна и относительно независима от ситуативных факторов предметной деятельности; она должна находиться в распоряжении оператора до начала конкретных действий (реальных или тренировочных).

Будучи информационно избыточной, концептуальная модель актуализируется при решении конкретных задач в форме оперативных образов, обслуживающих разнообразные регулятивные, когнитивные и эффекторные задачи. Предложенное Д. А. Ошаниным и глубоко разработанное в отечественной психологии [13, 64–66], понятие оперативного образа позволяет использовать при построении модели формирования навыков такие его конкретные формы, как образ-эталон, образ-прогноз, образ-цель.

### **3.1. Формирование базовых операторских навыков**

В предыдущем изложении во множестве необходимых оператору навыков выделены следующие базовые:

- ориентирование в системе законосителей;
- распознавание отклонений от нормы;
- поиск причин неисправностей и планирование процедур, использующие навык прогнозирования последствий воздействий;
- исполнение типовых процедур.

В механизме формирования любого навыка присутствуют фазы ознакомления и овладения, автоматизации, стабилизации и стандартизации.

В фазе ознакомления и овладения происходит выявление состава и внутренней картины деятельности; исследуются набор, последовательность и сочетание элементов задачи; афферентные сигналы (стимулы) перешифровываются в эффекторные команды (реакции), накапливается словарь таких перешифровок. Последний, собственно, можно рассматривать как синоним формируемых когнитивных структур, а его полнота определяет широту навыка.

В фазе автоматизации происходит частичный перевод компонентов деятельности на фоновые уровни сознания, формирование системы их функционирования, агрегирование навыков с уже имеющимися структурами деятельности.

Наконец, в фазе шлифовки навыка происходит его стабилизация, т. е. приобретение прочности и неразрушаемости, и стандартизация, т. е. создание необходимого стереотипа деятельности.

### **3.1.1. *Навык ориентирования в системе знаконосителей***

Этот навык необходим для осуществления контроля на этапе обнаружения событий и предполагает всестороннее усвоение отражения технологического объекта посредством операторского интерфейса системы управления. В фазе ознакомления (особенно, в первоначальном тренинге, повсеместно предусмотренном в практике обучения персонала) оператор усваивает содержательный состав отражаемого объекта, структуру отражения по типам и уровням информационных элементов, правила перехода из одних элементов в другие. Особенность навыка ориентирования состоит в том, что он нарабатывается по ходу практически любых действий оператора с системой знаконосителей, причем этот процесс не обязательно контролируется обучаемым. Постепенно формируются когнитивные структуры, содержащие устойчивые связи принадлежащих элементов системы знаконосителей с учетом их перцептивных аспектов; при этом задача восприятия отдельных знаконосителей и их групп на разных информационных уровнях переходит на периферию сознания оператора. Отшлифованный навык ориентирования предполагает практическую прозрачность интерфейса, т. е. оператор начинает ориентироваться и перемещаться в системе

знаконосителей, не фиксируя в сознании ее структуру. Это особенно важно в ситуациях непредвиденных нарушений нормального хода процесса, когда дефицит времени не позволяет думать об устройстве интерфейса и правилах перемещения по нему.

Навык ориентирования, по сути, является пассивным, поскольку не предполагает ни реальных воздействий на процесс, ни мысленных воздействий на его модель. Оператор автоматизированного ТП — это «прежде всего наблюдатель, имеющий дело с определенным полем наблюдения [67]. Чрезвычайно важно, однако, что при целенаправленном наблюдении развивается и обогащается регулирующий деятельность образ-эталон, отражающий номинальную структуру объекта. При этом, по мысли Б. Г. Ананьева, «сознательная установка на созерцание компенсирует ограниченность предметного действия в отношении восприятия» [68].

Ведущими при научении ориентации являются процессы восприятия, аттенционные процессы, психомоторика. Усвоение происходит за счет образования устойчивых гештальтов различных подмножеств знаконосителей и связей между ними; положительный перенос определяется схематизацией компонентов системы отражения и сходством задач ориентации в разных условиях функционирования объекта.

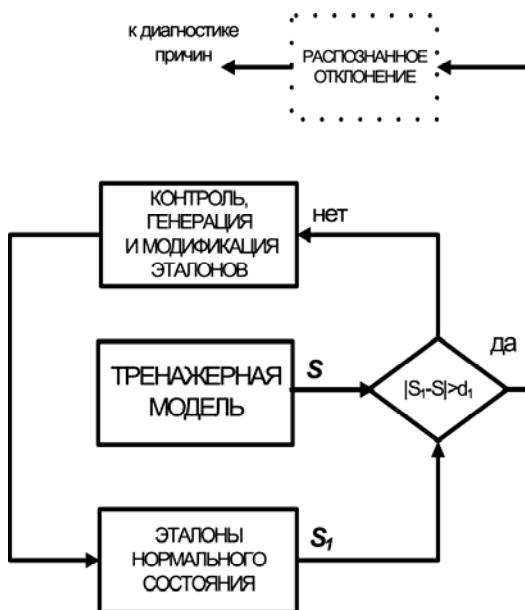
Конкретная схема формирования навыка может быть объединена с описанным ниже механизмом для навыка распознавания отклонений (рис. 1).

### **3.1.2. Навык распознавания отклонений от нормы**

Этот навык достигается путем наработки устойчивых и помехозащищенных схем сравнения наблюдаемых симптомов и эталонов-образцов (оперативных образов) нормального поведения технологического объекта. Под нормой при этом понимается далеко не только регламентный режим работы, но все допустимые технологические режимы — варианты штатной работы на разной производительности, разном сырье и пр.

Предполагается, что достаточно адекватные начальные эталоны доступны оператору в результате предыдущего изучения и практического опыта работы на технологическом объекте. При этом умение обнаруживать отклонение от заданного режима «находится в прямой зависимости от качества сформировавшегося у оператора динамического образа-образца» [69].

В механизме формирования навыка (рис. 1) в качестве задающего блока выступает тренажерная модель ТП, генерирующая наблюдаемые симптомы  $S$ .



**Рис. 1.** Формирование навыков ориентирования и распознавания отклонений:  $S$  — наблюдаемые сигналы;  $S_1$  — эталонные сигналы нормы;  $d_1$  — порог распознавания отклонения<sup>vii</sup>

Если разница между ними и эталонными сигналами  $S_1$  превышает некоторый порог распознавания, оператор фиксирует нарушение хода процесса, что создает базу дальнейшей диагностики его причин. В противном случае наблюдаемая симптоматика укладывается в норму, определенным образом модифицируя эталон. Таким образом, научение достигается в ходе одновременной и необязательно контролируемой ассимиляции воспринимаемой информации об объекте в существующую схему формирования эталонов и распознавания отклонений, с одной стороны, и аккомодации схемы к динамически изменяющемуся технологическому объекту, с другой. Перенос определяется схематизацией эталонов, сходством условий и способов распознавания различных событий.

При формировании навыка большая роль принадлежит мнемическим процессам реинтеграции и реконструкции — оператор запоминает, восстанавливает и воспроизводит эталонные образцы состояния отдельных знаконосителей и соотношения значений связанных групп знаконосителей. Компьютерный тренинг предоставляет здесь уникальные возможности, поскольку, с одной стороны, предлагает обучаемому заранее созданный широкий набор эталонных состояний объекта, а, с другой, позволяет возмущать нормальный ход процесса, варьируя степень отклонения от нормы и вырабатывая, таким образом, помехоустойчивость гештальта (фильтрация несущественных отклонений) и снижая необходимый порог распознавания событий.

В фазе ознакомления оператор наблюдает, анализирует и запоминает различные проявления нормального и аномального поведения объекта; соединяет состояния отдельных элементов системы знаконосителей в связанные структуры эталонов и признаков отклонения от них, модифицирует указанные структуры. Далее происходит автоматизация распознавания отклонений и увязка его с другими родственными компонентами деятельности — контролем, поддержанием и модификацией эталонов. При достижении стабилизации и стандартизации навыка достигается высокий уровень «боеготовности» оператора к возникновению непредвиденных ситуаций.

Как отмечалось, ориентирование и распознавание отклонений осуществляются на поле знаконосителей, поэтому приобретение и шлифовка соответствующих навыков отчасти способствует вытеснению у оператора свойств объекта свойствами знаконосителей. Тем не менее, необходимость в приобретении этих навыков объективна, а обозначенная проблема должна решаться путем усовершенствования самих систем знаконосителей, т. е. операторских интерфейсов.

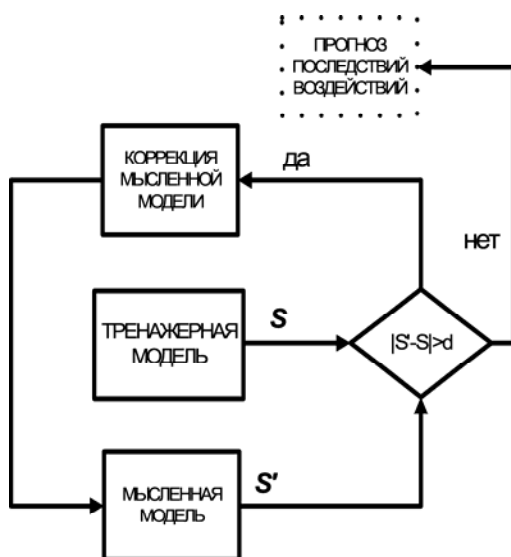
### **3.1.3. *Навык прогнозирования последствий воздействий***

Это базовый навык лежит в основе двух ключевых действий оператора в процессе принятия решений — генерации и проверки гипотез на стадии диагностики и планирования процедур на стадии компенсации. Его суть состоит в мысленном воздействии оператора на имеющуюся у него модель объекта с целью оценки



отклика на предполагаемые изменения. Качество прогнозирования определяется при этом богатством и адекватностью самой мысленной модели.

Являясь основой упомянутых выше действий, навык прогнозирования приобретается в ходе их выполнения, но может формироваться и самостоятельно (рис. 2). Для этого отклики  $S'$  мысленной модели, которая может рассматриваться как оперативный образ-прогноз, сличаются с наблюдаемыми выходами тренажерной модели  $S$ . Если разница оказывается выше порога корректности прогноза, происходит модификация мысленной модели; в противном случае прогноз считается приемлемым.



**Рис. 2.** Формирование навыка прогнозирования последствий воздействий:  
 $S$  — наблюдаемые сигналы;  $S'$  — прогнозируемые сигналы;  
 $d$  — порог корректности прогноза

Отметим, что эффективность любого образа как регулятора деятельности определяется его способностью к опережающему отражению [70]; однако, для оперативного образа-прогноза антиципация является основной характеристикой. Предвидение хода событий является, по сути, их «опережающим отражением ... относительно реальной динамики объекта» [65].

Ведущими в прогнозировании являются мысленные процессы предсказания изменений поведения объекта в результате предполагаемых воздействий. Перенос навыка в основном определяется сходством задач и методов прогнозирования.

### **3.1.4. Генерирование и проверка гипотез**

Данный сложный интеллектуальный навык является основой диагностики причин наступивших событий. При этом оператор «выходит» за пределы системы законосителей, в которой обнаружено отклонение хода процесса от нормы, и ищет глубинные причины наблюдаемых событий в поле самого технологического объекта.

Это достигается с помощью навыка поиска причин неисправностей, который в свою очередь использует описанный выше навык прогнозирования последствий воздействий.

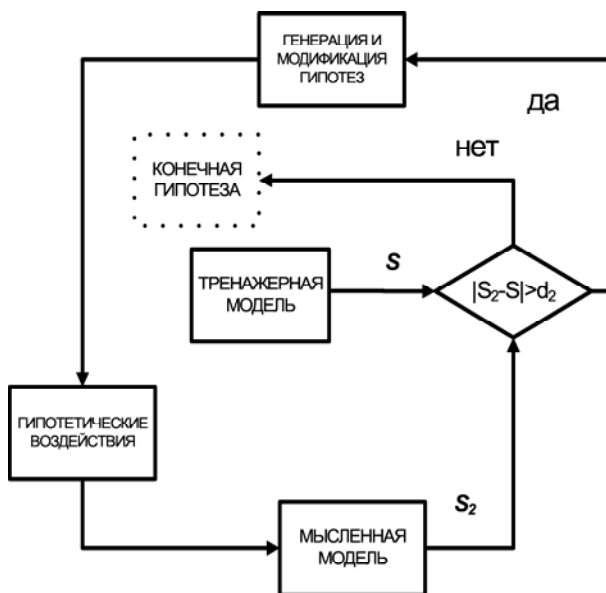
Механизм формирования навыка (рис. 3) предусматривает выбор гипотезы, сличение наблюдаемых симптомов  $S$  с откликом мысленной модели на гипотетические воздействия  $S_2$ . Если разница достаточно небольшая, гипотеза считается приемлемой, в противном случае она подвергается модификации.

Конкретное содержание задачи диагностики чрезвычайно многообразно, как многообразны возможные состояния процесса, наблюдаемые симптомы и варианты воздействий. Предъявляемая в ходе обучения симптоматика, конечно, расширяет опыт оператора в решении задач и способствует переносу навыка по причине сходства самих задач и методов решений; однако, наиболее важным представляется научение подходу к решению. Важно поэтому, что в ходе тренинга оператор научается не столько конкретным правильным воздействиям на мысленную модель (т. е. идентифицированным причинам и прогнозируемым последствиям), сколько эффективной процедуре генерации гипотез и их оценки.

При этом научение есть результат формирования когнитивных структур, связывающих входы и выходы мысленной модели (оперативного образа) на уровне функциональных компонентов задачи генерации и проверки гипотез. Положительный перенос объясняется закреплением установки на решение задачи диагностики.

В первой фазе формирования навыка происходит структуризация и классификация условий задач и приемов решения, нака-

пливается и модифицируется словарь перешифровок состояний модели объекта в адекватные мысленные воздействия на нее. При автоматизации навыка сама схема решения уходит на фоновый уровень, а обе составляющих навыка интегрируются в единый механизм. Наконец, в фазе шлифовки навык упрочается и в определенном смысле шаблонизируется, в результате обучаемый приобретает высокую степень готовности решать богатый спектр конкретных задач диагностики в весьма широком диапазоне варьирования условий.



**Рис. 3.** Формирование навыка поиска причин неисправностей:

$S_2$  — выходные сигналы мысленной модели;

$S$  — предъявляемые симптомы;  $d_2$  — порог адекватности гипотезы

### 3.1.5. Навык планирования процедур

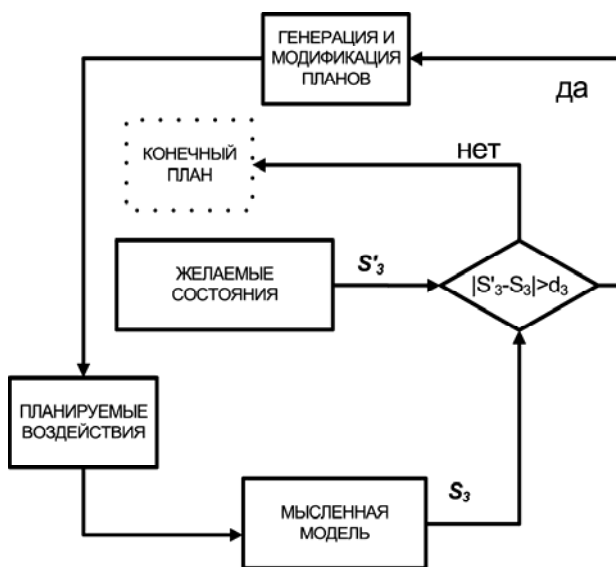
Этап планирования в принятии решений наступает после того, как причина отклонений в поведении объекта выявлена и оператор приступает к компенсации ее нежелательных последствий.

При этом одним из результатов этапа диагностики является представление обучаемого о состоянии объекта, которого он хотел бы достигнуть за счет компенсации. Такой оперативный образ (об-

раз-цель) выступает как идеальная мера и опережающее отражение будущего результата [70, 71].

Навык планирования схож с генерацией и проверкой гипотез и вполне мог бы быть определен как навык генерации и модификации планов. Механизм его формирования (рис. 4) также использует навык прогнозирования последствий воздействий и предусматривает выбор текущего плана, сличение отклика мысленной модели  $S_3$  на планируемые воздействия с желаемыми состояниями объекта  $S'_3$  и модификацию плана в случае существенного отклонения.

Отметим, что навык планирования в определенном смысле противоположен навыку поиска причин неисправностей, точно так же, как задача идентификации противоположна задаче управления. Однако задействованные психологические процессы и механизмы научения и переноса в обоих случаях очень близки.



**Рис. 4.** Формирование навыка планирования процедур:

$S_3$  — выходные сигналы мысленной модели;

$S'_3$  — желаемые состояния объекта;  $d_3$  — порог адекватности плана

### 3.1.6. Навык исполнения типовых процедур

Особенность подэтапа исполнения состоит в том, что, выработав план компенсации последствий обнаруженных и диагно-

стированных событий, оператор вновь возвращается на уровень системы закононосителей, посредством которой осуществляет конкретные воздействия на тренажерную модель. определенной степени здесь имеет место замещение действий по преобразованию объекта действиями над закононосителями, но данный феномен объективно присущ деятельности оператора в современных системах управления.

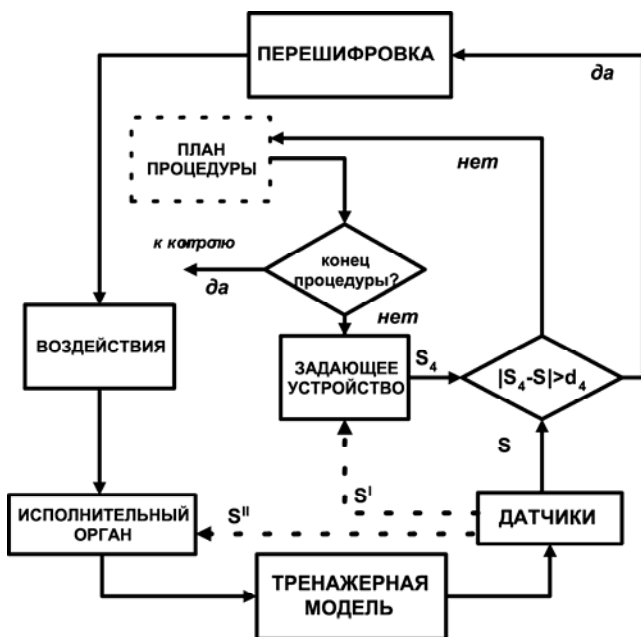
В определенной степени здесь имеет место замещение действий по преобразованию объекта действиями над закононосителями, но данный феномен объективно присущ деятельности оператора в современных системах управления.

Вышеотмеченное сходство с моторным научением проявляется и в механизме формирования навыка исполнения (рис. 5). В схеме присутствуют объект (тренажерная модель), задающее устройство, получающее программу действий, выработанную на стадии планирования, блок сличения текущего состояния объекта ( $S$ ) с планируемым ( $S_4$ ), блок перешифровки, т. е. выбора и модификации адекватных воздействий при обнаружении значительного рассогласования при сличении. Отметим также возможности непосредственной перестройки плана процедуры по ходу ее исполнения ( $S^I$ ) и автоматических сенсомоторных действий в простых случаях минуя контур сличения и перешифровки ( $S^{II}$ ).

В начальной фазе формирования навыка происходит уяснение внутренней картины спланированных действий; интенсивно расширяется словарь перешифровок наблюдаемых состояний в команды воздействий за счет варьирования условий выполнения процедур. В фазе автоматизации разнообразные отдельные шаги интегрируются в систему исполнения процедуры. Происходит также увязка навыка исполнения с соподлежащими навыками — прежде всего навыком контроля состояния системы закононосителей. Наконец, шлифовка исполнения позволяет упрочить и стандартизировать навык, в результате чего он становится защищенным от варьирования условий протекания процесса.

Повторение процедур является фактором стабилизации навыка, поскольку закрепляет желаемую связь между наблюдаемыми состояниями объекта и необходимыми воздействиями на него при динамически развивающемся процессе. В результате происходит ассимиляция варьирующих условий задачи в схему исполнения и аккомодация самой схемы к меняющимся услови-

ям. Каждый шаг исполняемой процедуры воспроизводит в миниатюре весь процесс принятия решений, приводя в действие все разнообразие психических процессов, к которым в качестве ведущих добавляются психомоторные процессы зрительно-двигательной координации, отслеживания динамического сигнала, формирования идеомоторных программ действий. Перенос определяется схематизацией задачи исполнения, сходством приемов ее решения, закреплении установки на реализацию спланированных типовых процедур.



**Рис. 5.** Формирование навыка исполнения процедур:  $S$  — наблюдаемые сигналы;  $S_4$  — уставки;  $d_4$  — порог рассогласования при исполнении;  $S'$  — перестройка плана по ходу исполнения;  $S''$  — автоматические действия

### 3.2. Формирование комплексного навыка принятия решений

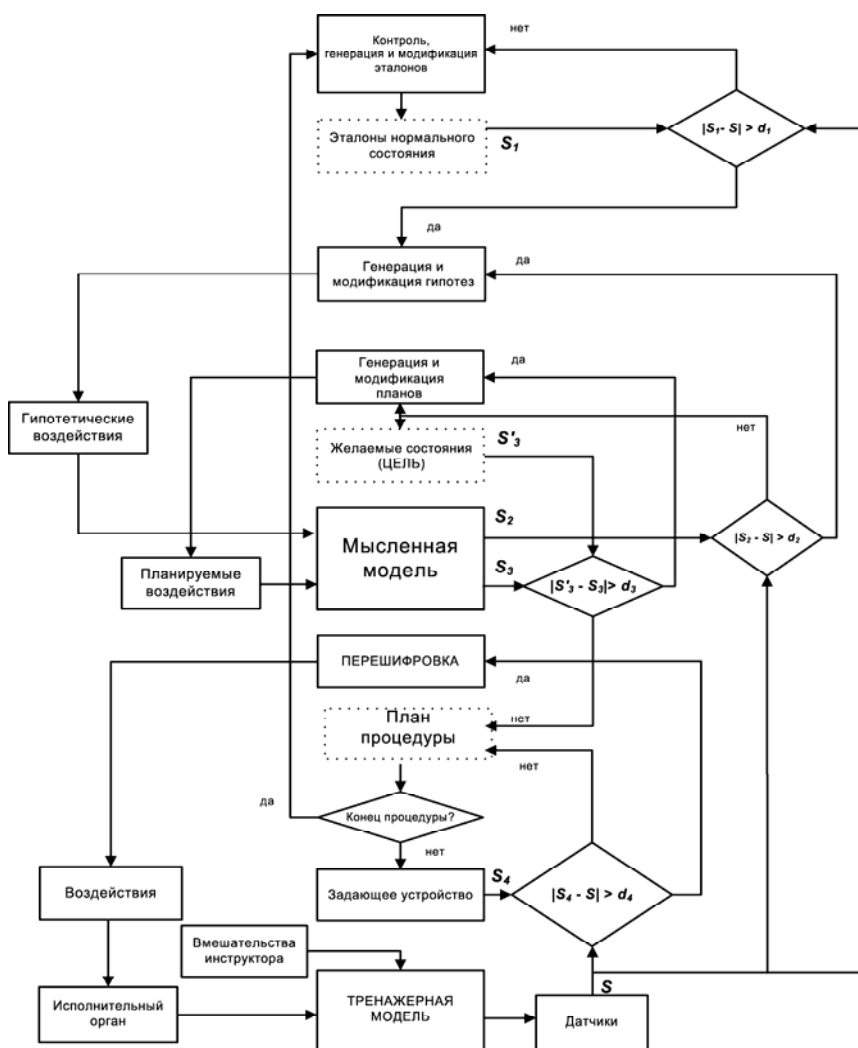
Взаимосвязь базовых навыков, необходимых оператору для успешного управления технологическим объектом, показана на

рис. 6. Два навыка нижнего уровня (ориентирование и прогнозирование последствий) входят как составные элементы в навыки верхнего уровня — распознавания отклонений, поиска причин неисправностей, планирования и исполнения процедур. И хотя, как отмечалось выше, необходимо развивать каждый из них в отдельности, формирование комплексного навыка принятия решений в компьютерном тренинге вовсе не отменяется. Наоборот, оно приобретает наиболее эффективную и логически завершенную форму, поскольку основывается на возможности смоделировать динамический отклик объекта и системы управления на произвольные управляющие воздействия оператора и вмешательства инструктора.



**Рис. 6.** Взаимосвязь базовых навыков оператора

Схема формирования комплексного навыка принятия решений представлена на рис. 7.



**Рис. 7.** Комплексный навык принятия решений:

$S$  — наблюдаемые сигналы;  $S_1$  — эталонные сигналы нормального состояния;  $S_2, S_3$  — выходные сигналы мысленной модели;  $S'_3$  — желаемые состояния объекта;  $S_4$  — уставки;  $d_1, d_2, d_3, d_4$  — пороги распознавания отклонений, адекватности гипотезы, адекватности плана и рассогласования при исполнении, соответственно



Предполагается, что достаточно богатые и правильные эталоны нормального состояния и мысленная модель объекта уже имеются у оператора перед началом тренинга как результат предварительно обучения и практического опыта. Механизм формирования комплексного навыка явным образом включает схемы наработки базовых навыков верхнего уровня и неявным — нижнего уровня (ориентирование и прогнозирование последствий). Это объясняется вышеупомянутыми свойствами навыков нижнего уровня — они, во-первых, имеют инструментальный характер, а, во-вторых, формируются и поддерживаются в процессе выполнения оператором действий на основе навыков верхнего уровня, в которые они включены.

Хотя процесс принятия решений замкнут, т. е. исполнение процедур управления переходит в контроль системы закононосителей, анализ механизма формирования комплексного навыка начнем со стадии обнаружения. Оператор может наблюдать поведение моделируемого объекта через систему закононосителей по выходам тренажерной модели и воздействовать на нее через эмулируемые исполнительные органы.

Если сличение наблюдаемых по тренажерной модели симптомов  $S$  с эталонами нормального состояния  $S_1$  не позволяет определить нарушение хода процесса, оператор остается в цикле контроля и модификации эталонов. Распознавание отклонения переводит его действия в цикл генерации и проверки гипотез, где выявленная симптоматика  $S$  сличается с откликами мысленной модели  $S_2$  на текущие гипотетические воздействия. Пока рассогласования остаются значительными, идет модификация гипотез; при достижении допустимой точности конечная гипотеза принимается, и действия оператора переходят в цикл генерации планов компенсации. Здесь отклики мысленной модели  $S_3$  на текущие планируемые воздействия сличаются с желаемыми состояниями объекта  $S'_3$  в виде цели процедуры компенсации по конечной гипотезе. Процесс модификации планов продолжается, пока близость состояний не будет достигнута; после того, как план выбирается, оператор переходит в цикл исполнения процедуры. Здесь последовательные пункты плана реализуются путем прямого воздействия на тренажерную модель. По ходу исполнения отклики тренажерной модели на воздействия оператора  $S$  сличаются с выходами задающего устройства  $S_4$ , связанного с выполняемым планом. При

наличии значительного расхождения через блок перешифровки происходит выбор необходимых воздействий на объект; при достижении с заданной точностью требуемого состояния оператор переходит к следующему пункту плана, а при окончании плана возвращается в цикл контроля.

Уникальные возможности компьютерного тренинга позволяют организовать условия для формирования комплексного навыка на практически неограниченном множестве динамически развивающихся ситуаций, требующих от оператора задействия как полного набора базовых навыков выполнения отдельных этапов принятия решений, так и умения разрешать возникающую ситуацию комплексно — от ее обнаружения до полной компенсации последствий.

Особо подчеркнем возможность вмешательств инструктора как с целью инициации того или иного нарушения, так и по ходу моделирования процесса для усложнения и варьирования условий тренинга.

#### ***4. Методика компьютерного тренинга операторов***

Методический опыт КТ операторов освещен в научной литературе лишь фрагментарно. Кроме вышеупомянутых работ [6, 7, 22] отметим ряд общеметодических результатов исследователей [17, 61, 72–76]. В то же время практические методики обучения, разрабатываемые ведущими производителями тренажерных систем, нуждаются в обосновании с точки зрения их соответствия механизмам деятельности и научения операторов. Ниже кратко излагаются методические принципы и приемы тренинга операторов, опирающиеся на предложенную модель формирования базовых и комплексных профессиональных навыков и на опыт автора по внедрению КТ на базе современного тренажерного компьютерного комплекса [12, 30].

Существенно расширяя возможности обучения и тренировки, КТ полностью удовлетворяет принципиальным требованиям профессиональной подготовки операторов ТП [77]. Так, принцип сознательности обучения реализуется за счет возможности фиксировать и воспроизводить любые состояния моделируемой эргатической сис-

темы в форме тренировочных упражнений, для каждого из которых четко определяются содержание и значение необходимых операторских действий. Принцип активности обучения, вообще, наиболее полно проявляется именно в компьютерных тренажерах, позволяющих оператору управлять динамически изменяющимся объектом и обеспечивающих при этом высокую степень его вовлеченности в тренинг. Это же относится к принципу наглядности, реализуемому в наиболее общей функции КТ — возможности демонстрации хода ТП в реальном времени [20]. Органично обеспечивается в КТ и требование адекватности внешних помех и воздействий, возмущающих ход ТП. Современные тренажерные системы позволяют инструктору осуществлять практически неограниченный набор вмешательств в ход моделируемого процесса.

Принцип индивидуальности обучения в КТ реализуется путем формирования программ под конкретных операторов, когда инструктор создает индивидуально ориентированные упражнения, сценарии воздействий на ТП [11, 30]. Наконец, принцип объективности оценки и вовсе представляется трудно реализуемым вне КТ. По существующим оценкам, до 30 % оценок, выставляемых разными инструкторами одним и тем же обучаемым, отличаются на 1–2 балла [77]. В этом плане возможности комплексной оценки тренинга, осуществляемой в КТ в темпе с моделируемым процессом или по результатам занятий, незаменимы для характеристики текущих действий оператора и для анализа уровня приобретенных навыков. Важно, что такая оценка кроме собственно качества выполнения задания может учитывать дополнительные факторы, характеризующие условия достижения результата — затраченное время, темп управляющих воздействий и пр.

Методика КТ включает организационный аспект, вопросы анализа результатов и коррекции дидактических приемов, мотивационный фактор. Однако ключевой момент, несомненно, состоит в учете психологических особенностей операторской деятельности. Тренинг должен строиться не как последовательность упражнений на заучивание стандартных ситуаций и процедур, а как инструмент формирования и закрепления правильных механизмов деятельности, прежде всего — на понятийном уровне. Многие методические положения удастся учесть в рамках концепции системогенеза [78] и функционально-психологического подхода к тренировкам [5]. Вместе с тем общий уровень методического обеспечения тренинга нель-

зя признать высоким [76], причем остро ощущается недостаток методик, последовательно учитывающих механизмы формирования навыков.

Основная идея предлагаемого подхода состоит в дополнении традиционного КТ в виде предъявляемых оператору динамических ситуаций на моделируемом объекте приемами формирования отдельных базовых навыков. Для реализации этой идеи недостаточно простого переноса на компьютер упражнений по каждому отдельному навыку; вырванные из контекста принятия решений такие упражнения «зависают» без необходимой дидактической и мотивационной поддержки.

Выход состоит в использовании техники фиксации априорного прогноза, в соответствии, с которой на разных стадиях обучения (при промежуточной или окончательной проверке закрепленных знаний, планировании процедур, проверке гипотез и т. д.) обучаемому предлагается перед работой на тренажере описать и зафиксировать ожидаемый результат действий и затем сравнить его с полученным при компьютерном моделировании. По своему содержанию предлагаемая техника относится к классу антиципативных. Отметим, что важность тренировки антиципирующих возможностей психики и формирования механизмов использования предвосхищения как дополнительного способа ориентации, способствующего повышению пластичности сформированных навыков, уже отмечалась исследователями [17].

Несмотря на кажущуюся очевидность, прием фиксации априорного прогноза имеет глубинное психологическое обоснование. Во-первых, вербализация ожидаемого результата, связанная с необходимостью фиксировать его в заранее подготовленных формах, переводит знания оператора с уровня довербальных первых сигналов на уровень вторых (рече-мыслительных) сигналов, способствует большей структуризации и более прочному закреплению знаний. Мотивации достижения, являясь мощной «энергетической» подпиткой успешного решения человеком сложных интеллектуальных задач и опираясь как на внешнюю потребность признания [79, с. 416], так и на внутреннюю значимость самоактуализации и реализации потенциала (там же, с. 487), выступает в качестве одного из определяющих факторов эффективного тренинга. Фиксация прогноза и его дальнейшее сравнение с результатами моделирования, с одной стороны, делают тренажерную «игру» оператора

более спортивной и стимулируют получение высоких результатов, а с другой — повышают его внимание к содержательному результату моделирования. (Необходимо заметить, однако, что, несомненно, активизируя деятельность оператора и повышая его ответственность за результат, априорный прогноз в то же время существенно «повышает ставки» тренинга, что в случае неуспеха может вызвать ситуацию психологического дискомфорта и снижение мотивации.) Немаловажно также, что документированный априорный прогноз весьма полезен в качестве отчетного документа и базы для оценки результатов тренинга.

Известно несколько классификаций видов КТ на базе моделирования хода ТП. В монографии Дина и Вайтлока [20], например, описываются четыре следующих вида: факсимиле, т. е. воспроизведение работы объекта в целях безопасной отработки стандартных воздействий; демонстрация (показ динамического поведения объекта в разнообразных технологических ситуациях); тренировка (*drill*), т. е. глубокое изучение отдельных элементов оборудования; принятие решений (отработка генерации вариантов и планирования исполнения решений). Такое деление идет, однако, от характера предлагаемой оператору задачи, а не от механизмов ее решения. Представляется оправданным выделить следующие пять разделов типового курса КТ исходя из специфики процесса принятия решений: ознакомление с объектом; прогнозирование последствий по методу «Что, если?»; генерация возможных причин неисправностей; диагностика причин неисправностей; стандартные, типовые и аварийные процедуры действий.

Ниже приводится краткое описание указанных разделов и характеристика соответствующих им автоматизированных систем обучения, опробованных на многих промышленных предприятиях.

## **4.1. Формирование базовых навыков с использованием автоматизированных систем обучения**

### **4.1.1. Ознакомление оператора с объектом**

Этот раздел чрезвычайно важен при подготовке операторов вновь вводимых или модернизируемых ТП, при переходе на новую систему управления, при изучении типовых технологических объ-

ектов в условиях учебных центров. Использование тренажеров для ознакомления операторов с работой внедряемой установки или новой системы управления, вообще, принадлежит к не требующим дополнительного обоснования преимуществ КТ. По существующим оценкам [80, 81], курс КТ в этих условиях помогает ускорить пуск на несколько дней, что при современной стоимости сложного производства только само по себе с лихвой окупает все затраты на тренинг. В условиях КТ на действующих установках данный раздел полезен как средство обновления знаний опытных операторов (в частности, после вынужденных пропусков в работе) или обучения вновь принимаемых работников.

Нацеленный на формирование навыков интеллектуального ориентирования и распознавания отклонений, такой тренинг предусматривает, прежде всего, ознакомление с представлением процесса в операторском человеко-машинном интерфейсе (иерархическая структура кадров, состав иерархических уровней, содержание отдельных кадров, типы информации на всех уровнях). Когда структура представления становится привычной, оператор сосредотачивается на ознакомлении с оборудованием на каждом участке технологического объекта (насосы, емкости, теплообменники, конденсаторы, колонны и пр.).

Априорный прогноз реализуется путем предоставления оператору копий мнемосхем процесса с пропущенными обозначениями технологического оборудования, названиями, нормальными значениями и единицами измерения переменных. (Похожий метод часто применяют преподаватели иностранных языков в упражнениях с пропущенными словами или буквами.) Проверку правильности осуществляет сам оператор за компьютерным тренажером. При этом его включенность в процесс обучения и эффективность выработки образов-эталонов нормального состояния намного выше, чем в случае пассивного контроля системы носителей.

Аналогично происходит ознакомление оператора с работой автоматики, важное как при внедрении на объекте новой компьютерной системы управления, так и при изучении режимов работы и настроек действующих систем. Оператор фиксирует возможные типы и режимы работы регуляторов, нормальные положения исполнительных органов, параметры настройки регуляторов и систем усовершенствованного управления.

#### 4.1.2. Распознавание отклонений от нормы. Автоматизированная система обучения «НОРМА»

Актуальность выработки оператором надежного и эффективно-го навыка распознавать отклонения процесса от допустимой нормы определяется, по крайней мере, двумя существенными обстоятельствами. Во-первых, пропуск или несвоевременное обнаружение отклонений чревато значительными потерями в работе дорогостоящего объекта и даже риском для оборудования, окружающей среды и здоровья людей. И наоборот, «ложное срабатывание» приводит к запуску трудоемких последующих процедур цепочки принятия операторских решений: попытке диагностировать причину несуществующего «обнаруженного» отклонения, планировать и даже осуществлять ненужную (а подчас — вредную) компенсацию последствий мнимого отклонения. Во-вторых, львиная доля рабочего времени оператора проходит как раз в постоянном мониторинге ТП и решении, считать ли наблюдаемые значения технологических параметров допустимыми или констатировать отклонение от нормы. В этой ситуации без стабильного, помехозащищенного навыка обнаружения отклонений (далее — DDS: от *Deviation Detection Skills*) работа оператора превратится в тяжелый и неэффективный труд, не оставляющий сил на принятие более важных управленческих решений.

Несмотря на значительную оснащенность современных систем управления ТП средствами автоматического обнаружения и оповещения оператора о нарушениях режима заявленная задача выработки DDS все еще остается и, надо полагать, надолго останется нетривиальной. Дело в том, что, как отмечалось в разд. 3.1.2, само понятие «*нормальный режим*» для сложного динамического объекта вовсе не сводится к набору заданных значений технологических параметров, достигаемых с некоторой заданной точностью. Норма динамична, представляет собою скорее допустимое соотношение значений ключевых параметров и может проявляться, а, следовательно, нарушаться в огромном количестве сочетаний и вариантов, заучить которые и невозможно, и бессмысленно.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Сошлемся на актуальный, хотя и невеселый пример. Ясно, что попытка обучить милиционера на входе в метро обнаруживать террористов путем запоминания фотороботов предполагаемых преступников малопродуктивна. На практике при-

Как решалась задача формирования DDS ранее? В ставшей уже классической работе [22], обучаемому предъявлялись моментальные «снимки» состояний ТП в форме показаний вторичных приборов со значениям и/или историческими трендами технологических параметров. Оператор должен был определить, нормально текущее состояние процесса или нет. Удивительно, но с появлением мощных вычислительных средств, обучение в данной области мало изменилось. Более того, при повсеместном распространении компьютерных средств обучения интерес к тренингу DDS как будто даже упал. Это отражает известную тенденцию к «заужению» компьютерного тренинга только до манипулирования обучаемым управляющих переменных ТП в различных технологических ситуациях без выделения в качестве специального предмета научения отдельных этапов операторской деятельности — обнаружения отклонений, диагностики их причин и компенсации их последствий. В то же время немногочисленные психологические работы (см., напр., [82]), анализирующие формирование операторского навыка с когнитивных позиций, но не преследующие цель алгоритмизации соответствующих процедур тренинга, остаются неизвестными большинству практических разработчиков средств компьютерного обучения.

Очевидно, что проблема требует принципиально другого подхода. В соответствии с предложенной автором регулятивной моделью деятельности оператора сложных ТП [30], механизм выработки DDS должен с достаточной степенью когнитивного подобия воспроизводить механизм реального обнаружения отклонений и представляет собой уже упоминаемую ранее схему управления с обратной связью (рис. 1). Научение достигается здесь в ходе одновременного включения воспринимаемой информации об объекте в механизм формирования эталонов и распознавания отклонений, с одной стороны, и приспособления этого механизма к динамически изменяющемуся ТП, с другой.

Заранее не очевидный вывод из описанной схемы состоит в том, что объектом воздействия в ней (в кибернетическом смысле — объектом управления) является некая *ментальная* (мысленная) модель нормы, расширять и совершенствовать которую собствен-

---

дут другие, а если и те же, то опознать их в огромном и быстром потоке пассажиров, особенно с учетом качества фотороботов, будет невозможно.



но и следует в процессе тренинга. Заметим, что, может быть, именно DDS дает хороший пример обучения по ходу реальной деятельности, поскольку, как указывалось выше, практически все рабочее время оператор занят именно обнаружением отклонений. Не слишком высокая эффективность научения связана при этом с общей дуальной природой пары «управление — обучение». В рассматриваемом случае выявленные (или пропущенные) отклонения настолько осложняют работу, что не оставляют оператору ресурса для их фиксации и осмысления. В то же время постоянно принимаемое решение о сохраняющейся «норме» мало способствует выработке DDS, как и вообще все «отрицательные» результаты проверок в обучении (известно, что человек с большим трудом усваивает и редко учитывает такую отрицательную информацию при решении задач).

При анализе схемы на рис. 1 понятно, что оператор должен заранее обладать некоторой начальной моделью нормы, т. е. набором эталонных состояний процесса, включая не только регламентный режим ТП, но и другие допустимые технологические режимы — варианты штатной работы на разной производительности, разным сырье, при разных погодных условиях и т. п. В результате тренинга эта начальная модель проверяется, уточняется, расширяется, а соответствующий DDS осваивается, стандартизируется, шлифуется, становится защищенным от ложных срабатываний и эффективным в применении.

Ранее приводились психические процессы, отвечающие за формирование DDS и реализацию процесса обнаружения отклонений — это механизмы внимания, памяти, опознания, без которых невозможна никакая деятельность по обнаружению. Но раз обнаружение — это не столько выемка из памяти отдельных «снимков» нормы и сличение их с наблюдаемым состоянием, сколько распознавание образа, то операторская деятельность по обнаружению отклонений есть постоянное применение решающего правила о принадлежности/непринадлежности наблюдаемого состояния к образу (или набору образов) нормы. При этом важными становятся психические механизмы сравнения, обобщения, классификации, выделения, а формирование DDS превращается в выработку и совершенствование указанного решающего правила путем тренинга перечисленных психических механизмов в реальном предметном контексте.

С нашей точки зрения для этих целей идеально подходит методика «Четвертый лишний», чрезвычайно популярная как элемент развивающих игр, а также как инструмент тестирования особенностей мышления [83]. В применении к исследуемой задаче суть этой удивительно простой и удачной методики такова. Обучаемому последовательно предъявляются серии «снимков» состояния ТП, каждая из которых содержит по четыре снимка одного и того же технологического участка со значениями измеряемых переменных. Обучаемый заранее уведомляется, что один и только один из снимков не соответствует норме, и его задача определить, какой именно. Решая эту задачу, оператор вынужден задействовать имеющуюся у него модель нормы, сопоставлять предъявленные снимки на предмет их соответствия норме и, таким образом, укреплять саму норму и решающее правило, выделяющее единственный «ненормальный» снимок.

Изюминка метода не только в высокой степени когнитивного подобия тренинга реальной деятельности (как по предметному контексту, так и по процедуре переработки информации), но и в обеспечении мотивационной составляющей обучения. Автоматизированная система формирования DDS, получившая название «НОРМА» [84], вносит в процедуру обучения игровой элемент, тем самым поддерживая у оператора мотивацию достижения максимального возможного результата.

Технически система базируется на описании ТП в форме т. н. «симптомо-комплекса», т. е. набора причин отклонений хода процесса от нормы и симптомов, вытекающих из наступления этих причин. На этапе формирования заданий (последовательностей нормальных и ненормальных состояний) используется маска, фильтрующая предъявляемую оператору информацию. Таким образом, снимки, описывающие одинаковые состояния ТП, в разных сериях могут (в том числе — по случайному закону) выступать как различные представления процесса, что делает игру более богатой.

Реализация «НОРМЫ» в связке с компьютерной тренажерной моделью ТП представляется наиболее выгодной. Во-первых, тренажер является практически неисчерпаемым ресурсом получения нормальных и ненормальных состояний процесса; во-вторых, предложенная система создает базу для т. н. «предтренажерной» подготовки, которая позволит перейти от обучения по типу «бро-

силь в воду» к эффективному и методически обоснованному тренингу навыков управления с учетом специфики как отдельных этапов, так и операторской деятельности в целом.

#### **4.1.3. Прогнозирование по методу «Что, если?». Автоматизированная система обучения «АФОН»**

Этот важный раздел КТ направлен на развитие у оператора навыка прогнозирования последствий воздействий на технологический объект, базового для этапов диагностирования причин и планирования компенсирующих действий. Оператор дает оценку как качественных последствий вмешательств в ход процесса, так и количественных изменений отдельных технологических переменных. В первом случае он определяет последовательность и общий характер событий, вытекающих из того или иного действия, во втором — оценивает направление (и, возможно, силу) изменения сигналов.

При отработке качественных характеристик прогноза обучаемый составляет последовательность событий, вытекающих из заданного действия, а затем сравнивает свой прогноз с поведением моделируемого объекта. При этом динамическое развитие ситуации со свойственной ей симптоматикой становится предметом всестороннего анализа, а отклонение ожидаемого поведения от наблюдаемого побуждает оператора исследовать причины обнаруженного несоответствия.

Отработка количественных характеристик по методу «Что, если?» способствуют развитию у оператора способности правильно предсказывать количественные изменения в процессе как результат наступления событий, вытекающих из тех или иных планируемых действий. На стадии прогноза оператор заполняет матричные формы, связывающие наступившие события с изменениями в значениях технологических переменных. Обычно, оператору достаточно поставить в соответствующем элементе матрицы знак «↑» для обозначения увеличивающегося, знак «↓» — уменьшающегося и прочерк — неизменяющегося значения переменной. Технически это, пожалуй, наиболее развитый и комплексный прием априорного прогноза, поскольку для его реализации оператор должен привлечь широкий набор знаний об устройстве объекта и системы управления. В частности, он должен учесть режим работы автоматики, которая в определенных обстоятельствах может парировать

последствия предпринятых воздействий (например, регулятор уровня в емкости за счет уменьшения отвода жидкости будет в течение некоторого времени компенсировать недостаток поступающей жидкости из-за отключения питающего насоса). Кроме того, оператору может понадобиться технологическая схема процесса для отслеживания по ней возможных последствий рассматриваемых воздействий.

Электронная версия методики формирования навыка прогнозирования, являющаяся элементом автоматизированной системы обучения «АФОН» (Автоматизированное Формирование Навыков принятия операторских решений) [85], получается на основе заранее известной матрицы инцидентности, строки которой соответствуют причинам отклонений, а столбцы — отдельным симптомам, т. е. возможным отклонениям значений технологических параметров от нормы. Задача оператора — указать, будут ли иметь место изменения (и — если да — то какие именно) в значении тех или иных параметров как следствие наступления заданных нарушений в ходе ТП.

Как и обычно, зафиксированный априорный прогноз очень полезен при самопроверке «оператора, разборе причин несоответствий ожидаемого и случившегося после проверки на тренажере. Сверенный прогноз с отметками возможных расхождений может стать частью отчета о ходе тренинга.

#### ***4.1.4. Генерация возможных причин неисправностей***

Очевидный способ данного вида тренинга — предоставить оператору хорошо продуманные и подготовленные технологические ситуации, практикуясь в распознавании которых он развивает умение анализировать изменения условий протекания процесса и эффективно определять их наиболее вероятные причины. Технически ситуации легко задаются инструктором на базе библиотеки заранее созданных начальных состояний или путем прямого вмешательства в ход процесса (одномоментного или с помощью сценариев); в каждой ситуации оператор должен определить причину нарушений. Априорный прогноз в данном случае имеет форму определяемого оператором списка возможных причин, желательно упорядоченного по убыванию их вероятности.

В автоматизированной системе обучения «АФОН» априорный прогноз для навыка генерации причин реализуется в специ-

альной экранной форме, в которой оператор выбирает из заданного множества причины, порождающие заранее известную симптоматику.

После фиксации прогноза правильность оставленных в списке причин проверяется на тренажере, причем, даже если инструктор может активизировать нарушение лишь по части возможных причин, разбор ситуации позволит оператору отсеять часть других гипотез путем экспериментального обнаружения симптомов, исключающих эти гипотезы из списка допустимых. Очевидно, что отказ от методики априорного прогноза (работа в режиме однократного поиска причины нарушений на тренажере) оставит за бортом обучения богатое пространство причинно-следственных связей технологического объекта и сильно обеднит возможный результат тренинга.

#### **4.1.5. Диагностика причин неисправностей. Автоматизированная система обучения «ДИАГНОСТ»**

Основополагающий механизм диагностики причин отклонений базируется на двух описанных выше навыках — прогнозировании последствий известных обучаемому вмешательств в ход ТП и генерации возможных причин, вызвавших наблюдаемые симптомы.

Лежащая в основе обеих методик матрица инцидентности легко порождается с помощью моделирования на тренажере. При этом используется симптоматика, соответствующая различным установившимся состояниям объекта (штатным и нештатным). Основной прием такого КТ сводится к предъявлению обучаемому конечных симптомов тех или иных нарушений. Предполагается, что имеющиеся у оператора представления о нормальном состоянии ТП позволяют ему сначала детектировать отклонения от нормы, а затем, используя процедуру генерации и проверки гипотез, устанавливать их причины.

Практическое использование описанных в подразделах 4.1.3 и 4.1.4 методик на крупнейших промышленных предприятиях показало их высокую эффективность. Удалось резко повысить качество обучения в сравнении с традиционным подходом, в котором нарабатывалось сразу комплексное умение управления объектом, а от обучаемого, погруженного в сложную ситуацию нарушения работы процесса, требовалось одновременно идентифицировать ситуацию и компенсировать нежелательные последствия.

В то же время, в данных методиках становление механизмов операторской деятельности остается пассивным, в том смысле, что первоначально имеющиеся у обучаемого стратегии управления таким тренингом не затрагиваются. Закрепив базовые навыки, оператор вынужден без надлежащей поддержки интегрировать их в общую когнитивную схему управления ТП посредством решения возникающих в ходе тренинга проблемных ситуаций. При этом отсутствует оперативная обратная связь относительно качества и эффективности совершаемых действий.

Нельзя не учитывать также, что упомянутые выше этапы принятия операторских решений протекают взаимосвязно, образуя единый комплекс предметных действий по обнаружению, диагностике и компенсации. При этом центральное звено решения — собственно определение причины отклонений — не может быть сведено к «слепому» перебору гипотез, а представляет собой целенаправленный механизм поиска. Эффективное умение найти исходную причину, конечно, не может быть сформировано без наличия развитых базовых навыков, но состоит именно в способности быстро и продуктивно модифицировать исходную гипотезу путем привлечения необходимой симптоматики. Назначение КТ на его завершающей, наиболее продвинутой стадии как раз и состоит в совершенствовании такого умения, т. е. в оптимизации стратегии операторских решений.

Диагностика причин отклонения хода ТП от нормы традиционно привлекала внимание исследователей. Наиболее подробному анализу подвергались при этом так называемые *предписывающие* (нормативные) стратегии диагностики, в которых оператор действует по заранее заданной формальной схеме перебора вариантов как, например, в стратегии «деления неопределенности поровну» (*half-split strategy*) [86], или как в стратегиях, основанных на вероятности отказа или средней наработке на отказ [87]. В то же время в классической работе [88] устанавливается, что характер выбираемых оператором ментальных процедур определяется ограничениями на объем кратковременной памяти и объем умозаключений, резко снижающими возможность использовать формально эффективные предписывающие стратегии.

Как отмечалось ранее, диагностика невозможна без владения базовыми навыками прогнозирования и генерации причин неисправностей. Однако, очень хорошего оператора отличает от просто

хорошего скорее не точность прогнозирования или богатство генерируемых причин, а умение эффективно изменять гипотезу под новые, появляющиеся симптомы. Очевидно, что методически обоснованный тренинг стратегий диагностики должен опираться на воспроизведение когнитивного механизма, явно содержащего функциональные элементы, ответственные за выбор стратегии. Такой механизм показан на рис. 8 и, в отличие от описанного выше (рис. 3), содержит развернутую процедуру модификации гипотез путем последовательного целенаправленного выбора информационных запросов о текущем состоянии ТП.

На основании обнаруженных симптомов отклонения хода ТП от нормы оператор, прежде всего, решает, требует ли полученная на текущий момент совокупность таких симптомов немедленной (пусть частичной) компенсации, или ситуация позволяет заняться дальнейшей диагностикой. В последнем случае сначала формируется множество гипотез, непротиворечащих наблюдаемым симптомам ( $H''$ ). Аналогично принципиальной схеме (рис. 3) оператор генерирует различные гипотезы ( $H'$ ), прогнозирует с помощью мысленной модели реакцию процесса на гипотетические воздействия ( $S'$ ) и сравнивает ее с имеющейся симптоматикой ( $S$ ); если разница не превышает заданного порога ( $d$ ), гипотеза считается допустимой, в противном случае — отбрасывается.

Затем, если только множество непротиворечивых гипотез не состоит из единственной причины (тогда она объявляется конечной и оператор приступает к стадии компенсации отклонений), наступает решающая фаза диагностики — модификация множества гипотез, представляющая собой, по сути, выбор дополнительного запроса информации<sup>7</sup>, оптимальный с точки зрения достижения цели диагностики. Для этого оператор:

- генерирует текущие варианты запросов (проверок)  $J$ ;
- оценивает их по некоторому критерию  $Q(H'' S''(J))$ , значение которого зависит от прогнозируемого с помощью мысленной модели состояния  $S''(J)$  текущего  $J$ -ого симптома на множестве непротиворечивых гипотез  $\{H''\}$ ;

---

<sup>7</sup> С методической точки зрения целесообразно отделять *запрос* информации (обычно это считывание показаний приборов на рабочем месте оператора) от *проверок* истинности причин, как правило, осуществляемых «по месту» и, следовательно, более трудоемких и затратных по времени.

- выбирает оптимальный вариант запроса  $J^*$ , реализуемый на технологическом объекте (или — в случае КТ — на тренажерной модели).

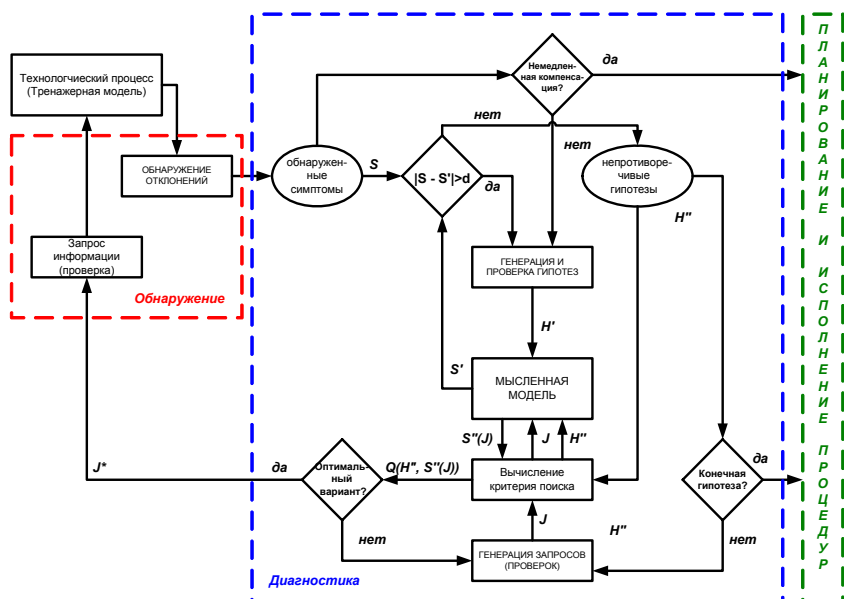


Рис. 8. Когнитивная модель формирования навыка диагностики

Вопрос о критериях оптимальности операторского выбора представляет самостоятельный интерес и не является предметом настоящего обсуждения. Отметим, однако, что как поиск делением неопределенности поровну, так и поиск по минимуму среднего времени проверки гипотезы в силу недопустимой нагрузки на оператора нереализуемы без специальной информационной поддержки принятия решений [89]. Ниже описываются методики КТ, учитывающие описанный когнитивный механизм диагностики и обеспечивающие оператору такую поддержку.

Сложности реализации полноценного тренинга эффективных стратегий диагностики, очевидно, связаны с необходимостью решить три следующих проблемы:

- обеспечить богатую и доступную симптоматику неисправностей (матрицу инцидентности), которая, с одной стороны, не



требовала бы (по соображениям дороговизны и безопасности) функционирования реальных технических объектов в потенциально опасных режимах, а с другой — не ограничивалась только экспертными оценками специалистов (не всегда бесспорными и трудно пополняемыми);

- гарантировать положительный перенос получаемых навыков за счет обеспечения адекватности предлагаемой операторам симптоматики и воспроизведения в тренинге механизмов формирования навыков;
- мотивировать оператора на совершенствование стратегии поиска.

Предлагаемое нами решение конкретизируется в трех методиках, основанных на следующих исходных предпосылках:

- оператору ставится задача отыскать заранее назначенную («загаданную») причину (для простоты — единственную) некоторого набора симптомов за минимально возможное число информационных запросов<sup>8</sup>;
- по результатам каждого запроса оператор может изменять набор возможных причин и проверяемых симптомов.

<sup>viii</sup> *А) Определение причины нарушений по конечным симптомам.*

Матрица инцидентности, как и в случае пассивного тренинга, заполняется заранее; причем источником информации является прежде всего тренажерная модель, хотя может привлекаться и эксперт-технолог и данные наблюдений на реальном ТП.

*В) Определение причины нарушений по динамике развития ситуации.* Оператору предлагается симптоматика, относящаяся к состояниям ТП в последовательные дискретные моменты времени, например, разделенные <sup>ix</sup>5-минутными интервалами. При этом задача сводится к нескольким задачам поиска типа (А), причем на каждом 5-минутном отрезке оператор может запросить ограниченное число симптомов. Неиспользованные на текущем шаге запросы накапливаются и могут реализовываться на следующих временных отрезках;

---

<sup>8</sup> Дефицит информации в таком подходе приравнивается к дефициту времени на принятие решений, т. е. предполагается, что в сложной ситуации оператор может не успеть воспринять и/или переработать весь имеющийся объем информации.

однако возвращение к предыдущим состояниям не допускается. На каждом новом шаге симптоматика может меняться.

**С) *Определение причины нарушений при возможной компенсации последствий.*** Дальнейшее развитие методики активного тренинга приводит к необходимости допустить, что на практике оператор не обязан (а часто — и не может) пассивно следить за развитием аварийной ситуации и параллельно с поиском окончательной причины может предпринимать необходимые воздействия на ТП. Такой подход позволяет, кроме всего прочего, осуществлять одновременный тренинг диагностики и исполнения, отсутствие которого может привести на практике к серьезным ошибкам. Технически методика реализуется по типу (В), но на каждом временном интервале допустимы операторские воздействия на объект, которые могут привести к корректровке матрицы инцидентности.

Предложенные методики реализованы в автоматизированной обучающей системе «ДИАГНОСТ» [85]. Тренинг осуществляется в форме игры с оператором, в ходе которой система последовательно «загадывает» одну из причин отклонения и осуществляет так называемый «первоначальный вброс» (случайный или заранее определенный) — т. е. сообщает пользователю об изменении некоторого технологического параметра вследствие наступления загаданной причины. Задача оператора — отобрать причины, непротиворечащие уже имеющейся симптоматике (на первом шаге — начальному вбросу), сформировать гипотезу о возможной причине неисправностей и сформулировать следующий информационный запрос к системе.

В любой момент оператор может дать ответ, если посчитает, что правильно определил загаданную причину. В случае, если ответ верный, игра завершается, и оператору выдается оценка решения. При неверном ответе оператор получает уведомление об ошибке и может продолжить решение. Ответ может быть ошибочным в двух случаях: 1) либо уже проверенных симптомов недостаточно для однозначного определения нарушения («мало информации»), 2) либо какой-нибудь из уже запрошенных параметров ведет себя иначе, чем в предполагаемой оператором причине («ошибка оператора»).

Оператор может пользоваться технологической схемой и описанием процесса. Для последующего анализа результатов тренинга в системе ведется протокол обучения, содержащий первоначальный вброс, все действия оператора (запросы симптомов, запросы схемы и описания процесса, выборы причин), а также оценку сделанного «хода». Также ведется учет времени, затраченного на каждый ход.

Оператор обеспечивается тремя видами оценки: *оценкой выбранной гипотезы*; *оценкой текущего информационного запроса* (по нескольким критериям оптимальности); *оценкой всей игры* (суммарная стоимость всех запросов и проверок гипотез в сравнении со стоимостью «оптимального» поиска).

С помощью системы «ДИАГНОСТ» могут автоматически порождаться как пассивные методики формирования базовых навыков, так и активные методики обучения по конечным симптомам (методика А) и по изменяющимся во времени симптомам (методика В). В последнем случае необходимо иметь не только матрицу конечного состояния, но и матрицы инцидентности в заданные промежутки времени, что при наличии тренажерной модели процесса не представляет принципиальной проблемы. Будучи соединенным с компьютерным тренажером, «ДИАГНОСТ» позволяет также реализовать активный тренинг с компенсацией (методика С).

На примере автоматизированной системы обучения «ДИАГНОСТ» уместно кратко остановиться на мотивационном аспекте компьютерного тренинга [90].

Очевидно, что о положительном переносе навыка диагностирования нельзя говорить, если мотивационная структура деятельности оператора в тренинге не будет отражать его мотивацию при решении реальных задач поиска. Что же касается последней, то она определяется некоторым набором стрессовых факторов, испытываемых оператором в практической деятельности.

Можно выделить три типа стресса операторов ТП.

*Стресс оперирования в зоне опасных значений параметров ТП* нельзя смоделировать в КТ, поскольку он связан прежде всего с эмоциональными переживаниями опасности и ее последствий для жизни и здоровья оператора.

*Стресс ожидания потерь вследствие неисправной работы ТП.* Ощущение ответственности оператора за последствия, связанные с

нарушениями работы ТП, может быть смоделировано путем вычисления общей цены игры, зависящей от качества решения задачи диагностики и изначально достаточно большой, чтобы оператору «было что терять».

*Стресс ограниченного времени на диагностику* представляет собой наиболее важный момент активации деятельности оператора, направленный не столько на мотивацию собственно решения, а именно на совершенствование способа диагностирования. В системе мотивационное подобие достигается путем замены дефицита времени на принятие решения дефицитом информации. Таким образом, правила «игры» направляют оператора на поиск такой последовательности информационных запросов, которая обеспечит наиболее короткий путь решения.

«ДИАГНОСТ» опробован в лабораторных условиях (в роли обучаемых выступали разработчики тренажерных моделей, непричастные ни к созданию обучающей системы, ни к моделированию используемого при обучении ТП), а также в тренинге операторов технологических установок на крупных российских нефтеперерабатывающих заводах. Опрос обучаемых и анализ протоколов тренинга, автоматически поддерживаемых системой, позволяет утверждать, что с увеличением числа игр: 1) ТП становится все более «изученным», о чем свидетельствуют уменьшение числа обращений к схемам и текстовым описаниям процесса; 2) снижается физическое время игры, поскольку оператор научается решать задачу диагностики; 3) и, главное, изменяется стратегия решения, что выражается в сведении практически «на нет» числа проверок ошибочных причин и в снижении числа необходимых для решения запросов симптомов [91].

#### **4.1.6. Стандартные, аварийные и типовые процедуры действий оператора**

Данный раздел тренинга предназначен для развития у оператора навыка планировать и осуществлять основные регламентные процедуры и компенсировать неполадки в процессе путем целенаправленных безопасных и эффективных действий. В ходе тренинга оператору предлагается реализовать те или иные процедуры для достижения желаемого состояния объекта или корректировки смоделированных неисправностей. При этом можно выделить три типа процедур: стандартные (пуск, плановый или аварийный останов,

переход на пониженную производительность и т. п.), действия в типовых ситуациях (обычно, создаваемых инструктором путем вмешательства в работу моделируемой системы); процедуры локализации и ликвидации аварий (по плану, являющемуся неотъемлемой частью регламента),

Здесь также очень важна техника априорного прогноза, когда оператор заранее фиксирует последовательность планируемых действий. Затем обучаемый (возможно, вместе с инструктором) пытается реализовать предложенную последовательность на тренажере, имея все возможности оценить степень ее реализуемости и удачности.

Методически обучение процедурам (т. е. выбору необходимых действий, их планированию и исполнению в стандартных условиях или при заданных причинах неисправности) удобно совмещать с обнаружением событий и диагностикой причин. Инструктор неожиданно вмешивается в ход процесса, а оператор сначала детектирует наступление события, определяет его причины и только затем компенсирует их правильными и эффективными действиями. Такое совмещение, по сути, означает тренинг комплексного навыка принятия решений с использованием техники априорного прогноза.

## **4.2. Типовой состав и структура тренировочного упражнения**

С инструментальной точки зрения все типы предлагаемых оператору задач должны оформляться в виде тренировочного упражнения, т. е. некоторого задания, содержащего конкретные цели тренинга и методы их достижения. Данное родовое понятие элемента тренинга объединяет и обучение длительным регламентным процедурам и отработку единичных технологических действий. Именно в форме заранее созданных упражнений может быть передан пользователю методический материал обучения; так же как опыт, приобретаемый инструктором по ходу КТ, может накапливаться только во вновь создаваемых упражнениях, что является обязательным элементом набора инструкторских средств в современных тренажерных системах (см., например, [11, 12, 92]. Условие открытости тренажера в смысле накопления опыта инструктора, вообще, необходимо рассматривать в качестве одного из принципов КТ.

Во всех случаях тренировочное упражнение предполагает осуществление оператором известной совокупности действий по принятию решений; логично поэтому, что состав и последовательность элементов упражнения должны определяться механизмом этих действий. Какая часть информации, содержащейся в упражнении, будет предоставляться оператору, зависит от формы тренинга, выбранной инструктором. Например, при отработке пуска установки оператору необходимо явным образом сообщить задачу и, возможно, предоставить всю процедуру (научение по принципу факсимиле, или отработка стандартных процедур), а при замене неожиданно отказавшего насоса он не должен знать даже цели упражнения (методика обнаружения причин).

Представляется обоснованной следующая полная структура типового упражнения. Цель упражнения формулирует желаемый результат, достигаемый оператором при его выполнении. Рекомендуемое время выполнения служит ориентиром объема и сложности решаемой задачи. Описание исходной ситуации содержит характеристику момента обнаружения тренировочного события. Часто оно сводится к указанию на возникновение тревожных сообщений по тем или иным технологическим позициям. Иногда упражнение начинается с медленного и небольшого изменения значений переменных или с события, возникающего только как следствие некоторых действий оператора (например, в случае отказа исполнительного механизма в текущем положении при попытке изменить поток значение переменной расхода не изменяется). Наблюдения, как и предыдущий раздел упражнения, относятся к стадии обнаружения событий и содержат список основных симптомов, вытекающих из изучаемого события (так будет вести себя объект после наступления события, если не предпринимать никаких корректирующих действий). Заметим, что последовательность указанных наблюдений совпадает со списком последствий в методике «Что, если?».

Информации, содержащейся в уже описанной части упражнения и полученной оператором путем априорного прогноза или из наблюдений за ходом моделируемого процесса, достаточно для распознавания причин нарушения и принятия решений по их компенсации. Требуемые действия представляют собой план реализации необходимых процедур; здесь же содержится обоснование выбранных действий. Наконец, Процедура перечисляет конкретные операции по исполнению выбранных и спланированных действий.

## ***Заключение***

В работе проанализированы основные психологические проблемы, связанные с компьютерным тренингом операторов ТП. Предложена модель формирования базовых и комплексных профессиональных навыков, основанная на анализе психологических характеристик деятельности оператора компьютеризированной системы управления и учитывающая особенности механизмов научения и переноса в КТ. Сформулированы принципы построения методики обучения операторов на компьютерном тренажере; предложен и обоснован универсальный прием фиксации априорного прогноза, существенно повышающий эффективность тренинга. Описаны автоматизированные системы обучения, разработанные в рамках предложенного подхода к КТ и успешно внедренные в практику обучения.

Вследствие выбранного акцента на когнитивную проблематику ряд психологических вопросов КТ остался за пределами настоящего рассмотрения — в частности, формальные аспекты коммуникации оператора с ЭВМ [93]; личностные и культурологические проблемы взаимодействия операторов и инструктора в условиях автоматизации [94, 95]; требования к профессиональной подготовке инструкторов КТ [75]. Представляется, что будущее компьютерных тренажеров как эффективных инструментов обучения персонала и обеспечения безопасности производства не в последнюю очередь связано с усилиями исследователей и разработчиков по комплексному учету в КТ «человеческого фактора».

## ***Литература***

1. BLS. Occupational Injuries and Illness in the United States by Industry // Bulletin 2366. US Department of Labor, Bureau of Labor Statistics Bulletins. August, 1990.
2. King, W. New concepts in maintenance training // Aviation Engng. & Maintenance. 1978. No. 6. P. 24–26.
3. Mouilleau Y., Dechy N. Initial Analysis of the Damage observed in Toulouse after the accident that occurred on 21th of September on the AZF site of the Grande Paroisse company:  
<http://www.safetynet.de/Seiten/2ndSymposium/Dechy.pdf>

4. Чачко А. Г. Подготовка операторов энергоблоков: Алгоритмический подход. М.: Энергоатомиздат, 1986.
5. Бодров В. А. и др. Теоретические обоснования функционально-психологических тренировок / Развитие идей Б. Ф. Ломова в исследованиях по психологии труда и инженерной психологии. М.: ИП РАН. 1992. С. 154–170.
6. Van Eekhout J. M., Rouse W. B. Human Errors in Detection, Diagnosis, and Compensation for Failures in Engine Control Room of a Supertanker // IEEE Transactions System, Man, and Cybernetics. 1981. Vol. 11. No. 12. P. 813–816.
7. Johnson W. B., Rouse W. B. Analysis and Classification of Human Errors in Troubleshooting Live Aircraft Power Plants // IEEE Transactions System, Man, and Cybernetics. 1982. Vol. 12. No. 3. P. 389–393.
8. Платонов К. К. Психологические вопросы теории тренажеров // Вопросы психологии. 1961. № 4. С. 77–86.
9. Боднер В. А. и др. Авиационные тренажеры. М.: Машиностроение, 1978.
10. Wade H. L. A Survey of Vendor-Supported Tools for Real-Time Simulation. Present Availability and Future Needs // Proc. of 19 Ann. Control Conf. Purdue Univ., W. Lafayette, IA, USA, 1993. P. 25–38.
11. Дозорцев В. М. Структура человеко-машинного взаимодействия в компьютерных тренажерах операторов технологических процессов // Приборы и системы управления. 1998. № 5. С. 57–65.
12. Дозорцев В. М., Кнеллер Д. В. Технологические компьютерные тренажеры: все что вы всегда хотели знать... // Промышленные АСУ и контроллеры. 2004. № 12. С. 1–13.
13. Завалова Н. Д. и др. Образ в системе психической регуляции деятельности. М.: Наука, 1986.
14. Caro P. W. Aircraft Simulators and Pilot Training // Human Factors. 1973. Vol. 15. P. 502–509.
15. Analysis of the transfer of training, substitution, and fidelity of simulation of training equipment // Orlando, Florida: Naval Training Equipment Center, Training Analysis and Evaluation Group, TAEG Report No. 2. 1972.
16. Crawford A. W., Crawford K. S. Simulation of Operational Equipment with a Computer-Based Instructional System: A Low Cost Training Technology // Human Factors. 1978. Vol. 20(2). P. 215–224.
17. Береговой Г. Т., Пономаренко В. А. Психологические основы обучения человека-оператора готовности к действиям в экстремальных условиях // Вопросы психологии. 1983. № 1. С. 23–32.



18. *Hunt R. M., Rouse W. B.* Problem-Solving Skills of Maintenance Trainees in Diagnosing Faults in Simulated Powerplants // *Human Factors*. 1981. Vol. 23(3). P. 317–328.
19. *Brown et. al.* SOPHIE: A Step Toward Creating a Reactive Learning Environment // *Intern. Journ. Man-Machine Studies*. 1975. Vol. 7. No. 5. P. 675–696.
20. *Dean C., Whitlock Q.* A Handbook of Computer Based Training. Kgan Page, L. / Nichols Publishing, N.-Y., 2nd Edition, 1988.
21. *Glaser R. et. al.* The Tab Item: A Technique for the Measurement of Proficiency in Diagnostic Problem Solving Tasks // *Educational and Psychological Measurement*. 1954. Vol. 14. P. 283–293.
22. *Duncan K. D., Shepard A.* A Simulator and Training Technique for Diagnosing Plant Failures from Control Panels // *Ergonomics*. 1975. Vol. 18. No. 6. P. 627–641.
23. *Finch C. R.* The Effectiveness of Selected Self-Instructional Approaches in Teaching Diagnostic Problem Solving // *Journal of Educational Research*. 1972. Vol. 65. P. 219–223.
24. *Bibby K. S. et. al.* Man's Role in Control System // *Proc. 6th IFAC Congress*. Boston, USA. 1975. P. 4.
25. *Bainbridge L.* Ironies of Automation // *Automatica*. 1983. Vol. 19, No. 6. P. 775–779.
26. *Дозорцев В. М.* Оператор в компьютеризированной системе управления: к проблеме построения человеко-машинного интерфейса // *Приборы и системы управления*. 1998. № 3. С. 39–47.
27. *Завалишина Д. Н.* Способ и структура действия (на примере оперативных задач) // *Вопросы психологии*. 1971. № 6. С. 66–77.
28. *Журавлев Г. Е.* О возможном подходе к системной классификации действий человека-оператора // *Психологический журнал*. Т. 3. 1982. № 2. С. 100–110.
29. *Rouse W. B.* Models of Human Problem Solving: Detection, Diagnosis, and Compensation for System Failures // *Automatica*. 1983. Vol. 19. No. 6. P. 613–625.
30. *Дозорцев В. М.* Обучение операторов технологических процессов на базе компьютерных тренажеров // *Приборы и системы управления*. 1999. № 8. С. 61–70.
31. *Green D. M., Swets R. D.* Signal Detection Theory and Psychophysics. N.-Y., L., 1966.
32. *Sheridan T. B., Farrell W. R.* Man-Machine Systems: Information, Control, and Decision Models of Human Performance // *MIT Press*, Cambridge, USA, 1974.

33. *Niemela R. J., Krendel E. S.* Detection of a Change in Plant Dynamics in a Man-Machine System // *IEEE Transactions System, Man, and Cybernetics*. 1975. Vol. 5. No. 6. P. 615–622.
34. *Индлин Ю. Ф.* Деятельность наблюдателя в ситуации обнаружения // *Вопросы психологии*. 1975. № 3. С. 73–83.
35. *Ошанин Д. А., Зальцман А. М.* Об оперативности образа контролируемого процесса / *Психологические вопросы регуляции деятельности*, под ред. Д. А. Ошанина и О. А. Конопкина. М.: Педагогика, 1973. С. 13–22.
36. *Greenstein J. S., Rouse W. B.* A Model of Human Decisionmaking in Multiple Process Monitoring Situations // *IEEE Transactions System, Man, and Cybernetics*. 1982. Vol. 12. No. 2. P. 182–193.
37. *Vicente K. J., Rasmussen J.* Ecological Interface Design: Theoretical Foundation // *IEEE Transactions System, Man, and Cybernetics*. 1990. Vol. 22. No. 8. P. 589–606.
38. *Кантелинин В. Н.* Психологические проблемы разработки пользовательских интерфейсов // *Психологический журнал*. 1992. Т. 13. № 5. С. 37–47.
39. *Dale H. C. A.* Fault-Finding in Electronic Equipment // *Ergonomics*. 1957. Vol. 1. No. 4. P. 356–385.
40. *Rouse W. B.* A Rule-Based Model of Human Problem Solving Performance in Fault Diagnosis Tasks // *IEEE Transactions System, Man, and Cybernetics*. 1980. Vol. 10. No. 7. P. 366–376.
41. *Johannsen G., Rouse W. B.* Studies of Planning Behavior of Aircraft Pilots in Normal, Abnormal, and Emergency Situations // *IEEE Transactions System, Man, and Cybernetics*. 1983. Vol. 13. No. 3. P. 267–278.
42. *Neimark E. D., Santa J. L.* Thinking and Concept Attainment // *Annual Review of Psychology*. 1975. Vol. 26. P. 173–205.
43. *Schrank L. P.* Aiding the Decision-Maker — A Decision Process Model // *Ergonomics*. 1969. Vol. 12. No. 4. P. 382–389.
44. *Райтман У.* Познание и мышление. Моделирование на уровне информационных процессов / Пер. с англ. под ред. А. В. Напалкова. М.: Мир, 1968.
45. *Lindhall M.* On Transitions from Perceptual to Conceptual Learning // *The Scandinavian Journ. of Psychology*. 1968. Vol. 9. No. 3. P. 52–60.
46. *Дункер К.* Психология продуктивного (творческого) мышления // *Психология мышления* / Под ред. А. М. Матюшкина. М.: Прогресс, 1965.
47. *Брушлинский А. В.* Психология мышления и кибернетика. М.: Мысль, 1970.

48. *Rhine R.* The Relation of Achievement in Problem Solving to Rate and Kind of Hypotheses Product // *Journ. of Experimental Psychology.* 1959. Vol. 57. No. 4. P. 32–41.
49. *Burne L., Guy D.* Learning Conceptual Rules: Some Interrule Transfer Effect // *Journ. of Experimental Psychology.* 1968. Vol. 76. No. 3. P. 423–429.
50. *Di Vesta F., Walls R.* Transfer of Solution Rules in Problem Solving // *Journ. of Educational Psychology.* 1967. Vol. 58. No. 6. Pt. 1.
51. *Saugstad P.* Problem Solving as Dependent on Availability of Functions // *The British Journ. of Psychology.* 1955. Vol. 46. Pt. 3.
52. *Hayes-Roth B., Hayes-Roth F.* A Cognitive Model of Planning // *Cognitive Sciences.* 1979. Vol. 3. P. 275–310.
53. *Thorndike E.* *Human Learning.* N. Y., Century, 1931.
54. *Tolman E.* Principals of Purposive Behavior / In: *Koch, Psychology. A Study of a Science*, vol. II, N. Y., McGraw Hill, 1959. P. 92–157.
55. Монпелье де Ж. Научение / В сб.: *Экспериментальная психология*, под ред. П. Фресса и Ж. Пиаже. М.: Прогресс, 1973. С. 59–137.
56. *Hull C.* *A Behavior System.* N. Hawen, Yale Univ. Press, 1952.
57. Олерон Ж. Перенос / В сб.: *Экспериментальная психология*, под ред. П. Фресса и Ж. Пиаже. М.: Прогресс, 1973. С. 138–208.
58. Моляко В. А. Некоторые особенности мышления конструкторов при проектировании кинематических систем // *Вопросы психологии.* 1971. № 5. С. 38–46.
59. *Di Vesta F., Blake K.* Effects of Instructional «Sets» on Learning and Transfer // *American Journal of Psychology.* 1959. Vol. 72. P. 57–67.
60. *Rasmussen J.* Skills, Rules, and Knowledge, Signals, Signs, and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models // *IEEE Transactions System, Man, and Cybernetics.* 1983. Vol. 13. No. 3. P. 257–266.
61. Пономаренко В. А. и др. Психофизиологическое обоснование использования технических средств обучения при подготовке летного состава // *Вопросы психологии.* 1990. № 3. С. 40–48.
62. Анохин К. П. *Очерки по физиологии функциональных систем.* М.: Медицина, 1968.
63. Бернштейн Н. А. *Очерки по физиологии движений и физиологии активности.* М.: Медицина, 1966.
64. Ошанин Д. А. Роль оперативного образа в выявлении информационного содержания сигналов // *Вопросы психологии.* 1969. № 4, С. 24–32.

65. Ошанин Д. А. и др. К вопросу о динамике оперативных образов в процессах слежения с экстраполяцией / Психологические вопросы регуляции деятельности, под ред. Д. А. Ошанина и О. А. Конопкина. М.: Педагогика, 1973. С. 23–31.
66. Завалова Н. Д., Пономаренко В. А. Структура и содержание психологического образа как механизма внутренней регуляции предметных действий // Психологический журнал. 1980. Т. 1. № 2. С. 5–18.
67. Грицевский М. А. и др. Анализ состояния ожидания в труде оператора химического производства / Психологические вопросы регуляции деятельности, под ред. Д. А. Ошанина и О. А. Конопкина. М.: Педагогика, 1983. С. 95–128.
68. Ананьев Б. Г. Психология чувственного познания. М.: Изд-во АПН РСФСР, 1960.
69. Ошанин Д. А., Моросанова В. И. Динамический образ пространственно-временной структуры / Психологические вопросы регуляции деятельности, под ред. Д. А. Ошанина и О. А. Конопкина. М.: Педагогика, 1973. С. 32–50.
70. Ломов Б. Ф., Сурков Е. Н. Антиципация в структуре деятельности. М.: Наука, 1980.
71. Конопкин О. А. Психологические механизмы регуляции деятельности. М.: Наука, 1980.
72. Галактионов А. И., Янушкин В. Н. Трансформация структуры деятельности оператора АСУ ТП на стадии самообучения // Психологический журнал. 1981. Т. 2. № 6. С. 65–75.
73. Бодров В. А. и др. Комплексная оценка тренированности оператора // Психологический журнал. 1983. Т. 4. № 4. С. 58–63.
- 73а. Василец В. М. и др. О создании адаптивной структуры диалога в тренажерах и исследовательских стендах летальных аппаратов // Психологический журнал. 1982. Т. 3. № 5. С. 66–72.
74. Гримак Л. Н. и др. Некоторые принципы построения адаптивной системы подготовки // Психологический журнал. 1983. Т. 5. № 6. С. 62–68.
75. Рева А. И. и др. Психологические особенности деятельности и отбора инструкторов авиационных тренажеров // Психологический журнал. 1990. Т. 11. № 4. С. 38–46.
76. Бодров В. А., ред. Психологические проблемы подготовки специалистов с использованием тренажерных средств. / Сб. научных трудов. М.: ИП РАН, 1983.
77. Бодров В. А., Орлов В. Я. Психология и надежность: человек в системе управления техникой. М.: ИП РАН, 1998.

78. Шадриков В. Д. Проблемы системогенеза профессиональной деятельности. М.: Наука, 1982.
79. Хьел Л., Зиглер Д. Теории личности. СПб.: Питер, 1997.
80. Pathe D. C. Simulator a Key to Successful Plant Start-Up // Oil and Gas Journal. April, 1986. P. 45–48.
81. Fairchild B. T., Clymer A. B. Simulator Justification // Proc. Eastern Region Mini Conf., Society Computer Simulation Intern., N. J., USA. 1989. P. 1–32.
82. Галактионов А. И., Грошев И. В. Особенности формирования психического образа аварийных ситуаций при обучении операторов АСУ // Психологический журнал. 1996. Т. 17. № 2. С. 46–55.
83. Римская Р., Римский С., сост. Практическая психология в тестах, или Как научиться понимать себя и других. М.: АСТ-ПРЕСС, 2003.
84. Дозорцев В. М. Новый подход к формированию операторского навыка обнаружения отклонений технологического процесса // Сб. Трудов 18-й Междунар. научной конференции «Математические методы в технике и технологиях». Казань, 2005. Т. 8. С. 68–71.
85. Дозорцев В. М. ДИАГНОСТ: автоматизированная система тренинга эффективных стратегий принятия операторских решений // Автоматизация в промышленности. 2003. № 7. С. 24–29.
86. Kletsky E. J. An Application of the Information Theory Approach to Failure Diagnosis // IRE Transactions, PRQC-9. 1960. № 3.
87. Bond N. A. and J. W. Rigney. Bayesian Aspects of Troubleshooting Behavior // Human Factors. № 3. 1966.
88. Rasmussen, J. and A. Jensen. Mental Procedures in Real-Life Tasks: a Case Study of Electronic Trouble Shooting // Ergonomics. 1974. № 3.
89. Дозорцев В. М., Назин В. А. Сравнительный анализ нормативных стратегий поиска причин неисправностей в непрерывных технологических процессах // Сб. Трудов 17-й Междунар. научной конференции «Математические методы в технике и технологиях». Кострома, 2004. Т. 8. С. 219–222.
90. Дозорцев В. М. О моделировании стресса в компьютерных тренажерах для обучения операторов технологических процессов // Сб. Трудов 13-й Междунар. научной конференции «Математические методы в технике и технологиях», С.-Петербург, 2000. Т. 5. С. 97–98.
91. Dozortsev V. M. Diagnost: A Software for Developing Efficient Decision-Making Strategies // In Proceedings of the 6th Euromedia Conference «Euromedia'2001». Valencia, Spain, 18–20 April, 2001. SCS, Delft, Netherlands: P. 261–268.
92. SIMCONXTM Training Management Station. User Manual // ABB Simcon Inc., 1995.

93. Пономаренко В. А. и др. Проектирование диалога «оператор — ЭВМ» (Психологические аспекты). М.: Машиностроение, 1993.
94. Misumi J. The Science of Leadership Behavior within a New Paradigm for Interdisciplinary Behavior Research / In: Fallon B. J. et. al. (Eds.). Advances in Industrial Organizational Psychology. Elsevier Science Publishers (North Holland), Amsterdam, 1989.
95. Smith P. B. et. al. On the Generality of Leadership Style Measures across Cultures // Journ. Occupat. Psychology. 1989. Vol. 62. P. 97–109.

## ***Сведения об авторе:***

Дозорцев Виктор Михайлович — доктор технических наук, ведущий научный сотрудник Института проблем управления РАН, 334-87-71, victor.dozortsev@honeywell.com

---

<sup>i</sup> Слитно или через дефис?

<sup>ii</sup> Проверьте рисунок — не пропущено ли что-нибудь?

<sup>iii</sup> Рисунок перенесли, чтобы разместился на развороте.

<sup>iv</sup> Проверьте оформление списка.

<sup>v</sup> Это две разные фамилии?

<sup>vi</sup> Это две разные фамилии?

<sup>vii</sup> (Во всех рисунках в данной статье.) Проверьте подрисуночные подписи.

<sup>viii</sup> Проверьте оформление.

<sup>ix</sup> Исправлено.

# Методы принятия решений в организационных системах с учетом человеческого фактора

---

*А. А. Дорофеюк,  
А. Л. Чернявский*

Проведен анализ факторов, препятствующих применению классических методов экспертизы для принятия решений. Представлены методы коллективной многовариантной экспертизы, структурной и структурно-иерархической экспертизы, учитывающие человеческий фактор. Описаны примеры их применения.

## **1. Введение**

При анализе и совершенствовании (реформировании) организационных систем, а также в процессе их текущей деятельности часто возникают нестандартные проблемы, не имеющие готовых решений. В таких случаях руководитель организации или принимающий решения коллективный орган (ЛПР) вынужден опираться на мнения специалистов, имеющих большой опыт и хорошо знакомых с теми или иными аспектами рассматриваемой проблемы. Далее для краткости будем называть их экспертами, а процесс получения от этих специалистов информации, необходимой для принятия решения — экспертизой.

В обычно используемых, классических методах экспертизы, в которых мнения экспертов считаются «объективными», как правило, предлагается набор готовых вариантов, заданы чёткие (количественные или ранговые) критерии оценки, для обработки экспертных оценок используются простейшие статистические процедуры.

В данном случае такие методы неприменимы. Проблемы, возникающие в организационных системах, не имеют готовых вариантов решения, а подготовка вариантов является частью самого процесса принятия решений.

Далее, при сопоставлении и анализе экспертных мнений аргументация экспертов часто бывает важнее самих мнений, так как позволяет оценить степень их обоснованности. Поэтому обычные классические процедуры обработки экспертных оценок здесь также непригодны. Наконец, поскольку основная часть экспертов работает в той же системе, анализ или реформирование которой они осуществляют, их мнения не могут быть беспристрастными. Каждый из них не может абстрагироваться от того, какие последствия будут иметь принятые решения для его подразделения и него лично. Не спасает и организация коллективных обсуждений в их традиционной форме (совещания, «мозговой штурм»), поскольку сотрудники из политических соображений (возможность негативной реакции начальства, нежелание портить отношения с другими экспертами и т. п.) не всегда готовы открыто высказать своё мнение по острым вопросам.

Кроме того, даже эксперты, имеющие сходные точки зрения, иногда не могут работать в одной комиссии из-за особенностей личных взаимоотношений («конфликтность», психологическая несовместимость, взаимоотношения «начальник — подчиненный» и т. п.). Поэтому вместо того, чтобы сталкивать между собой людей, придерживающихся взаимоисключающих точек зрения, не имеющих возможности обсуждать спорные вопросы на равных и т. д., целесообразнее детально проработать каждую точку зрения в комиссии, состоящей из экспертов с приблизительно сходными точками зрения и не имеющих конфликтных взаимоотношений.

Ниже рассматриваются методы принятия решений с участием экспертов, позволяющие уменьшить отрицательное влияние человеческого фактора, а иногда — использовать его для получения дополнительной информации.

## **2. Метод коллективной многовариантной экспертизы**

При решении важных для организации и работающих в ней людей вопросов практически всегда имеется несколько различ-



ных, а иногда и прямо противоположных точек зрения. При этом каждая из них объективно имеет свои достоинства и недостатки, однако по причинам, рассмотренным выше, традиционные механизмы принятия решений не позволяют выявить их и объективно оценить.

Принципы коллективной многовариантной экспертизы, методика формирования экспертных комиссий и процедура их совместной работы подробно описаны в работах [1, 2].

Концепция такой экспертизы базируется на следующих принципах:

- экспертиза проводится в комиссиях, число которых не меньше числа различных точек зрения на исследуемую проблему;
- в одну и ту же комиссию должны включаться эксперты, имеющие близкие точки зрения на исследуемую проблему;
- в каждой комиссии могут работать только эксперты, не имеющие конфликтных взаимоотношений;
- для коллективной экспертизы отбираются условно компетентные эксперты (те, которые считаются компетентными для экспертов из одной и той же комиссии);
- организация и проведение экспертизы (выявление имеющихся точек зрения, формирование экспертных комиссий, представление позиции разработчиков при обсуждении их проектов в других комиссиях, обработка экспертных оценок, подготовка итогового отчета для ЛПР), должна проводиться специальной консалтинговой группой, приглашенной, для большей объективности, со стороны, независимой и незаинтересованной в результатах экспертизы.

Основная идея работы комиссий в рамках коллективной многовариантной экспертизы заключается в том, что первоначальные варианты (проекты) решения готовятся в комиссиях экспертов-единомышленников, имеющих близкие мнения по решаемому вопросу, а затем проходят «перекрестную экспертизу», т. е. обсуждаются в остальных комиссиях, эксперты которых имеют другие мнения и выступают в качестве оппонентов. Замечания оппонентов передаются разработчикам первоначальных проектов. После доработки с учетом полученных замечаний происходит новый этап перекрестной экспертизы и т. д. до тех пор, пока

комиссии соглашаются вносить изменения в свои проекты. В результате этой процедуры, как правило, полного согласования разных мнений не происходит. Однако каждый вариант решения получает всестороннюю и аргументированную оценку с указанием всех его преимуществ и недостатков, что позволяет ЛПР сделать обоснованный выбор.

Такой способ организации коллективного обсуждения, во-первых, нейтрализует негативное влияние человеческого фактора — не «сталкивает лбами» людей, стоящих на принципиально разных позициях или находящихся в неприязненных личных отношениях. Во-вторых, личная заинтересованность экспертов работает здесь на пользу дела. Заинтересованный эксперт постарается выявить все недостатки проекта, с которым он не согласен. С другой стороны, чтобы увеличить шансы своего проекта, разработчики заинтересованы учесть как можно больше замечаний оппонентов.

Особенно хорошо этот подход зарекомендовал себя при решении задач анализа и реформирования крупных организационно-экономических систем. Проиллюстрируем его на примере задачи реформирования регионального пассажирского автотранспорта Московской области [3, 4].

Анализ мирового опыта рыночного реформирования пассажирского автотранспорта и текущей ситуации на рынке пассажирских перевозок позволяет составить примерный перечень возможных действий, направленных на более широкое использование рыночных механизмов (изменение форм собственности, тарифная политика, введение конкурсной системы и соответствующее изменение порядка субсидирования, разработка механизмов компенсации убытков от перевозки пассажиров с правом бесплатного проезда). В результате детального обсуждения с экспертами этот перечень приобрел следующий вид.

## **Варианты реформирования пассажирского автотранспорта**

### *1. Реформирование ГУП «Мострансавто»:*

- а) сохранение статуса государственного унитарного предприятия;
- б) акционирование с передачей части акций в муниципальную собственность;

- в) акционирование с передачей в муниципальную собственность контрольного пакета акций в расчете на последующую приватизацию.

## *2. Регулирование тарифов:*

- а) сохранение существующего порядка;
- б) гибкое регулирование тарифов (более частый пересмотр с привязкой к ценам на горючее и средней по области заработной плате);
- в) отмена регулирования тарифов на некоммерческих маршрутах.

## *3. Введение конкурсной системы заключения контрактов на обслуживание некоммерческих маршрутов:*

- а) предоставление приоритета предприятиям, выполняющим большой объем социальных перевозок, или равные условия для всех перевозчиков;
- б) конкурс на выполнение некоммерческих перевозок (по установленным тарифу и графику) с двумя подвариантами:
  - б1 — конкурс с одним победителем, который должен целиком обслуживать маршрут;
  - б2 — конкурс с несколькими победителями, каждый из которых получает право на свою долю в обслуживании.
- в) конкурс на исключительное право обслуживания маршрута.

## *4. Порядок бюджетного субсидирования автотранспортных предприятий:*

- а) сохранение существующего порядка;
- б) предоставление субсидий только на конкурсной основе;
- в) сохранение компенсаций за льготных пассажиров, запрет субсидий при наличии коммерческих предложений (британский вариант);
- г) отмена субсидий, сохранение только компенсаций.

## *5. Создание механизма выплаты компенсаций и сокращение числа пассажиров, имеющих право бесплатного проезда:*

- а) сокращение объема льгот (уменьшение количества льготных категорий пассажиров, введение частичной оплаты);
- б) среднестатистический подход;

- в) выдача льготникам проездных билетов (единых или разовых);
- г) «транспортная надбавка» льготникам с отменой бесплатного проезда.

Вопрос о том, какие из этих вариантов реализовывать, в каком сочетании и в какой последовательности, оказывается далеко не очевидным. Мировой опыт также не дает однозначных ответов: во-первых, потому что оптимального решения проблемы пока не найдено; во-вторых, из-за специфики российских условий, не позволяющей подобрать соответствующий аналог в мировой практике.

В качестве экспертов привлекались специалисты с большим опытом работы на пассажирском автотранспорте и в непосредственно связанных с ним отраслях: руководящие работники Минтранса РФ, Министерства транспорта Московской области, Мособлимуущества и других подразделений Администрации Московской области, ГУП «Мострансавто», работники муниципальных образований, директора филиалов ГУП «Мострансавто», обслуживающих районы Московской области.

Для выявления основных точек зрения экспертам был предложен приведенный выше и сформулированный в виде анкеты перечень вариантов реформирования пассажирского автотранспорта Московской области. В каждом из разделов эксперты должны были выбрать вариант, который они считают целесообразным или предпочтительным. Анализ результатов анкетирования позволяет сделать следующие выводы.

1. Во мнениях экспертов, как и следовало ожидать, наблюдался сильный ведомственный перекося. Так, большинство директоров филиалов ГУП «Мострансавто» высказалось за предоставление приоритетов на конкурсах предприятиям, выполняющим большой объем социальных перевозок, и сохранение прежнего порядка предоставления субсидий; большинство работников областной администрации — за сохранение существующей государственной собственности в ГУП «Мострансавто»; большинство работников органов социальной защиты — за транспортную надбавку к пенсиям.

2. Если исключить эти ведомственные перекося, экспертов по их ответам на анкету можно разделить на три группы с условными названиями «консерваторы», «рыночники» и «социальные работники».

«Консерваторы» тяготеют к выбору первых (т. е. наиболее осторожных) вариантов в каждом из разделов анкеты. «Рыночники» выбирают в целом более радикальные варианты. Наконец, особняком стоит группа «социальные работники», эксперты которой слабо ориентируются в собственно транспортных проблемах и стремятся не допустить непосредственного ущемления интересов пассажиров — жителей области.

3. В данном случае число основных точек зрения оказалось равным шести. Однако при более подробном анализе классификации экспертов по точкам зрения выяснилось, что создавать шесть экспертных комиссий по принципу объединения в одну комиссию экспертов с приблизительно одинаковыми мнениями по всему кругу вопросов нецелесообразно. Дело в том, что вопросы акционирования и приватизации филиалов ГУП «Мострансавто», организации конкурсов и механизмов выплаты компенсаций относительно мало связаны друг с другом и практически могут решаться независимо (или почти независимо). Поэтому в данном случае целесообразнее провести не одну общую экспертизу, а три независимых экспертизы: по вопросам акционирования и приватизации, по организации конкурсов и по механизмам компенсации (т. е. по разделам 1, 3–4, 5), так чтобы в каждой экспертизе при рассмотрении вариантов реформирования попутно и по мере необходимости рассматривались и другие связанные с ними вопросы.

Недостаток места не позволяет дать здесь описание вариантов реформирования и выявленных в ходе экспертизы их преимуществ и недостатков. Приведем лишь ее краткий итог.

1. Основной стратегический вопрос проведения реформы — это вопрос о радикальности и темпах преобразований. Радикальной можно считать реформу с отменой регулирования тарифов и приватизацией государственных автотранспортных предприятий. Выше уже отмечалось, что идея отмены регулирования тарифов на некоммерческих маршрутах практически не нашла сторонников среди экспертов. Действительно, зарубежный опыт (Великобритания, Чили) показывает, что даже при наличии конкуренции тарифы после отмены регулирования растут заметно быстрее инфляции. Для Московской области такое увеличение тарифов социально недопустимо, так как оно существенно ограничит возможность пользоваться автобусным транспортом для многих

категорий населения. Кроме того, в Великобритании и в Чили отмена регулирования тарифов сопровождалась быстрой приватизацией и отменой субсидий, что стимулировало снижение себестоимости перевозок. В Московской области быстрое проведение приватизации автотранспортных предприятий в их нынешнем виде в настоящее время проблематично — и потому, что для этого пока нет юридической базы, и потому, что велика их убыточность. Поэтому более предпочтительным является путь постепенного реформирования, при котором не допускается быстрый рост тарифов и приватизация отрасли начинается не с изменения форм собственности, а с расширения частного сектора и создания честной конкуренции между частными и государственными перевозчиками.

**2. Автотранспортные предприятия и организации выдвигают два объяснения убыточности пассажирского автотранспорта:**

- а) тарифы отстают от роста цен;
- б) более 30 % жителей региона имеют право на льготы по оплате проезда, а механизм компенсации автотранспортным предприятиям связанных с этим убытков отсутствует.

В настоящее время бюджетная субсидия выделяется для покрытия суммарных убытков автотранспортных предприятий вне зависимости от их происхождения. Между тем, вторая составляющая убытков не зависит от автотранспортного предприятия, в то время как первая существенно зависит от эффективности его работы: уменьшения себестоимости перевозок и проявления инициативы на рынке транспортных услуг. Поэтому бюджетную субсидию пассажирского автотранспорта целесообразно разделить на две части: компенсацию убытков от перевозки льготных пассажиров и дотации, связанные с социальной необходимостью поддержания низких тарифов, причем расчеты по компенсациям и по дотациям следует проводить отдельно. Пример Московской области показывает, что после выплаты компенсации за перевозку льготных пассажиров коэффициент доходности автотранспортных предприятий оказывается на уровне 0,9–1,2. А зарубежный опыт говорит о том, что приватизация автотранспортных предприятий и развитие конкуренции снижает себестоимость перевозок не менее чем на 20–25 %. Следовательно, при гарантированной компенсации убытков от перевозки льготных пассажиров многие пасса-

жирские автотранспортные предприятия можно сделать из убыточных прибыльными — даже без повышения тарифов. Таким образом, внедрение механизма компенсации позволит создать прочную основу для решения всех остальных вопросов: выбора разумной тарифной политики, организации конкурсов и приватизации. Поэтому реформу бюджетного субсидирования пассажирского автотранспорта целесообразно начинать именно с внедрения механизма компенсации.

3. Из трех рассмотренных вариантов механизма компенсации наиболее предпочтительным представляется вариант с выдачей льготным пассажирам разовых проездных билетов (возможно, в комбинации с расчетом по среднестатистическому нормативу для малочисленных категорий льготников). Этот вариант позволяет точно определять количество перевозимых льготных пассажиров, а следовательно, и размер компенсации для каждого перевозчика; дает низкооплачиваемым категориям льготников возможность при небольшой доплате пользоваться более качественными услугами маршрутных такси; в результате коммерческие перевозчики забирают часть льготников на себя, что предотвращает рост объема компенсации при дальнейшем расширении коммерческих перевозок; позволяет создать механизм компенсации ведомственных льгот из бюджетов соответствующих ведомств. Эти преимущества вполне искупают затраты на реализацию варианта. Преимущества варианта с «транспортной надбавкой» (устраняется проблема разделения компенсации между перевозчиками, стимулируется экономное пользование транспортом и др.) слишком малы по сравнению с его недостатками: неэффективностью использования бюджетных средств и неудовлетворительностью уравнительного подхода к оплате транспортных расходов.<sup>1</sup>

4. Цель организации конкурсов на транспортное обслуживание — создание условий для возникновения конкуренции на рынке транспортных услуг. Поэтому вариант 3а, дающий явное преимущество предприятиям-филиалам «Мострансавто», в ходе обсуждения был отвергнут большинством экспертов. Из двух подвариантов 3б второй

---

<sup>1</sup> Этот вывод полностью подтвердился в ходе монетизации льгот на пассажирском транспорте (т. е. отмены права льготной оплаты проезда и выдачи льготникам денежной транспортной надбавки).

(конкурс с несколькими победителями), на первый взгляд, кажется более предпочтительным. Однако в этом варианте сложно обеспечить гарантированное качество обслуживания и контроль за выполнением условий контракта. Кроме того, работу строго по графику могут обеспечить только перевозчики, имеющие резервные автобусы. Перевозчики с одним-двумя автобусами, ради которых предлагается этот вариант, в принципе не могут выполнить это условие. Возможность возложить ответственность за обслуживание маршрута на одного перевозчика является решающим доводом в пользу первого варианта (с одним победителем).

Сложнее сделать выбор между вариантом 3б1 и вариантом 3в. Хотя недостатки варианта 3в, в котором право на коммерческие перевозки предоставляется только при условии выигрыша конкурса на обслуживание социальных перевозок, очевидны (неприемлемость принципа «торговли с нагрузкой» для рыночной экономики; ограничение конкуренции в секторе коммерческих перевозок), заранее не ясно, можно ли будет без него обойтись — по крайней мере, на первых порах. По-видимому, ясность появится только в ходе практической реализации конкурсов.

Помимо своей основной цели — создания конкуренции — конкурсная система попутно решает еще одну важную задачу. Она кладет конец разорительной системе субсидирования «по факту», когда размер субсидии прямо пропорционален полученному убытку. Только при заранее оговоренном размере субсидии автотранспортное предприятие становится заинтересованным в снижении себестоимости перевозок.

5. Если реализация механизмов компенсации и конкурсной системы не связана с риском (соответствующие механизмы могут оказаться более или менее эффективными, но вреда они не принесут), то при оценке вариантов акционирования и приватизации автотранспортных предприятий необходимо учитывать не только преимущества того или иного варианта, но и связанный с ними риск. Так, вариант 1в, в котором контрольные пакеты акций находящихся в районах пассажирских автотранспортных предприятий передаются в муниципальную собственность, создает наилучшие предпосылки для последующей приватизации. Однако этот вариант связан и с наибольшим риском, который заключается в том, что потенциальные преимущества рыночных механизмов и возможности



приватизации не удастся быстро реализовать, а резкая перестройка всей системы управления автотранспортными предприятиями дезорганизует транспортный процесс.

В этой ситуации наиболее целесообразным представляется подход, при котором реализация варианта 1в осуществляется не сразу, а поэтапно. На первом этапе проводится акционирование ГУП «Мострансавто» по варианту 1б. Это акционирование можно проводить параллельно со всеми остальными мероприятиями по реформированию пассажирского автотранспорта: внедрением механизма компенсации и конкурсной системы. По окончании первого этапа реформирования можно в порядке эксперимента, в одном-двух районах с наиболее благоприятными для этого условиями, реализовать вариант 1в. Если эксперимент даст положительный результат, этот опыт можно будет постепенно распространять на другие районы. Не исключено, что уже на первом этапе окажется возможным и целесообразным провести приватизацию нескольких наиболее подготовленных к этому автотранспортных предприятий.

### **3. Методы структурной и структурно-иерархической экспертизы**

Решения, принимаемые при реформировании организационных систем, а также в процессе их функционирования часто имеют определенную структуру. Другими словами, проект решения складывается из относительно независимых компонент (направлений), и задача состоит в тщательной проработке каждой такой компоненты и их адекватном агрегировании в единый проект. В такой ситуации возможны два варианта. Первый, когда по каждому направлению проводится независимая экспертиза либо в одной экспертной комиссии, либо одним экспертом, будем называть **структурной экспертизой**. Второй вариант, когда по каждому направлению проводится независимая многовариантная экспертиза с использованием описанной выше методологии, будем называть **структурно-иерархической экспертизой**. Выбор проекта решения по каждому направлению осуществляет ЛПР, ответственный за это направление, а их агрегирование в единый проект (управленческое решение) — ЛПР верхнего

уровня (руководитель организации). Вообще говоря, число уровней иерархии в такой экспертизе может быть больше двух — некоторые направления могут разбиваться на поднаправления, некоторые из которых, в свою очередь, могут иметь свои подразбиения и т. д. Очевидна схема обобщения процедуры агрегирования частных проектов (решений) на случай многих уровней.

Приведем пример, иллюстрирующий применение метода структурной экспертизы [5].

В последние десятилетия во всем мире получила широкое распространение новая форма организации страхового дела — кэптивные страховые компании (КСК), создаваемые крупными корпорациями для страховой защиты бизнеса своих дочерних предприятий.

КСК работают в основном с корпоративными клиентами. С каждым клиентом может быть заключен договор на несколько видов страхования (имущества, грузов, медицинское страхование и т. п.). Условия договора определяются в ходе переговоров, на которых происходит согласование интересов клиента и КСК. В процессе поиска компромиссного решения КСК может пойти на уступки (например, на снижение тарифов) по одним видам страхования, обеспечив выгодные для себя условия по другим видам.

Такой процесс нахождения взаимоприемлемого решения укладывается в методологию структурной экспертизы. Процессом переговоров с клиентом руководит директор КСК (ЛПР). Он опирается на предложения экспертов — специалистов КСК по видам страхования. Эти предложения формируются на основе рыночных тарифов с учетом множества не поддающихся формализации факторов и дают первоначальную основу для переговоров. В процессе переговоров клиент стремится изменить эти условия в свою пользу. Если у компании есть возможность сделать уступки, ЛПР начинает вторую итерацию работы с экспертами, выясняя возможности уступок по каждому виду страхования и размеры суммарных рисков компании в этих случаях. Затем возобновляются переговоры с клиентом и т. д., пока не будет достигнуто соглашение, либо выяснится его нецелесообразность.

В этом процессе важную роль играет заинтересованность экспертов. Каждый из них отвечает за «свой» вид страхования и стремится не допустить по нему убытков. ЛПР уступает экспертам в знании обстоятельств и условий конкретных видов страхования. Но

в то же время он не может во всех случаях соглашаться с их предложениями. Его задача — оценить перспективность клиента в целом и на этой основе определить, по каким видам страхования и в каких пределах можно пойти на уступки.

Очевидно, что по сравнению с коллективной многовариантной экспертизой работа ЛПР существенно усложняется. Фактически он выполняет функции, которые в многовариантной экспертизе выполняла консалтинговая группа. Это предъявляет особые требования к стилю руководства. В методе многовариантной экспертизы ЛПР практически не участвует в подготовке решения, получая результаты экспертизы уже в готовом виде. В структурной экспертизе ЛПР с первого момента играет в подготовке решения основную роль. Это, безусловно, положительно сказывается на качестве решений, хотя и увеличивает нагрузку на ЛПР.

Чтобы облегчить ЛПР решение стоящих перед ним проблем, структурную экспертизу желательно дополнить средствами поддержки принятия решений. В рассматриваемом примере таким средством может служить автоматическая классификация клиентов в пространстве показателей страховой деятельности.

Поясним эту идею на примере анализа страховой деятельности конкретной КСК, работающей по шести видам страхования. Каждый из них характеризуется шестью показателями (размер страховой премии, размер страховых выплат, прибыль и т. д.). Анализировались данные за 4 года, при этом каждый клиент в каждом году рассматривался как независимый объект. Общее количество клиентов 43, количество объектов 117. Методом экстремальной группировки показателей [6] были найдены 3 информативных показателя (фактора): размеры страховых премий по страхованию имущества (ИМУ1), грузов (ГРУ1) и авиастрахованию (АВИА1). Результаты автоматической классификации 117 объектов в пространстве этих трех показателей приведены в табл. 1.

Здесь Н, С, В — качественные характеристики классов, означающие, соответственно, низкий, средний и высокий размер страховых премий (границы диапазонов низких, средних и высоких значений каждого показателя определяются автоматически при построении классификации); Нет — данный вид страхования отсутствует; n об. — количество объектов, n кл. — количество клиентов в классе. Видно, что классы 1 и 2, включающие около 20 % клиентов, дают КСК более 50 % прибыли. Классы различаются не только величиной прибыли от

работы с клиентами, но и ее распределением по видам страхования. Имея эту классификацию, ЛППР в ходе переговоров определяет, к какому классу принадлежит клиент, и таким образом получает возможность более обоснованно выбрать направление и границы возможных уступок при выработке компромиссных решений.

Таблица 1

№ класса	п об.	п кл.	ИМУ1	ГРУ1	АВИА1	Прибыль
1	6	3	Н–В	С, В	Нет	14,33
2	10	6	С, В	Н, Нет	Нет	38,19
3	18	6	Н	Н	Нет	12,52
4	71	35	Н	Нет	Нет	35,93
5	4	1	Нет	Н	Нет	2,30
6	8	2	Нет	Нет	Н	0,31

## Литература

1. Дорофеюк А. А., Чернявский А. Л. Консультативная работа по совершенствованию управления в организационных системах (методологические основы). // В сб.: Методы и алгоритмы анализа эмпирических данных. / М.: ИПУ. 1998. С. 44–61.
2. Дорофеюк А. А. Методы мультигрупповой многовариантной экспертизы в задачах анализа и совершенствования организационных систем. Труды Института проблем управления РАН. Т. X. М., ИПУ РАН, 2000. С. 12–18.
3. Дорофеюк А. А., Кацыв П. Д. Метод многовариантной экспертизы в задаче совершенствования системы управления автобусными пассажирскими перевозками в крупном регионе. Материалы конференции «Интегрированные системы управления предприятиями». М.: ИПУ, 1996. С. 100–102.
4. Чернявский А. Л., Кацыв П. Д. Методы многовариантной экспертизы в задаче совершенствования управления пассажирскими перевозками. Труды Международной конференции «Интеллектуализация обработки информации». Алушта: КрГУ, 2002.
5. Чернявский А. Л., Шипилов Ю. В. Методы структурной экспертизы для принятия решений в страховом бизнесе. Труды IV-й Междуна-

родной конференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций» (CASC'2004). Москва, октябрь 2004 г. М.: ИПУ, 2004.

6. Браверман Э. М., Мучник И. Б. Структурные методы обработки эмпирических данных. М.: Наука, 1983.

### ***Сведения об авторах:***

Дорофеюк Александр Александрович — доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией ИПУ РАН, 334-90-70, [adorof@ipu.rssi.ru](mailto:adorof@ipu.rssi.ru)

Чернявский Александр Леонидович — кандидат технических наук, старший научный сотрудник ИПУ РАН, 334-75-40, [achern@ipu.rssi.ru](mailto:achern@ipu.rssi.ru)

# Информационные процессы и информационное управление

---

*Д. А. Кононов,  
В. В. Кульба,  
В. Д. Малюгин,  
А. Н. Шубин*

Представлены результаты разработки нового актуального направления исследований — информационного управления. Рассмотрены исходная понятийная база и методология моделирования информационных воздействий и влияний в социально-экономических системах с точки зрения системно-логического, структурно-социального, сценарного и информационно-логического подходов. Указаны принципы и области применения информационного управления.

## **1. Введение**

На пороге XXI века мировое сообщество столкнулось с рядом глобальных вызовов (определение их множества, приоритетов, прогноз взаимодействия соответствующих процессов — отдельная научная проблема в рамках возникшей в последние десятилетия области исследований — глобалистики) [13, 25].

Глобализация Человечества все более набирает темпы. Убыстряются процессы интеграции человеческой деятельности и на этой основе обостряются противоречия между отдельными составными элементами мировой системы общежития. Это часто приводит к глобальным разрушительным последствиям.

Принципиальная постановка проблемы носит общий характер: различные социальные слои отличаются своими жизненными понятиями и условиями существования. Они имеют различные по-

требности и интересы. Когда различия достигают некоторой критической величины, возникает социальная «ударная волна», выражающаяся в социальных катаклизмах. Размах и степень разрушения элементов общественной системы, ее структуры и происходящих в ней процессов при таких явлениях зависят от многих факторов, в том числе от тех производительных сил (вплоть до соответствующих технических средств и предметов труда) и форм их эксплуатации, которыми располагает и пользуется Общество к настоящему времени (например, «карманной» атомной бомбы). В этой ситуации удержать Общество от синергического разрушения возможно лишь на основе научно обоснованной теории управления им. В такой теории Человек, Общество должны выступать и как объект управления, и как его субъект. Наука Управления общественным развитием становится принципиально новым фактором существования Человечества.

## 1.1. Общая цель работы

Основной целью проводимых исследований является создание аппарата для изучения синергического (без явного управленческого воздействия, спонтанного саморазвития в соответствии с познанными или неизвестными объективными Законами Природы) и аттрактивного (с явным субъектом управления, преследующим определенную цель) поведения сложных систем (в первую очередь социально-экономических систем), включающего теоретические и практические аспекты предложенной проблематики. Указанный формализованный аппарат мог бы быть синтезирован на основе интеграции в настоящее время разрозненных компонент научных знаний теории управления, информатики, прикладной математики, синергетики, ряда гуманитарных наук.

В теоретическом плане такой синтез позволит<sup>1</sup> осмыслить, понять, принять и «запустить в работу» современные достижения науки, как необходимое условие выживания человечества. При этом чрезвычайно важно: интегрировать их в единую науку, призвав на помощь методологию различных научных отраслей, соз-

---

<sup>1</sup> Говоря «позволит» об аппарате, который находится в стадии становления, авторы выражают свою твердую уверенность в возможности осуществления эффективного процесса моделирования в определенных условиях. В ряде случаев последнее может быть подкреплено примерами.

дать тем самым «единую теорию поля» человеческого общежития и процесса управления им. Следует сформулировать: объект, субъект, методологию, принципы изложения материала, основные научные направления, подлежащие интегрированию, и схему их взаимодействия.

В практическом плане это, в частности, позволило бы разработать стратегию выхода России из нынешнего системного кризиса, перехода к инновационному развитию, выстроить концепцию ко-эволюции социума, техносферы и биосферы, сформулировать принципы взаимодействия России и мира, оценить стратегические инновационные ресурсы, способы управления ими и эффективность их реализации.

Комплекс проблем, поставленных перед Обществом реальной действительностью и требующих настоятельного разрешения как в общетеоретическом, научном, так и в практическом плане, требует применения адекватной методологии исследования. Эклектичность в понимании, изучении или применении различных методов анализа приводит к непредсказуемым отрицательным, а зачастую и к трагическим результатам, которые мы уже устали наблюдать в повседневной жизни.

Специфичный комплекс вопросов, требующих оперативных обоснованных решений, от которых часто зависит благосостояние, а иногда и само существование людей, необходимо исследовать в социально-экономических ситуациях. Наиболее остро эти проблемы проявляются в условиях конкуренции, рыночных отношений и часто меняющихся финансово-экономических условиях, при этом применение количественных методов для обоснования решений во всех областях целенаправленной человеческой деятельности может дать значительный эффект.

Принимаемые в сложных ситуациях решения, как правило, весьма далеки от оптимальных. Именно поэтому формулировки задачи специалистами-профессионалами, работающими над исследуемой проблемой, в большинстве случаев односторонни, выхватывают ограниченную область возможностей, не учитывая многообразия и взаимосвязи различных факторов проблемы. Следствие этого — низкая эффективность проведенных исследований и плачевность конечных результатов.

В последнее время появилось достаточное количество работ, посвященных альтернативным методам дальнейшего проведения



«реформ» в Российской Федерации, при этом авторами этих исследований являются совершенно различные группы специалистов: от экономистов и математиков до политологов и журналистов. Ряд схем, заявленных политиками-экономистами, на первый взгляд кажется вполне привлекательными и эффективными, ориентированными на выполнение тех ожиданий, которые ощущаются в обществе. Вместе с тем, как показала реальная действительность перестроечных лет, полагаться на так называемый «здравый смысл» очень опасно, тем более что авторы этого «здравого смысла» могут быть, к сожалению, не совсем чистоплотными в своих помыслах. Те же замечания можно отнести и к якобы хорошо изученным схемам социально-экономического реформирования, «эффективно примененным к другим социумам» и используемым в условиях России.

Важность формализованного описания и создания сценариев управления социально-экономическими явлениями сегодня не вызывает сомнений ни у одного специалиста смежных отраслей знаний.

В настоящее время существует определенный разрыв в моделировании социально-экономических процессов экономистами и математиками (не говоря уже о других категориях заинтересованных участников дискуссий). По нашему мнению он заключается в том, что экономисты проводят в основном «вербальное» (или эконометрическое) моделирование, подтверждая свои выводы с помощью статистических данных (не всегда, кстати, корректных, как показали уголовные процессы над руководителями государственных статистических органов), либо приводя примеры, «подтверждающие» их специфическую точку зрения, из известных аналогичных, как им кажется социально-экономических процессов, т. е. с точки зрения математиков, пользуются «методом неполной индукции». В то же время чисто математические конструкции страдают другой крайностью: результаты исследования полностью формализованных схем часто применяются не по назначению, в отрыве от реальной ситуации, возникающей в нашей стране. Таким образом, абсолютизация теоретических схем математических методов также может оказаться далекой от реальной жизни.

В 70–80-ые годы, в эпоху «золотой лихорадки» математической экономики было предпринято ряд удачных попыток формализованного описания процессов, протекающих в социально-экономиче-

ских системах (СЭС), основанных на различных принципах управления или согласования решений. Наряду с ортодоксальными исследованиями плановой экономики были сформулированы и изучены модели рыночного типа, начиная с математического описания процесса производства, и заканчивая моделями конкуренции и коллективного поведения участников рынка.

Указанные «крайние» позиции отбрасывает современная теория управления. Основная посылка авторов заключается в том, что формальные и неформальные (экспертные) методы анализа и принятия решений должны взаимно дополнять друг друга.

Вывод, который неоспоримо следует из предыдущих рассуждений, заключается в том, что для изучения процессов, происходящих в современном мире, требуется весьма тщательно выбирать методы исследования, при этом не абсолютизируя как формальные, так и неформальные процедуры поиска эффективных решений.

## 1.2. Методология исследования

Предлагаемая формализованная методология исследования человеческого фактора в управлении предполагает рассмотрение этого процесса на основе интеграции **системно-логического, структурно-социального и сценарного подходов**.

*Системно-логический подход* предполагает описание и изучение объектов исследования с позиций системного анализа, в основу которого положено понятие «**формальный системный объект**». Это позволит изучать объекты и процессы с точки зрения формальных логических и математических методов.

*Структурно-социальный подход* предполагает описание и изучение социально-экономических объектов управления на основе определения и структуризации видов человеческой деятельности. Это должно позволить изучать объекты и процессы в социальных системах на различных стратах социального устройства общества, выделяя основные социальные объекты, социальные структуры и описывать на этой основе различные социальные процессы.

При формализованном отображении объекта моделирования в предлагаемой концепции используется понятие «расширенное фазовое пространство», которое формируют в зависимости от цели исследования на определенной страте поля описания. Принципиальная практическая значимость изучения различных фазовых про-

странств в процессе управления различными стратифицированными описаниями реализуется в понятии «метанабор описания системы». Это дает возможность «сквозного» структурно-системного описания с единых методологических позиций ноосферы как разветвленной иерархической системы совместно функционирующих природных и общественных сил.

Моделированию подлежат из них следующие аспекты.

**«Технология»** — первая из трех главных общественно-природных сил. Она обузывает и объединяет в комплексы силы дочеловеческой природы (свойства материалов, физико-химические процессы и т. д.), «склеивая» их посредством энергетических связей.

Иерархическая структура сил — не новость для природы. Сила живой мышцы базируется на системе химических, а те, в свою очередь, — физических сил и т. п. Технология венчает собой эту пирамиду, одновременно ложась в основание иерархии сил антропологической природы.

**Организация** объединяет различные технологии в целостные «комбинаты», склеивая их посредством информационно-управляющих связей. Теперь технология из самодовлеющей силы превратилась в производительную силу организации, и в этом качестве эксплуатируется ею.

**Экономика** сплавляет в единую силу разрозненные организации, пронизывая их всепроникающими стоимостными связями. Природа этих незримых силовых линий, открытых и исследованных Марксом, оказалась столь неуловимой, что даже человечество XX века, познавшее внутриатомные связи, до сих пор не в ладах с его открытием...

...Происходящий на протяжении «предыстории» естественно-исторический процесс образования из «дочеловеческой природы» общественно-природных производительных сил есть процесс возникновения — на базисе совокупности различных природных форм движения — трех качественно новых форм движения «социальной материи».

**Энергия** есть качественно определенное отношение между различными формами природного движения, используемыми в качестве «сил» в рамках *технологии*.

Соответственно, в рамках *организации* существует *информация* как новое качественно определенное отношение на множестве различных форм энергии.

Наконец, в рамках *экономики* возникает и расширенно воспроизводится *стоимость* — новая качественная определенность, новое отношение, элементарными кирпичиками-элементами для которого служат различные формы информации.

Рост производимой обществом стоимости означает в конечном счете увеличение количества и разнообразия **форм движения природы, превращаемых в общественные производительные силы**. Информация и энергия при этом опосредуют экономику и природу: никому пока не удавалось непосредственно превратить стоимость в потребляемый предмет природы (услугу или же товар), не соотнеся ее предварительно с величиной энергии, определяемой технологией их производства, величиной, закодированной в информации в виде знаков на монетах или купюрах» [30].

Информационная и инновационная экономики представляют особый тип социально-экономических отношений, который требует специальных исследований, исходя из двух указанных параллельных триад «технология — организация — экономика» и «энергия — информация — стоимость».

Объединение системно-логического и структурно-социального подходов позволяет изучать **деятельность человека** в качестве основной движущей причины развития социально-экономической системы, рассматривая ее как структурированный спектр формализованных процессов изменения **состояний социально-экономических объектов и субъектов действия**.

*Сценарный подход* предполагает исследование процессов, происходящих в социально-экономических системах, на основе построения и изучения сценариев поведения (синергические сценарии) социальных субъектов действия и сценариев управления (аттрактивные сценарии) социальными объектами.

Объединение системно-логического, структурно-социального и сценарного подходов позволяет изучать многоаспектные проблемы, подвергать сценарному анализу и синтезировать сценарии рационального поведения различных социальных субъектов действия, и перейти к созданию системы обеспечения безопасности заданного социального объекта, социальной структуры или социального процесса.

Предлагаемая совокупность подходов, на наш взгляд, позволит проводить классификацию видов управленческих воздействий, классифицируя **обстоятельства их осуществления**. При этом классифи-

кация обстоятельств должна рассматриваться на основе существенных признаков, характеризующих:

- *области стратификации*, в которых осуществляется процесс управления, поскольку каждая из них характеризуется оригинальными способами описания;
- *цели субъектов действия*;
- *условия осуществления изучаемых процессов* в области стратификации,
- *применяемые модели и методы исследования*, которые определяют существенные выводы о характере изучаемых процессов.

Для эффективного изучения **информационного управления** [9, 21] предлагается использовать *информационно-логический подход* заключающийся в том, что описание и изучение информационных объектов проводится на основе формирования информационных совокупностей, обеспечивающих процессы функционирования заданных формальных системных объектов на рассматриваемых стратифицированных многообразиях. Основными понятиями, используемыми при этом, являются понятия «формальная информационная система», «информационная связь», «информационное поле», «информационная акция».

Введенное понятие «информационная акция» позволяет предложить формализованные способы описания стратегий поведения субъектов действия в различных ситуациях информационного взаимодействия.

Объединение системного и информационно-логического подходов позволяет изучать процедуры формирования, преобразования и использования информации как формальные процессы изменения **информационных состояний** (внутренних, внешних и расширенных) формальных системных объектов.

Объединение системно-логического, структурно-социального и информационно-логического подходов позволяет изучать информационные влияния и воздействия в социальных системах, рассматривая их как формализованные процессы изменения **информационных состояний социальных объектов и субъектов действия**, в том числе индивидуальные и коллективные действия людей, учитывая обстоятельства, в которых осуществляется процесс управления. Такой синтез позволяет рассматривать информационное пове-

дение (развитие) социально-экономической системы в целом, а также отдельных ее элементов.

Объединение системно-логического, структурно-социального, информационно-логического и сценарного подходов позволяет изучать многоаспектные информационные проблемы, анализировать и синтезировать сценарии рационального информационного поведения различных социальных субъектов действия, и, в конечном счете, перейти к созданию системы информационной безопасности заданного социального объекта, социальной структуры или социального процесса, в условиях ведения комплексного информационного взаимодействия.

## 2. Ключевые моменты исследования

### 2.1. Основные положения системно-логического подхода

В основу исследования процессов управления с позиций системного анализа положено понятие «формальный системный объект». Это позволяет строить модели и изучать объекты и процессы, происходящие в СЭС, на базе формальных логических и математических методов.

Принципы построения формальной системы, обозначаемой далее  $\tilde{S}(\Pi^{(S)})$ , основаны на следующих конструкциях:

- исходном множестве  $A$  возможных элементов системы;
- множестве гипотетических отношений между элементами  $R$ ;
- множестве гипотетических свойств этих отношений  $Pr$ ;
- знаниях об элементах внешней среды  $X$ ;
- знаниях об отношениях между элементами окружения  $R^{(X)}$ ;
- знаниях о свойствах этих отношений  $Pr^{(X)}$ ;
- отношениях  $R^{(A,X)}$  между элементами  $\tilde{S}(\Pi^{(S)})$  и окружения;
- знаниях о свойствах  $Pr^{(A,X)}$  отношений  $R^{(A,X)}$ ;
- единой концепции  $\Pi^{(S)}$  построения системы  $\tilde{S}(\Pi^{(S)})$ .

Тройку  $(A, R, Pr)$  называют статусом системы, на основе которого она может быть построена. Формальная система состоит из системных элементов первого и второго рода [22], строящихся из указанных конструкций и могущих находиться в различных состояниях. Вместе с системным элементом  $E^{(A)}(B, r, p)$  ( $B \subseteq A$ ,  $r \subseteq R$ ,  $p \subseteq Pr$ ) рассматривается ему соответствующий элемент окружения  $E^{(X)}(B)$ . Каждый из них может находиться в некотором состоянии [20].

Множество  $X(\tilde{S})$  задает все рассматриваемые для системы  $\tilde{S}(\Pi^{(S)})$  наборы  $\chi \in X(\tilde{S})$ , которые соответствуют всем состояниям внешних элементов, а  $Y(\tilde{S})$  — множество всех реализуемых внутренних состояний  $v \in Y(\tilde{S})$ . Таким образом,

$$S(\Pi^{(S)}) = X(\tilde{S}) \times Y(\tilde{S}) \quad (1)$$

— множество расширенных состояний системы  $\tilde{S}(\Pi^{(S)})$ , так что  $\eta = (\chi, v) \in S(\Pi^{(S)})$ .

Введение на множестве  $X(\tilde{S}) \times Y(\tilde{S})$  временного упорядочения позволяет говорить о *текущих состояниях внешней среды и внутренних состояний системы*  $\tilde{S}(\Pi^{(S)})$ , или *расширенных текущих состояниях*.

При изучении такого сложного объекта как социально-экономическая система целесообразно использовать различные методы исследования и формирования системных параметров.

Системный параметр — характеристика или величина признака, по которому понятие «формальная система» может быть разделено на классы в соответствии с обычными в логике правилами деления объема понятия [16]. Введенный ранее формализм выделяет как наиболее существенные характеристики системы следующие ее компоненты:

- система  $\tilde{S}$  в целом как бинарное отношение или отображение;
- внутреннее состояние системы  $v$  как множество состояний ее внутренних элементов;

- субстрат внутреннего состояния системы  $A_S$  как совокупность ее внутренних системных элементов;
- структура внутреннего состояния системы  $R_S$  как совокупность отношений между ее внутренними системными элементами;
- концепция внутреннего состояния системы  $Pr_S$  как совокупность свойств отношений между ее внутренними элементами;
- состояние окружения системы  $E^{(X)}(A_S)$  как совокупность состояний элементов ее окружения;
- характеристики внешней среды внутреннего состояния  $\zeta^{(X)}$ ;
- совместные характеристики системы и внешней среды  $\zeta^{(A,X)}$ ;
- системообразующий набор свойств (концепция)  $\Pi^{(S)}$ .

Могут быть рассмотрены различные признаки, на основе которых представлены разветвленные классификации. Так, если совокупность совместных характеристик системы и внешней среды таковы, что статус текущего внутреннего состояния системы или переход в иное внутреннее ее состояние может быть предопределен с той или иной степенью достоверности, то реальную систему называют детерминированной. Именно это свойство системы обеспечивает возможность предсказания и является методологической базой применения сценарного подхода, и в дальнейшем разработки эффективных траекторий поведения реальных системных объектов и планирования.

Соотнесение структурных элементов с целью предсказания состояний системы  $\tilde{S}$  посредством указания способа отображения  $\mathbf{Mn}(\tilde{M}_V(\tilde{S})) = \tilde{M}_D(\tilde{S})$  этих изменений определяет отношение на множестве  $\tilde{M}_V(\tilde{S})$  и приводит к построению модели поведения системы  $\tilde{M}_D(\tilde{S})$ .

## 2.2. Основные положения структурно-социального подхода

Действия в социальных системах весьма разнообразны, поскольку связаны с наличием активных системных элементов —



субъектов действия, обладающих самостоятельной волей. Адекватное описание их поведения представляется собой задачу значительной трудности, т. к. требует привлечения междисциплинарного подхода к моделированию. В любом случае следует выделить наиболее важные системные элементы, определяющие развитие событий.

Для определения и классификации управляющих влияний (воздействий) следует провести

- систематизацию системных элементов СЭС;
- классификацию СЭС;
- структуризацию объекта воздействия и субъекта влияния;
- выделить типичные наборы действий субъектов действия.

### 2.2.1. Системные элементы СЭС

В настоящем исследовании под системными элементами СЭС подразумеваются те существенные составляющие общественного устройства, которые следует учитывать при проведении анализа с целью осуществить синтез качественных сценариев ее поведения (синергических или аттрактивных).

Эффективное применение системной методологии, рассмотренной ранее, требует строгого описания предметной области, в которой разворачивается сеть наблюдаемых и варьируемых событий. При этом для системы  $\tilde{S}(\Pi^{(S)})$  следует четко разграничить внутренние системные элементы  $E^{(A)}(A_S)$ , связанные условиями  $(R_S, Pr_S)$ , принципы их построения, а также для каждого  $E^{(A)}(A_S)$  соответствующее ему окружение  $E^{(X)}(A_S)$  при выявленных отношениях  $R_0^{(A,X)}$  со свойствами  $Pr_0^{(A,X)}$ . Особо должны быть выделены описания структуры и концепции, объединяющие выделенные системные элементы и отношения в систему  $\tilde{S}(\Pi^{(S)})$  (см. (1)).

В соответствии с концепцией  $\Pi^{(S)}$  системы  $S(\Pi^{(S)})$  введем на множестве  $\mathbf{X}(\tilde{S}) \times \mathbf{Y}(\tilde{S})$  отношение предпочтения  $\tau^{(pref)}$ : расширенное состояние  $\eta_1$  «предпочтительнее расширенного состоя-

ния»  $\eta_2$ , если  $\eta_1 \tau^{(pref)} \eta_2$ . Тогда основная задача выбора **режима функционирования** системы  $\tilde{S}(\Pi^{(S)})$  может заключаться в поиске заданных (максимальных) элементов в множестве  $S(\Pi^{(S)})$  в смысле предпочтения  $\tau^{(pref)}$ . Такой режим будем называть **целевым режимом функционирования системы**.

Исходная предметная область анализа управленческих воздействий — социально-экономические системы. Сложность их изучения определяется наличием в них свойств, присущих сложным системам. Основополагающим принципом в решении социальных и экономических проблем управления является **моделирование полного цикла процесса принятия и выполнения решений**, при этом следует учитывать, что

- каждый объект рассматривается как структурная **часть** (системный элемент) *более сложной системы*;
- обязательно выявляется роль каждого исследуемого объекта (системного элемента) в общем процессе функционирования;
- необходимо изучение **субъектов действия** как обязательных элементов системы моделей;
- выводы об эффекте воздействия на исследуемый объект формулируются только после завершения изучения **всех фаз процесса воздействия**.

Изучение всех частей системы в их взаимосвязи, описание процесса ее функционирования и анализ возможных состояний в будущем — основные предпосылки осуществления эффективного планирования, управления и, в конечном счете, улучшения реальной жизни людей.

Исходной задачей такого анализа является задача выделения вторичных системных элементов  $E^{(A)}(B, r, p)$ : *социальные объекты, социальные структуры, общественные процессы*.

Наиболее существенными системными элементами в СЭС являются **субъекты действия** (СД): именно они представляют собой ту реальную силу, посредством которой происходит **подготовка и реализация** всех принимаемых и исполняемых решений. Соотношение влияний каждого СД в поле управления фактически определяет ту «атмосферу», которая либо оказывает поддержку, либо, на-

оборот, противодействует заданной политике по осуществлению целевого режима функционирования системы.

Выделим

### **Государственные субъекты, в том числе для России**

- *Федерация в целом*
- *Субъекты Федерации*
- *Субъекты муниципального управления*
- *Субъекты местного самоуправления*

### **Гражданские субъекты, в том числе для России**

- *Масса Mas*
- *Социальная группа (СГ), в том числе (можно делить по признакам)*
  - *«Богатые»*
  - *«Средний класс»*
  - *«Бедные»*
  - *Интеллигенция*
  - *Бомонд*
  - *Молодежь*
  - *Пенсионеры*
- *Индивид*

### **Внегосударственные субъекты**

- *Террористы*
- *Криминал*

### **Институты**

- *Государственные институты, в том числе*
  - *Государственные исполнительные институты*
  - *Законодательные органы*
  - *Судебные органы*
  - *Органы прокуратуры*
- *Негосударственные институты*

○ Социальные институты

- Общественные организации
- Институт общественного мнения
- Средства массовой коммуникации
- Научная общественность
- Система образования

○ Другие институты (асоциальные: тергруппы, мафия и т. п.)

• Специальные институты.

В соответствии с определениями п. 2.1. системный элемент  $E^{(A)}(B, r, p)$  также может характеризоваться множеством  $SE^{(A)}(B, r, p)$  расширенных состояний  $\eta E = (\chi E, \upsilon E)$ , согласуемых с элементами множества  $S(\Pi^{(S)})$ . Однако для концептов  $p$  системных элементов и концепта  $\Pi^{(S)}$  системы последнее априори не предполагается, так что отношения предпочтения  $\tau^{(pref)}(E^{(A)}(B, r, p))$  системного элемента  $E^{(A)}(B, r, p)$  могут «сильно отличаться» от общесистемного предпочтения  $\tau^{(pref)}$ . Следовательно, будут отличаться и целевые режимы их функционирования. Именно исследование таких отличий как с точки зрения проведения внутренней политики управления, так и осуществления внешних воздействий представляет собой важнейший предмет анализа поведения различных системных элементов СЭС.

### 2.2.2. Социальные структуры

Отношения между выделенными объектами определяют структуру внутренних информационных влияний СЭС. Структура системы определяет отношения, в которых находятся системные элементы. При изучении воздействий выделяют различные группы субъектов действия. В классической теории игр, выделяют *коалиции интересов*  $\mathbf{Co}^{(I)}$ , персонифицируя каждого  $i$ -го участника  $i \in \mathbf{Co}^{(I)}$  с точки зрения его целей и *коалиции действия*  $\mathbf{Co}^{(A)}$  с точки зрения его возможных влияний на ситуацию.

Выделим структуры, существенные при исследовании СЭС.

**Организационные структуры** определяют отношения иерархии (каналы следования потоков информации, действий и т. п.) между пассивными и активными системными элементами.

**Производственные структуры** — структура производства элементов СЭС.

**Структуры внешних связей** — отношения между внутренними и внешними элементами, описываемых в моделях объекта и его окружения.

**Целевая структура** — отношения между концептами субъектов действия.

**Функциональные структуры** — структура модели поведения СЭ (набор действий и порядок их выполнения в организационных структурах).

**Структуры взаимодействия** — отношения между моделями поведения СЭ.

**Структуры измерений** — отношения, возникающие по поводу процессов измерения и отображения данных (в том числе *система мониторинга*).

**Структуры выбора** — отношения, возникающие по поводу процессов выбора альтернативных управленческих решений субъектами действия (в том числе *модель принятия решений*).

Оперирование с указанными структурами может приводить к структурам более сложного вида. Так, коалиции действия представляют собой либо совокупность элементов функциональной структуры, либо структуры взаимодействия. Коалиции интересов — совокупность элементов «пересечения»? структуры выбора и целевой структуры.

### 2.2.3. Социальные процессы и управление в социально-экономических системах

Социальные процессы соединяют воедино социальные объекты и созданные структуры, осуществляя переход социальной системы из одного состояния в другое. Такое преобразование обеспечивается сложным (составным, синтезированным) процессом, требующим создания, преобразования и потребления определенных ресурсов.

Простейшая декомпозиция процесса управления заключается в выделении двух этапов: принятие решений — исполнение решений.

Процесс принятия решения состоит из этапов выработки управленческого решения и завершается, когда лицо, принимающее решение (ЛПР), четко формулирует *цели управления* и *способы достижения целей*. Реализация принятого решения подразумевает процесс воздействия на объект управления для обеспечения достижения заданных целей ЛПР, и осуществляется с помощью посредника — *системы управления*. В классической теории управления на вербальном уровне под объектом управления подразумевается «пассивный» элемент рассматриваемой системы, а под системой управления ее «активный» элемент. При моделировании считают, что «пассивный» элемент классической организационно-административной системы, не имеет собственных целей, отличных от целей управления, либо не имеет возможности их реализации (т. е. не обладает «волей»). Поскольку ЛПР осуществляет выработку и реализацию принятого решения через посредника — соответствующую часть системы управления, которая представляет собой *субъект действия*, то в ряде случаев (например, диверсия, коррупция и т. п.), возникает серьезное рассогласование между целями управления и исполняющего решения субъекта. Это может приводить к искажению принятого к исполнению управленческого решения. Такие обстоятельства процесса управления исследует «теория активных систем» [26]. Ряд важных промежуточных состояний рассмотрены в [19].

Принципиальное отличие процесса управления в социально-экономических системах заключается в том, что он осуществляется по отношению и посредством социальных объектов, представляющих собой субъекты действия. В отличие от объектов естественной Природы, подчиняющихся ее Законам, субъекты действия имеют возможность осуществлять формулирование и реализацию собственных целей, т. е. осознанное самостоятельное вмешательство в процесс управления.

#### 2.2.4. *Стратификация поля описания СЭС*

С точки зрения теории управления социально-экономические системы представляют собой **сложные** системы (СС). Проблема изучения поведения и управления сложными системами возникает в различных областях человеческой деятельности и имеет непо-

средственное отношение к развитию системных объектов различного уровня. Выделяют целый спектр сложных систем, классифицированных по сферам деятельности, применяемым методам исследования, возможности применения и последствий тех или иных управляющих воздействий, начиная от конкретного индивида до объектов общепланетарного масштаба [25].

При формализованном отображении объекта моделирования в предлагаемой концепции используется понятие «расширенное фазовое пространство», которое формируют в зависимости от цели управления *на определенной страте поля описания*. Принципиальная практическая важность изучения различных фазовых пространств для каждой страты заключается в необходимости подробного изучения процессов, происходящих в той или иной страте на соответствующем профессиональном языке.

В [23] дано формальное определение иерархического стратифицированного описания сложной системы, при этом выделяются основные признаки иерархии: вертикальная декомпозиция, приоритет действий и взаимосвязь характеристик, описывающих качество функционирования системы.

Область описания объекта (ОбОО) подвергают стратификации на основе различных классификационных признаков. Для социально-экономических систем выделим ряд компонент (страт): *технологическая, организационная, правовая, экономическая, социальная и т. д.* Каждая из указанных страт отличается набором показателей, способами их формирования, идентификации, преобразования и измерения, ограничениями использования в реальных проблемных ситуациях.

**Технологическая страта описания** — совокупность необходимых данных, описывающих технологические процессы системы, т. е. формализованное описание технологической структуры СЭС, определяемой энергетическими отношениями между системными элементами.

**Организационная страта описания** — совокупность необходимых данных, описывающих организационные процессы функционирования системы, т. е. формализованное описание организационной и функциональной структур СЭС, определяемых информационными отношениями между системными элементами. Специалисты по управлению эти данные группируют в данных организационной и функциональной структур системы.

**Правовая страта описания** — совокупность необходимых данных описывающих правовое обеспечение процессов функционирования.

**Экономическая страта описания** — совокупность необходимых данных, описывающих экономические процессы в изучаемой системе. Объединение организационного и экономического описаний приводит к **организационно-экономической модели** системы.

**Социальная страта описания** — совокупность необходимых данных, описывающих протекание социальных процессов.

*Совокупность всех данных, необходимых для адекватного описания процесса функционирования системы, назовем адекватным информационным описанием (АИО).*

Адекватное информационное описание формируется в информационной совокупности, которую специалисты по автоматизации группируют в виде **информационной модели**. Объединяя различные страты описания, получают различные информационные описания системы. Понятие адекватности описания конкретизируется в изучаемой проблеме исследования СЭС.

Каждая из описанных типов страт характеризуется своим набором показателей. Отметим, что подробность описания зависит от вида применяемой для исследования модели: для информационно-технологических моделей обычно требуется наибольшая подробность описания; для организационно-экономических, социальных и правовых число показателей значительно уменьшается, поскольку для описания используются обобщенные, в частности, стоимостные показатели.

Пассивные объекты управления (ПОУ) можно моделировать первичными системными элементами  $E^{(A)}(B, r)$ . Пассивным объектом управления назовем элемент стратифицированного описания системы, не имеющий собственных целей.

В технологических системах, когда ОУ является совокупностью технологического оборудования и реализованного на нем законченного технологического процесса, «пассивность» заключается в том, что он участвует в принятии решения лишь как объект изучения, а на этапах реализации решения является передающим или исполняющим управляющее воздействие орудием, т. е. не имеет собственных целей. В этом случае принято говорить о технологическом объекте управления (ТОУ). Это не озна-



чает полностью детерминированного исхода при реализации принятого решения, что при моделировании отражают понятием «неконтролируемые факторы» [10, 11]. Для технических систем хорошо изучены способы управления технологическими комплексами (ТК), состоящими из ТОО и соответствующей системы управления. Здесь поставлены, формализованы и решены многие важные задачи: от задачи наблюдения до задачи оптимального управления.

Пусть выделен системный элемент  $E^{(A)}(B, r)$ .

**Областью воздействия**  $Fli\{\hat{S}_{SIR}^{OE}, E^{(A)}(B, r)\}$  системного элемента  $E^{(A)}(B, r)$  (ОбВ) назовем часть области описания  $Fld\{\hat{S}_{SIR}^{OE}\}$ , в которой возможны изменения в присутствии  $E^{(A)}(B, r)$ .

Под термином «присутствие» подразумевается факт выделения  $E^{(A)}(B, r)$  в качестве самостоятельного системного элемента.

Субъектом действия назовем активный системный элемент, т. е. элемент, который имеет возможность осуществлять активные действия.

Субъект действия как активный системный элемент  $E^{(A)}(B, r, p)$  с набором элементов  $B$ , связанных отношениями  $r$  с заданными свойствами  $p$ , может так участвовать в функционировании системы, что непосредственно приводит к изменениям в ее статусе, или опосредованно, через влияние на внешнюю среду. В любом случае следует учитывать его наличие как вторичного системного элемента [22]. В СЭС активные системные элементы принято называть Участниками (*Act*). Пассивной организационной системой будем называть ОС, в которой отсутствуют субъекты действия.

**Пространством воздействия**  $Fli\{\hat{S}_{SIR}^{OE}, Act\}$  субъекта действия  $Act$  (ПВСД) назовем часть области описания  $Fld\{\hat{S}_{SIR}^{OE}\}$ , в которой могут происходить изменения в присутствии  $Act$ . Отметим, что наименования «область воздействия» и «поле воздействия» различаются именно тем фактом, что в поле действуют активные факторы (субъекты действия).

### **2.2.5. Показатели стратифицированного многообразия в СЭС**

Функционирование всех производственных процессов, происходящих в обществе, основано на определенных знаниях о технологиях получения новых продуктов труда из объектов дочеловеческой Природы. В процессе трудовой деятельности из Природы изымаются предметы труда, используются средства труда. Далее с помощью обработки этих компонентов технологии энергетическими связями, характеризующимися открытыми Законами Природы, используя информационные и стоимостные связи получают новый продукт, имеющий новую потребительную стоимость. Соответствующие совокупности данных и информационные совокупности следует представить как отношения на совокупностях данных их подсистем. С точки зрения обеспечения режима целевого функционирования такой сложной системы как социально-экономическая система страны в предлагаемой информационной теории целесообразно провести следующую стратификацию и выделить показатели, которые следует изучать в различных стратах информационного поля.

#### **Показатели технической страты**

Техническая страта описывает технические характеристики предметов и средств труда как технической составляющей производительных сил, используемых как в народном хозяйстве, так и находящихся в личном пользовании граждан.

Технические системы, как правило, используются в качестве средств труда. Отличительная особенность систем этого класса заключается в том, что изменение их состояний определяется протеканием физических процессов. Изучение таких систем принципиально возможно в рамках моделей технической кибернетики, так что их структура задается системой вероятностных характеристик системных элементов.

Основными предметами изучения ТС являются задачи прогнозирования устойчивых режимов работоспособности и причиняемого ущерба в отказоустойчивых ситуациях. Основной концепт ТС заключается в обеспечении их работоспособности. В зависимости от уровня рассмотрения социально-экономического объекта целесообразно рассматривать следующие характеристики информационной совокупности, описывающей ТС:

- набор технических характеристик ТС;
- вероятностные характеристики системных элементов;
- способы (модели) измерения технических характеристик ТС;
- полнота информационных элементов о технических параметрах ТС;
- непротиворечивость ИЭ о технических параметрах ТС;
- уровень используемых технических средств;
- уровень используемых предметов труда;
- потенциал технической модернизации;
- объем использования современных технических средств;
- качество обслуживания технических средств;
- уровень стандартизации и сертификации технических средств;
- эффективность сертификации технических средств;
- уровень использования вычислительной техники;
- уровень развития средств связи;
- уровень развития транспортных артерий;
- наличие проектов эффективной модернизации технической сферы;
- средние сроки службы технических средств.

### **Показатели технологической страты**

Технологическая страта описывает способы использования производительных сил, используемых как в народном хозяйстве, так и находящихся в личном пользовании граждан.

Системными элементами технологических систем выступают различные виды природных факторов, объединяемых приемами их обработки и преобразуемыми различными видами энергии с целью получения новых изделий.

Отличительная особенность функционирования таких систем заключается в том, что изменение их состояний определяется протеканием физических, химических, биологических и других природных процессов. Основными предметами изучения ТС являются задачи прогнозирования устойчивых режимов работоспособности и причиняемого ущерба в отказоустойчивых ситуациях. Изучение таких систем принципиально возможно в рамках моделей технической кибернетики.

Отличительная особенность функционирования техногенных систем (ТГС) заключается в том, что изменение их состояний определяется протеканием природных или технологических процессов. Основными предметами изучения ТГС являются задачи прогнозирования развития чрезвычайных ситуаций (ЧС) и определения управления указанными процессами для устранения ущерба изучаемого объекта.

Характерной особенностью представления информации при исследовании ТГС является описание последовательности состояний изучаемых объектов, при этом прежде всего учитываются их вероятностные и надежностные характеристики.

В технологической страте СЭС следует учитывать следующие показатели:

- набор технических характеристик ТЛС;
- вероятностные характеристики системных элементов;
- способы (модели) измерения технических характеристик ТЛС;
- полнота информационных элементов о технологических параметрах ТЛС;
- непротиворечивость ИЭ о технических параметрах ТС;
- уровень используемых технических средств;
- уровень используемых средств труда;
- потенциал технической модернизации;
- характеристики использования технологического оборудования;
- качество обслуживания ТЛС;
- уровень стандартизации и сертификации ТЛС;
- эффективность сертификации ТЛС;
- уровень автоматизации;
- наличие проектов эффективной модернизации технологической сферы;
- средние сроки службы технического оборудования;
- уровень технологий, применяемых в основных секторах экономики;
- наличие проектов модернизации технологических отношений.

Технические, технологические и техногенные системы установленными регламентами работы могут быть объединены в более сложную (с точки зрения экономики) *организационную систему*.

### **Показатели организационно-правовой страты**

Организационно-правовая страта описывает структуру информационно-управленческих связей между структурными элементами СЭС. Основная деятельность ОС заключается в установлении регламентов работы отдельных производственных систем путем генерации и преобразования информационных совокупностей, источниками первичных данных для которых являются совокупности данных и информационные совокупности компонентов ОС.

Следует учитывать следующие показатели:

- эффективность налоговой системы;
- наличие разветвленной системы управления;
- степень поддержки управленческим аппаратом центральной власти;
- эффективность реализации управленческих решений;
- эффективность судебной системы;
- наличие проектов эффективной модернизации организационно-правовых отношений;
- уровень исполнительской дисциплины;
- сложность связей организационной структуры;
- сложность связей функциональной структуры системы управления.

### **Показатели экономической страты**

Экономическая страта описывает отношения выделенных структурных элементов СЭС в производственных и стоимостных показателях. Следует учитывать следующие показатели:

- инфляция;
- дефицит бюджета;
- уровень цен;
- объем производства;

- эффективность производства;
- приватизация.

### **Показатели политической страты**

Политическая страта описывает отношения выделенных структурных элементов СЭС с точки зрения эффективности принятия и исполнения политических, властных решений. Следует учитывать следующие показатели:

- степень развития политической системы;
- уровень демократизации политической системы;
- степень влияния политического руководства на реализацию политических решений внутри страны;
- степень влияния политического руководства на реализацию политических решений на международной арене;
- степень влияния оппонентов политического руководства на реализацию политических решений внутри страны;
- степень влияния оппонентов политического руководства на реализацию политических решений на международной арене.

### **Показатели военно-стратегической страты**

Военно-стратегическая страта описывает отношения выделенных структурных элементов СЭС с точки зрения эффективности принятия и исполнения политических, властных решений как внутри страны, так и в ее отношениях с другими государствами. Следует учитывать следующие показатели:

- военно-стратегический потенциал;
- развитие ВПК;
- наличие разветвленной сети внешней разведки;
- устойчивость и эффективность силовых структур;
- уровень военно-стратегической угрозы.

### **Показатели культурологической страты**

Культурологическая страта описывает отношения выделенных структурных элементов СЭС с точки зрения специфики этнических, исторических, религиозных и других культурологических особенностей. Следует учитывать показатели:

- наличие единой культурологической платформы СЭС;
- уровень развития оппозиционных культурных течений;
- наличие и представительность различных конфессий;
- уровень образования различных групп населения.

### **Показатели социальной страты**

Здесь изучается роль и влияние экономических инструментов на общественные отношения и, в конечном счете, жизнедеятельность каждого человека.

Характерной чертой экологических, производственных и социально-экономических систем являются многочисленные и пересекающиеся взаимосвязи между различными агентами и объектами, которые сами являются сложными системами, относительно трудность независимого их исследования. Приступая к формализованному описанию современных методов изучения систем рассмотренного типа, необходимо сформулировать исходные предпосылки и основания формализации. При этом наиболее важным, основополагающим понятием служит понятие системы и системного подхода к исследованию явлений действительности, которые были представлены в настоящем разделе. Социальная страта обобщает отношения выделенных структурных элементов СЭС в рассмотренных ранее стратах. Так, в экологических системах изучается влияние загрязнения окружающей среды на жизнедеятельность человека, при этом под загрязнением внешней среды понимают запас или поток веществ, уменьшающих возможности человека к непроизводственному потреблению благ.

Следует учитывать следующие показатели:

- социальная структуризация общества;
- показатели жизненного уровня;
- объем социальных программ;
- показатели миграции населения;
- национальная структура общества;
- теснота связи между социальными группами и социальными структурами;
- влияние основных общественных институтов на принятие и реализацию решений в различных сферах общественной деятельности.

### 2.3. Исходные позиции сценарного подхода

Анализ проблем эффективного управления показывает, что имеется явный разрыв в формализованном описании этапов целеполагания и формирования конкретных планов работ. В качестве недостающего необходимого промежуточного звена предлагается формировать сценарии поведения объекта, отражающие наиболее характерные черты его функционирования при изменении внешней среды [20].

Использование понятия «*сценарий*» в теории управления является сравнительно новым, хотя сегодня и распространено достаточно широко (особенно при анализе стратегических управленческих решений в социально-политической сфере). Использование его далеко не всегда конструктивно в силу нечеткости понимания и определения его роли для решения стратегических управленческих задач.

При анализе материалов, использующих понятия «сценарий» и «сценарный подход», приходится сталкиваться с различными точками зрения на проблему. Тем не менее все они, как правило, едины в том, что построение сценариев направлено на решение двух основных проблем:

- ***выделение ключевых моментов развития*** исследуемого объекта и разработка на этой основе качественно различных вариантов его динамики;
- ***всесторонний анализ и оценка каждого из полученных вариантов***, изучение его структурных особенностей и возможных последствий его реализации.

Таким образом, сценарий поведения объекта представляется как последовательность состояний и предполагаемых условий функционирования системы моделей, описывающих процесс изменения его параметров. Такие последовательности дискретно фиксируют принципиальные с точки зрения исследователя моменты перехода системы в новое качественное состояние.

Разработка методов эффективного анализа и предсказания путей развития сложных систем (СС), в том числе технологических, экологических, организационных, социально-экономических и т. п. требует получения специальных данных о состоянии, тенденциях поведения и возможных последствиях применения



управляющих воздействий субъектом управления. Элементы необходимой информации, а также способы ее выделения, получения и обработки зависят от целей и аппарата исследования. В любом случае изучается модельное представление поведения системы, а в силу дискретности измерения получают сведения о выделенных дискретных ее состояниях. Следовательно, любой прогноз поведения фактически является *некоторым сценарием поведения системы*, определяемым теми предпосылками, на которые опирается исследователь. Генерацию сценариев различного назначения можно осуществить в рамках формализованного **сценарного проектирования**, опирающегося на элементы сценарного анализа и сценарного исчисления, формализованное представление которого является **конкретной целью** настоящего исследования.

Применение построенных средств сценарного анализа и синтеза к агрегированным моделям социально-экономических, социально-экологических и других сложных систем может явиться **практической целью** настоящего комплекса работ.

### **3. Основные проблемы и задачи теоретического исследования информационного управления**

В ряде публикаций последних лет представлено вербальное описание проблем, понятий, способов планирования и осуществления информационного управления. В то же время систематические научные формализованные способы объяснения этого феномена как *предмета исследования* практически отсутствуют.

Анализ существующих методологических и теоретических исследований информационного управления, проведенный ранее, выявил ряд актуальных проблем:

1. Отсутствие формализуемого определения информационного управления, однозначно выделяющего из всего многообразия разновидностей и организационных форм информационно-психологического воздействия группу акций, мероприятий и операций, представляющих особую опасность для личности,

общества и государства и сравнимую с опасностью развязывания обычной, а в наиболее тяжелых случаях и ядерной войны.

2. Отсутствие классификации и формализованной концепции ИУ.
3. Отсутствие научных подходов и предложений по способам представления внутренней структуры информационного управления, позволяющих построить структуру информационной операции любого уровня сложности исходя из комбинаций конечного числа составляющих ее «элементарных» информационных воздействий.
4. Отсутствие методик аналитической реконструкции и модификации замысла, целей, задач, этапов, внутренней структуры операций по их признакам, внешним (доступным наблюдателю) следам и проявлениям.
5. Отсутствие формализованных моделей и методов планирования, реализации и оценки результатов выбранных стратегий ИУ, основанных на комплексном подходе к исследованию.

В этой связи к разрабатываемым методологическим и теоретическим положениям, являющимся основой ведения ИУ необходимо предъявить следующие общие требования, связанные с содержанием конкретных исследовательских работ:

1. Провести классификацию разновидностей организованного информационного управления в различных целях, разделив эти формы и разновидности на несколько категорий по избранным критериям (например, по степени опасности для личности, общества и государства, по степени наносимого ущерба национальным интересам, государственной и общественной безопасности, психическому здоровью населения, по масштабам агрессии и т. д.) в целях определения адекватных мер и организационных форм противодействия для каждой выделенной в процессе классификации информационной категории действий.
2. Для каждой категории информационных воздействий необходимо определить конечный набор признаков, позволяющих отнести любое выявленное информационное воздействие к одной из таких категорий и тем самым определить степень ее социальной опасности или значимости.

3. В соответствии с установленной степенью социальной опасности (значимости) выявленных акций, мероприятий, операций информационного воздействия, относимых к выделенным ранее категориям, необходимо для каждой такой категории (группы) определить адекватную этой опасности (значимости) общегосударственную систему мер противодействия ей или ее поддержки.
4. Исследование природы возникновения и развития конфликтов в информационно-психологической сфере общества с позиций положений социальной конфликтологии, определение роли конфликтов в регулировании общественных отношений (процессов) и условий перехода конфликта в опасную (агрессия) и особо опасную (война) для социального общества фазу.
5. Исследование системы социально-политических отношений информационного общества, являющейся основной целью и объектом ИУ.
6. Выявление и исследование основных факторов, формирующих облик системы социально-политических отношений информационного общества, определяющих сущность и содержание информационного управления, возникновение и направленность потоков информационно-психологических акций, создающих условия для использования субъектами информационного управления арсенала сил, средств и методов информационно-психологического воздействия в осуществляемых ими целях.
7. Исследование взаимосвязи и взаимозависимости факторов, формирующих облик системы социально-политических и экономических отношений информационного общества, и состояния информационно-психологической безопасности как системы в целом, так и отдельных ее подсистем.
8. Определение концепции ИУ на основе системного, информационно-логического, структурно-социального и сценарного подходов.
9. Исследование сущности, содержания, структуры информационно-психологических операций, особенностей их организации, подготовки и проведения.
10. Исследование сущности, содержания и направленности государственной информационно-политики, ее роли и организа-

ции противодействия информационно-психологическим акциям как внешних, так и внутренних субъектов информационных действий.

11. Исследования особой роли транснациональных информационно телекоммуникационных корпораций, виртуальных социальных сообществ и средств массовой информации и массовой коммуникации информационного общества в информационно-психологическом противоборстве и реализации концепций ИУ.
12. Исследование форм государственного регулирования общественно-политических отношений современного информационного общества в информационно-психологической сфере.

Процесс информационного влияния одного объекта на другой целесообразно декомпозировать на следующие этапы:

- *генерация данных (отображение состояния источника влияния),*
- *генерация информационных элементов и информационных совокупностей,*
- *передача информации источником влияния,*
- *прием информации реципиентом,*
- *генерация совокупности данных объектом влияния,*
- *генерация информационных элементов и создание новых информационных совокупностей объекта влияния,*
- *соответствующие активные действия объекта влияния.*

Каждый из этих этапов имеет свои особенности и должен быть описан специальными характеристиками, а общность их осуществления заключается в том, что они погружены в общее информационное поле.

### **3.1. Основные положения информационно-логического подхода**

Современная теория информации в основном является технико-кратической: она создавалась в рамках кибернетики для описания процессов управления прежде всего техническими системами. Вместе с тем распространение основных ее положений на социально-

экономическое поле представляется весьма важным и перспективным направлением в тематике указанных исследовательских работ. Эффективное описание должно быть в некотором смысле универсальным, т. е. пронизывающим общими закономерностями оба полюса Природа — Общество.

Все общественные процессы для каждого социального объекта, прежде чем быть осуществленными, принимают информационную форму. Переход от реальных объектов Природы к научно-значимым понятиям осуществляют на базе методологических положений философской теории «отражения». Сознание и объективный мир суть философские противоположности, образующие единство в рамках Общества. Основой этого единства является практика, активная чувственно-предметная деятельность людей, выражающаяся в конкретных действиях и поступках. Именно она и порождает необходимость отражения действительности в сознании людей.

Как обыденное, так и научное знание формируется в определенных условиях (обстоятельствах)  $I$  в виде совокупности образов  $V(O^{(NAT)}, I)$  объекта Природы  $O^{(NAT)} \in NAT$ . К таким обстоятельствам могут быть отнесены субъект отражения  $Act$ , цели  $P(O^{(NAT)}, Act)$  и способы отражения  $Met(O^{(NAT)}, Act)$ , условия его обитания, обучения и т. д. Собственно четкое очерчивание таких *непротиворечивых* условий на языке определенной дисциплины знаний является основным средством *научного* изучения Природы. В качестве исходных позиций (априори) научного знания субъект отражения  $Act = \text{«наука»}$  фиксирует важнейшие непротиворечивые свойства изучаемых объектов, в дальнейшем считаемые постулатами и подвергаемые строго логическим общепринятым правилам следования причинно-следственных связей. Таким образом создаются новые (информационные) объекты. Их относят к объектам искусственной (идеальной) Природы  $CUL$ :

$$V(O^{(NAT)}, I) = O^{(CUL)} \in CUL \subset NAT \quad (2).$$

В общеупотребительном смысле отражаемые факты реальной действительности часто называют информацией. Понятие «информация» используется многочисленными авторами в весьма

разнообразных аспектах: от описания способов кодирования в технической кибернетике до надматериальных концепций «мирового духа». В различных областях знаний оперируют такими терминами как количество информации, теория информации, полезная информация, информационные потоки, информационные процессы, информационные технологии, информационное управление, информационное общество и т. п. Особое место понятие «информация» занимает в теории принятия решений. Считают, что ЛПР принимает решения на основе имеющийся у него «информации». Моделирование понятия «информация» в данном контексте проводят на основе введения некоторого параметра, априори характеризующего недостаточность понимания ЛПР исходных данных для анализа рассматриваемой проблемы и принятия однозначного решения. В теории исследования операций используют информационные множества и информационные функции, посредством которых описываются «информационные характеристики» изучаемых объектов.

Наряду с понятием «информация» в профессиональной проблематике используют понятие «данные». Часто имеет место их отождествление: «данные»  $\equiv$  «информация», — при этом наиболее распространенным употреблением является смешивание понятий «информация» и «информированность». В нашем формализме мы разграничиваем эти понятия с позиций элементов теории систем, так что они имеют принципиально различные значения. Вместе с тем мы отдаем себе отчет, что диалектически возможно лишь их совместное использование для получения качественного, адекватного отображения действительности. При нашем отображении описание явления объекта Природы в процессе познания («данные») будет преобразован в искусственный объект Природы на основе следующих определений.

**Определение 1.** *Объект искусственной Природы  $V(O^{(NAT)}, I)$  назовем элементом данных об объекте Природы  $O^{(NAT)}$ , полученный в обстоятельствах  $I$ .*

В вербальном плане «данные» — это «смысловые кирпичики», из которых строят объекты искусственной Природы. Это созвучно мысли Ж. Делеза [12]: «Что-либо обозначая, мы исходим из того,

что смысл понят, что он уже налицо». В философской традиции  $B(O^{(NAT)}, I)$  принято называть **явлением**  $O^{(NAT)}$ .

**Определение 2.** *Элемент искусственной Природы*

$$Mn(O^{(NAT)}, I) = (I, B(O^{(NAT)}, I)) \quad (3)$$

*будем называть способом описания объекта Природы  $O^{(NAT)}$ .*

Способы описания различаются обстоятельствами описания и результатом описания — элементами полученных данных. Явления, полученные при несовпадающих обстоятельствах, как правило, различны. Пусть заданы объект Природы  $O^{(NAT)}$  и обстоятельства  $I$  получения образа. Априори в одних и тех же условиях  $I$  могут быть получены «различные» отображения (3) объекта Природы  $O^{(NAT)}$ . Причины, степень различия, возможность их использования и т. п., разумеется, подлежат аксиоматизации.

Пусть задана совокупность **SI** обстоятельств, которые имели место или рассматриваются при описании объекта Природы  $O^{(NAT)}$ . Исходной позицией формализации является

**Определение 3.** *Совокупность образов (явлений)  $B(O^{(NAT)}, I)$ , полученных в совокупности обстоятельств **SI** при описании объекта Природы  $O^{(NAT)}$*

$$SD(O^{(NAT)}, SI) = \bigcup_{I \in SI} B(O^{(NAT)}, I) \quad (4),$$

*будем называть совокупностью данных об объекте Природы  $O^{(NAT)}$ .*

Наличие совокупности данных об объекте Природы  $O^{(NAT)}$  позволяет выделять подсовокупности, удовлетворяющие заданным свойствам, в том числе научные данные, эмпирические данные и т. п. Это требует определения критериев их выделения.

**Определение 4.** Скажем, что наблюдается конфликт данных, полученных об объекте Природы  $O^{(NAT)}$  в совокупности обстоятельств  $SI$ , если (4) содержит более одного элемента при  $I \in SI$ .

Рассматривая дихотомию «объект—субъект», можно наблюдать, что указанный конфликт данных, отвлекаясь от наличия субъектов и концентрируя внимание только на объекте исследования, является **виртуальным конфликтом**. Представляя рассогласование данных об одном и том же объекте, он может явиться причиной **реального конфликта** между субъектами.

Среди математических дисциплин, изучающих формальные модели конфликтов данных при обстоятельствах  $SI$  — процесс принятия решений, выделим разделы математики:

- конфликт типа «ряд пассивных объектов» исследует теория вероятностей;
- конфликт типа «ряд пассивных объектов — единственный активный управляющий субъект» (оперирующая сторона) — исследование операций;
- конфликт типа «ряд активных субъектов» — теория игр.

Получив имена, фрагменты знаний становятся, по выражению де Боно [31], замороженными и неприкосновенными, и мы вынуждены рассматривать мир, построенный из имен, как из кирпичиков, которые нужно взломать и исследовать, чтобы облегчить понимание целого.

**Информация** — отношение между объектами, явлениями или процессами. И, как любое отношение, формально задается своими свойствами. С философской точки зрения следует различать

- **объективную информацию**, т. е. отношение между объектами, явлениями или процессами реальной действительности  $NAT$ , и
- **субъективную информацию** — отношения в искусственной Природе  $CUL$ .

Отметим, что реально используемая информация, рассматриваемая в качестве данных, относится к объектам искусственной Природы постольку, поскольку является одним из способов отражения реальных объектов и их взаимосвязей, преломленных через сознание. В силу ограниченности на каждом этапе развития обще-



ства (один из вариантов обстоятельств  $I$ ) у общественного сознания средств отражения реальной действительности, самое это отношение также является моделью реально существующей связи между объектами Природы. В качестве исходной концепции используем

**Определение 5.** *Элемент искусственной Природы  $Inf$ , представленный в виде отношений*

$$Inf(O^{(NAT)}, Mn(O^{(NAT)}, I)) = (O^{(NAT)}, Mn(O^{(NAT)}, I)) = (O^{(NAT)}, B(O^{(NAT)}, I), I) \quad (5),$$

назовем элементом первичной информации об объекте  $O^{(NAT)}$ , полученной способом  $m_n$  ( $O^{(NAT)}, I$ ).

Соотношение (5) объединяет в единый объект искусственной Природы наименование объекта Природы  $O^{(NAT)}$ , его образ  $B(O^{(NAT)}, I)$  и обстоятельства  $I$ , в которых этот образ был получен. Обратим внимание, что данные  $B(O^{(NAT)}, I)$ , а также способы их получения  $Mn$ , являясь объектом искусственной Природы, в нашем формализме получают относительную независимость от образов, которые они отображают, т. е. могут в дальнейшем рассматриваться в качестве самостоятельных элементов искусственной Природы. Это обстоятельство может служить источником использования их для отображения других объектов Природы: одна и та же математическая модель используется для описания экономических, социальных, биологических и других процессов. В то же время информация существенно связана отношением с исходным объектом Природы и условиями получения образа.

Развивая указанный формализм, можно сформулировать (разумеется, не претендуя на всеобщность) ряд философских понятий, а также формализовать свойства объектов, которые используют в прикладных науках. Так, выражение

$$Inf(O_1^{(NAT)}, Mn(O_2^{(NAT)}, I)) = (O_1^{(NAT)}, B(O_2^{(NAT)}, I), I) \quad (6)$$

означает наличие информации о том, что для отображения объекта Природы  $O_1^{(NAT)}$  используется способ описания, примененный к объекту  $O_2^{(NAT)}$ .

Пусть задан объект Природы  $O$  и совокупность способов описания некоторого эталонного (стандартного) объекта  $O^{(st)}$

$$\begin{aligned} \mathbf{Mn}(O^{(st)}, I) = \{ \mathbf{Mn}_\lambda(O^{(st)}, I), \lambda \in \Lambda \} = \\ \{(I, B(O^{(st)}, I)), I \in I_\lambda \subseteq I, B(O^{(st)}, I) \in SD_\lambda(O^{(st)}, I_\lambda), \\ O^{(st)} \in NAT_\lambda \subseteq NAT, \lambda \in \Lambda \} \end{aligned} \quad (7),$$

В соответствии с (6) имеет смысл рассматривать совокупность

$$Inf(O, \mathbf{Mn}, I, \Lambda) = \{(Inf(O, \mathbf{Mn}_\lambda(O^{(st)}, I)) \text{ при } \lambda \in \Lambda\} \quad (8),$$

которую будем называть *информационной совокупностью* (ИС) об объекте  $O$ , полученную способами (7) на основе стандартного образа  $O^{(st)}$ .

Важнейшей характеристикой данных и первичной информации как отношения между объектами является адекватность, под которой понимается «близость» между реальным объектом Природы  $O^{(NAT)}$  и его образом  $B(O^{(NAT)}, I)$ . Отношение адекватности является объектом искусственной Природы, которое устанавливается в результате *процедуры верификации* и характеризует переход от объективной к субъективной информации. Как в любом формализме понятие «близость» требует конкретизации в виде совокупности свойств  $Pr(B(O^{(NAT)}, I))$ , которым должен удовлетворять объект искусственной Природы  $B(O^{(NAT)}, I)$  по отношению к объекту  $O^{(NAT)}$ .

Критерий, на основе которого устанавливают адекватность  $O^{(NAT)}$  и  $B(O^{(NAT)}, I)$ , обозначим  $\mathbf{Cr}^{(ad)}(O^{(NAT)}, B(O^{(NAT)}, I), Pr)$  и назовем *критерием адекватности* элемента искусственной Природы  $B(O^{(NAT)}, I)$  объекту Природы  $O^{(NAT)}$  в смысле свойств  $Pr$ .  $\mathbf{Cr}^{(ad)}$  представляет объект искусственной Природы, являющийся измерителем (модель измерения) свойства адекватности и конкретизируется

при решении задачи верификации. Так, в различных ситуациях может быть определена область адекватности, установлен порог адекватности, рассчитана степень адекватности и т. п. Может быть задан подкритерий, который определяет меру адекватности по отношению к заданным направлениям исследования или в отношении заданных свойств  $O^{(NAT)}$ .

Критерий  $Cr^{(ad)}(O^{(NAT)}, B(O^{(NAT)}, I))$  вводит на совокупности  $SD(O^{(NAT)}, SI)$  отношение частичной упорядоченности, выделяя множество

$$SD(O^{(NAT)}, SI, Cr^{(ad)}) \subseteq SD(O^{(NAT)}, SI) \subseteq CUL \quad (9)$$

элементов искусственной Природы  $B(O^{(NAT)}, I) \in CUL$ , полученных в обстоятельствах  $I$  и адекватных элементу  $O^{(NAT)} \in NAT$ . Множество (9) назовем *множеством знаний (адекватных данных) по критерию  $Cr^{(ad)}$* .

Одним из способов верификации является применение одной из вероятностных схем  $Cr^{(prob)}$  как модели измерения адекватности данных, т. е.

$$Cr^{(ad)} = Cr^{(prob)} \quad (10).$$

Тогда множество данных об объекте  $O^{(NAT)}$

$$SD(O^{(NAT)}, SI, Cr^{(prob)}) \quad (11)$$

— *множество достоверных данных по критерию достоверности  $Cr^{(prob)}$* , а

$$SD^{(na)}(O^{(NAT)}, SI, Cr^{(prob)}) = SD(O^{(NAT)}, SI) \setminus SD(O^{(NAT)}, SI, Cr^{(prob)}) \quad (12)$$

— *множество недостоверных данных по критерию достоверности  $Cr^{(prob)}$* .

Пусть задана совокупность (8) способов описания объекта Природы  $O^{(NAT)}$ , а также множество критериев адекватности

$$\begin{aligned} & \mathbf{Cr}^{(ad)}(O^{(NAT)}, B(O^{(NAT)}, I), Pr) = \\ & \{ \mathbf{Cr}_\lambda^{(ad)}(O^{(NAT)}, B(O^{(NAT)}, I), Pr), I \in I_\lambda \subseteq I, \\ & O^{(NAT)} \in NAT_\lambda \subseteq NAT, \\ & B(O^{(NAT)}, I) \in SD_\lambda(O^{(NAT)}, I_\lambda), \\ & Pr \in Pr_\lambda \subseteq Pr, \lambda \in \Lambda \}. \end{aligned} \quad (13)$$

Для каждого  $O^{(NAT)} \in NAT$  построим множество

$$SD^{(max)}(O^{(NAT)}, \mathbf{Cr}^{(ad)}) = \bigcup_{\lambda \in \Lambda} SD(O^{(NAT)}, I_\lambda, \mathbf{Cr}_\lambda^{(ad)}) \quad (14),$$

которое описывает все объекты искусственной Природы, адекватные объекту Природы  $O^{(NAT)}$  хотя бы по одному критерию  $\mathbf{Cr}_\lambda^{(ad)}$  ( $\lambda \in \Lambda$ ), и

$$SD^{(min)}(O^{(NAT)}, \mathbf{Cr}^{(ad)}) = \bigcap_{\lambda \in \Lambda} SD(O^{(NAT)}, I_\lambda, \mathbf{Cr}_\lambda^{(ad)}) \quad (15),$$

объекты искусственной Природы, адекватные объекту Природы  $O^{(NAT)}$  по всем критериям  $\mathbf{Cr}^{(ad)}$ . Пустота совокупности (14) означает, что описания объекта Природы  $O^{(NAT)}$  не являются адекватными ни по одному из критериев  $\mathbf{Cr}^{(ad)}$ .

**Определение 6.** Скажем, что имеет место конфликт знаний, если совокупность (14) пуста.

Пустота (15) означает, что множество критериев (13) и совокупность способов (8) описания данных об объекте Природы  $O^{(NAT)}$  противоречивы.

**Определение 7.** Скажем, что наблюдается информационный конфликт, или конфликт между векторным критерием адекватности

$\mathbf{Cr}^{(ad)}$  и способами описания объекта Природы  $O^{(NAT)}$ , если совокупность (14) пуста.

Известные понятия конфликта могут быть интерпретированы как частные случаи информационного конфликта, при этом исходными причинами возникновения конфликтов являются:

- различие в способах описания элемента Природы  $O^{(NAT)}$ , в том числе условий описания  $I$ ;
- применение различных (несогласованных) критериев адекватности  $\mathbf{Cr}^{(ad)}$ .

Определения 6 и 7 формируют понятия **реального конфликта**. Здесь в явном виде производится отбор данных в заданном направлении, устанавливая отношения между ними и формируя информационную совокупность (8). Этот отбор осуществляет явно или неявно присутствующий **субъект**. Основные факторы, которые определяют конфликт знаний и информационный конфликт, в нашем формализме группируются в пару

$$Tech(I, \mathbf{Cr}^{(ad)}) = (I, \mathbf{Cr}^{(ad)}) \quad (16),$$

где обстоятельства  $I$  и критерий адекватности  $\mathbf{Cr}^{(ad)}$ , которые будем называть **технологией информационного конфликта**. Структурируя технологии, можно получать спектры описаний информационных конфликтов. Таким образом, в априорные способы устраниения конфликта знаний входят:

- изменение способов описания элемента Природы  $O^{(NAT)}$ , в том числе детализация условий описания  $I$ .
- изменение критериев адекватности  $\mathbf{Cr}^{(ad)}$ .

Исходная классификация обстоятельств  $I$ , которые возникают при информационном анализе, может быть получена в виде

- системное описание объекта исследований;
- информационное описание и структуризация предметной области;
- информационное описание поведения изучаемого объекта.

Синтез указанных принципов моделирования — информационная система, составляет новый инструмент, лежащий в основе сценарного исчисления. В предлагаемой методологии обобщены концепции, представляющие современные элементы анализа сложных систем: структурный, системный и сценарный анализ, теория управления, теория принятия решений в условиях неопределенности, теория оптимального управления. Основное содержание исследований — создание понятийного аппарата и инструментария различных типов конфликтов, а также описание схемы их сценарного анализа и синтеза.

Оставаясь в рамках слишком обобщенного определения конфликта знаний, трудно осуществить переход к анализу конкретных предметных областей. В настоящем разделе проводится классификация конфликтов и дается их формальное определение при различных обстоятельствах получения знаний.

От критерия адекватности требуют, чтобы соответствующее отношение обладало рядом свойств. В то же время  $\mathbf{Cr}^{(ad)}$  может не быть отношением эквивалентности, если не обладает свойством транзитивности. Последнее означает, что в одних и тех же обстоятельствах  $I$  получены несовпадающие адекватные отображения  $V_1(O^{(NAT)}, I)$  и  $V_2(O^{(NAT)}, I)$  объекта Природы  $O^{(NAT)}$ . Это, как правило, означает, что  $I$  недостаточно четко определены, в частности могут быть получены из различных источников без учета этого факта, и их следует уточнить. Критерий адекватности  $\mathbf{Cr}^{(ad)}$  будем называть *регулярным*, если для него выполнено условие: *существует не более одного элемента Природы  $V(O^{(NAT)}, I)$ , адекватно отображающего объект Природы  $O^{(NAT)}$  в условиях  $I$ .*

Ключевым понятием методологии сценарного подхода является понятие *неопределенности*. Наиболее распространенное понимание этого термина — частичное или полное отсутствие «существенной информации» о структуре и возможных состояниях системы и (или) ее среды. Далее следуют классификационные признаки «причин недостатка информации», способов описания этого недостатка и рекомендации по способам анализа и решения возникающих проблем. Таким образом, современное узко практическое обоснование причин существования неопределенности сводится к «неполноте информации», фактически понимаемой как неполнота

информированности. Общенаучное понимание много шире: от «принципа неопределенности» в физике до поведения отдельного индивида в «свободной» экономике.

**Неопределенность** — свойство отношений между элементами информационной совокупности (8), заключающееся в однозначном, «единообразном» отображении отношений между объектами Природы и объектами искусственной Природы при «единообразных» обстоятельствах. Можно выделить субъективные и объективные причины неопределенности:

- **объективная причина** — имманентные свойства материи движение и развитие, поэтому, в силу ограниченности нашего знания, невозможно однозначно зафиксировать все условия получения данных, т. е. обстоятельства  $I$ ;
- субъективные источники неопределенности:

1. Неоднозначность отображения объекта Природы  $O^{(NAT)}$ .
2. Неразличение субъектами отображения обстоятельств  $I$  и  $J$ , т. е. отождествление  $B(O^{(NAT)}, I) = B(O^{(NAT)}, J)$ , когда  $I \neq J$ .

Неоднозначность отображения объекта Природы  $O^{(NAT)}$  выступает как естественный (философски объективный) первичный источник **неопределенности** данных и информации (как отношения) их связывающей. В формализованной постановке это следует отнести к информационной совокупности (8).

Будем говорить, что имеет место неопределенность в способах описания (отображении) объекта Природы  $O$ , если в информационной совокупности (8) найдутся такие наборы  $(\lambda, \mathbf{Mn}_\lambda, I_\lambda)$  и  $(\mu, \mathbf{Mn}_\mu, I_\mu)$ , что

$$\begin{aligned} Inf(O, \mathbf{Mn}(O^{(NAT)}, I)) &= (O, \mathbf{Mn}_\lambda(O_\lambda^{(NAT)}, I_\lambda)) = \\ &= (O, \mathbf{Mn}_\mu(O_\mu^{(NAT)}, I_\mu)) \end{aligned} \quad (17).$$

Таким образом, наблюдается неопределенность как неоднозначность в способе описания данных, если при одних и тех же обстоятельствах  $I$  были получены различные образы  $B_\alpha(O^{(NAT)}, I)$ . Такой путь моделирования неопределенности дает возможность

получать ее различные виды, *классифицируя обстоятельства* I получения образов. Классификация обстоятельств зависит от предметной области и условий осуществления изучаемых процессов в социально-экономических системах, а также применяемых методов исследования. В последующих разделах будет проведено выделение и структуризация тех или иных обстоятельств, характеризующих формализуемый объект Природы или способов его отображения в объект искусственной Природы.

В исследовании операций различают типы неопределенности [24]:

- 1) неопределенность целей;
- 2) неопределенность знаний об окружающей обстановке (неопределенность природы);
- 3) неопределенность действий реального противника или партнера.

Однако, понятие неопределенности, рассмотренное с системных позиций, охватывает более широкий спектр явлений. Так, структурируя обстоятельства I в виде модели принятия решений в активной системе, получим все три указанных типа неопределенности. Неопределенность, заявленную в квантовой механике, можно интерпретировать как *невозможность* получения однозначных результатов опыта, поскольку применена «специальная модель измерений». При этом применяются стандартный способ описания и процедура верификации — вероятностная структура представления информации. Формализованное изучение неопределенности указанных типов с позиций сценарного подхода проводится в [20].

Известны ряд классификационных признаков неопределенности.

Так, при изучении математических моделей принятия решений в активных системах (АС) для субъекта действия *Act* традиционно различают (основание классификации — объекты и субъекты, относительно которых имеется «недостаточная информированность») [26-29]

- *объективную неопределенность* — неполная информированность относительно параметров обстановки, которые не зависят от участников рассматриваемой системы;
- *субъективную неопределенность* — неполная информированность о принципах поведения других субъектов, т. е. активно изменяемых параметрах;
- *внутреннюю неопределенность* — неопределенность относительно параметров, описывающих участников АС;



- *внешнюю неопределенность* — относительно внешних (по отношению к АС) параметров;
- *неопределенность природы* (или *неопределенность состояния природы*) — внешняя объективная неопределенность;
- *игровая неопределенность* — внутренняя субъективная неопределенность.

**Информированность** — это свойство субъекта отражения (познания) *Act* (измеряемое на основе задаваемой модели) обладать совокупностью данных

$$SD^{(Inf, Act)}(O^{(NAT)}) \subseteq SD(O^{(NAT)}) \quad (18).$$

В рамках данных определений это означает, что субъект отражения *Act* обладает (или распоряжается при принятии решений) лишь собственным подмножеством множества  $SD(O^{(NAT)})$ . Помещая  $SD(O^{(NAT)})$  в некоторое метрическое пространство  $\check{M}(Z, \rho)$ , можно вычислять степень информированности или определять ее уровни. Вместе с тем было бы слишком упрощенным подходом полагать, что соотношение (18) является единственным источником принятия неверных решений: оно служит только первичным источником возможных ошибок.

При изучении рефлексивных процессов исследуются обстоятельства *I* и критерии адекватности  $\mathbf{Cr}^{(ad)}$ , в соответствии с которыми субъект действия *Act* совершает действия по «осознанию» реальных объектов на основе представлений, формируемых его собственной системой отношений к реальному миру, т. е. отталкиваясь от созданного им самим виртуального изображения действительности. Моделирование рефлексивных отношений с выделением этапов и последовательности этих действий, способов отображения, а также методов определения субъектом критериев  $\mathbf{Cr}^{(ad)}$  и т. п. предоставляется непосредственной основой изучения информационных конфликтов указанного класса [7, 8].

Известные способы отображения неопределенности группируются в три принципиально различные схемы: вероятностные, игровые и рефлексивные.

Исходными прообразами, которые описываются искусственной вероятностной моделью, являются «пассивные» в том смысле объекты естественной Природы  $O^{(NAT)}$ , что относительно них нет оснований предполагать наличие самостоятельной цели, отличной от уже известных Законов Природы. Это отнюдь не означает, что  $O^{(NAT)}$  является пассивным в смысле свободы своего поведения в рамках указанных Законов. Именно свобода этого поведения и является исходной целью формализации.

Исходная аксиоматика и систематизированный математический аппарат вероятностной модели неопределенности в наиболее современном виде принадлежит академику А. Н. Колмогорову. Основная схема модели (объект искусственной Природы  $O_{prob}^{(CUL)}$ ) с точки зрения системной методологии заключается в следующем подходе (информационная совокупность (8)):

- вводят понятие «элементарное событие  $A$ » как элементы множества  $A \in A$ , которое характеризует свойство системы  $\tilde{S}$  находиться в определенном состоянии  $S_A$ ;
- на множестве  $A$  вводят функцию  $\mu(A)$ , называемую мерой (вероятностной) множества;
- указывают характеристики и свойства функции  $\mu(A)$ ;
- на основе множества  $A$  и функции  $\mu(A)$  вводят «вероятностное пространство», на котором определяют случайные величины и процессы.

Важным методологическим свойством, на основе которого считается возможным *продолжать* модель с объектов естественной Природы на объекты искусственной Природы, служит **центральная предельная теорема**. Она указывает на эргодическое свойство совместного взаимодействия ряда объектов, заключающееся в отмеченной *регулярности их поведения в некотором смысле независимо от полноты знания исследователем совокупности* (18).

Ограничения применимости вероятностной модели при отображении свойств естественных объектов Природы заключаются в следующем.

*Свойство аддитивности* вероятностной меры  $\mu(A)$  является ключевым ограничением с точки зрения математики.

*Формализация основной цели вероятностной модели выбора* заключается в построении адекватной вероятностной модели реального процесса или явления в терминах происходящих событий с тем, чтобы осуществить выбор события в соответствии с принципом «наибольшего правдоподобия», т. е. указать наиболее вероятное событие.

Принципиальная позиция игрового подхода — необходимость моделирования и учета волевых поступков субъектов действия (игроков) как активных элементов системы  $\tilde{S}$ .

*Основной предмет исследования* в игровой модели неопределенности — способы поведения субъектов в условиях заданной информированности по отношению к компонентам игры. При этом считается, что при полной информированности каждый игрок способен однозначно осуществить оптимальный с точки зрения своих воззрений выбор действий.

*Основная цель построения игровой модели выбора* заключается в адекватном отображении конфликтной ситуации в терминах контролируемых и неконтролируемых факторов с тем, чтобы дать возможность анализа и формального осуществления выбора его исхода.

*Основная схема модели* с точки зрения системной методологии (выделение системных элементов) заключается в формировании информационной совокупности отображения объекта Природы «Игра», состоящей из:

- универсального множества игроков  $\alpha \in Sg$ ,
- структур на множестве игроков  $Sg$ :

о набора коалиций действия  $\mathbf{Co}^{(A)} \in \mathbf{SCo}^{(A)} \subseteq Sg$ , характеризующего

- набором  $X_\alpha$  возможных действий  $x_\alpha \in X_\alpha$  (стратегии игрока  $\alpha \in \mathbf{Co}^{(A)}$ ),
- ситуацией  $\mathbf{x}(\mathbf{Co}^{(A)}) = \{x_\alpha, \alpha \in \mathbf{Co}^{(A)}\}$  (исход игры для коалиции  $\mathbf{Co}^{(A)}$ ),

– множеством возможных ситуаций

$$S_i^{(av)} \subseteq \bigcup_{\mathbf{Co}^{(A)} \in \mathbf{SCo}^{(A)}} \mathbf{x}(\mathbf{Co}^{(A)});$$

о набора коалиций интересов  $\mathbf{Co}^{(I)} \in \mathbf{SCo}^{(I)} \subseteq Sg$ , которые характеризуются системой предпочтений  $R^{(int)}(\mathbf{Co}^{(I)})$  коалиции  $\mathbf{Co}^{(I)}$  на множестве  $S_i^{(av)}$ ;

о структуры неопределенности  $R^{(unc)}(Sg)$  на  $Sg$ , характеризующейся

- моделями  $Mod^{(unc)}(\mathbf{Co}^{(A)})$ ,  $Mod^{(unc)}(\mathbf{Co}^{(I)})$  неопределенности  $\mathbf{Co}^{(A)}$  и  $\mathbf{Co}^{(I)}$ ,
- гипотезами поведения коалиций  $\mathbf{Co}^{(I)}$ , т. е. правилами выбора  $\mathbf{x}(\mathbf{Co}^{(A)})$ .

Выбор игроком стратегии  $x_\alpha \in X_\alpha$  соответствует понятию « $\alpha$  элементарного события» вероятностной модели. Составным понятием является понятие «ситуация», которое заключается в осуществлении всех событий  $x_\alpha$  ( $\alpha \in Sg$ ).

«Проблематика исследования рефлексивных процессов является стратегически важной как для развития науки, так и для решения широкого круга практических задач. В научном плане основные направления связаны со сменой доминанты каузального (причинность) подхода на доминанту телеологического подхода, с междисциплинарной интеграцией при построении новых способов и средств моделирования и методологической поддержки разного рода социальных субъектов и образований, с созданием новых парадигм интеграции разнородных знаний и др.» [32, 33].

В процитированном отрывке определяются направления изменения парадигмы научного мышления: переход от причинности к абсолютизации учения о целесообразности. Как известно, в материалистическом понимании «сущностью причинности является производство причиной следствия. Причина объективна: она есть присущее самим вещам внутреннее отношение. Причина всеобща, так как нет явлений, которые не имели бы своих причин, как нет

явлений, которые бы не порождали тех или иных следствий. Связь причины и следствия является необходимой: если есть причина и налицо соответствующие условия, то неизбежно возникает следствие, причем оно всегда порождается данной причиной при тех же условиях и во всех других случаях...» [35].

«В практическом плане основные направления исследования рефлексивных процессов связаны с преодолением «бессубъектности» в системах социального управления и развития, с разработкой принципиально новых технологий для систем поддержки субъектов деятельности (индивидуальных и групповых), со сменой доминанты «знаний» в образовании на доминанту развития рефлексивных способностей и др. Широкое развертывание этих исследований в значительной степени связано с разработкой В. А. Лефевром оригинальных идей, которые рождались в связи с потребностями больших проектов в военной сфере. Требовалось создать средства междисциплинарных исследований при моделировании различного рода конфликтов, найти инвариантные средства их моделирования. Главная заслуга Лефевра в том, что он вывел понятие рефлексии из философии, тогда во многом сводившейся к идеологии, в общесистемное междисциплинарное поле, что было связано, прежде всего, с введением понятия «рефлексивная система». Возник рефлексивный подход, а создаваемые им средства проходили апробацию в научных дискуссиях, экспериментальных и практических работах. Научная среда того времени пыталась отторгнуть многие идеи В. А. Лефевра. Причина заключалась в гегемонии естественнонаучного подхода к организации управления сложными системами. В основе традиционных технологий лежал *функциональный подход*, в частности, на нем базировалось «исследование операций». В основу же идей Лефевра был положен *структурно-функциональный подход*. Принципиальной позицией указанного подхода ряд специалистов-психологов считают необходимость исследовать в рамках дихотомии объект-субъект различные типы их взаимодействия. Основопологающим при этом является субъект-порождающий тип взаимодействия [32].

Исходную позицию рефлексивного подхода сформулировал Дж. Сорос: «С одной стороны, участники стремятся понять ситуацию, в которой они участвуют, с другой стороны, их понимание служит основой для принятия решений, которые влияют на ход событий. Эти две роли интерферируют друг с другом» [34]. Простое

сравнение исходных пунктов понимания природы рефлексивных процессов у Лефевра и Сороса показывает: несмотря на различные ключевые слова, они отталкиваются от одного и того же — опыта исследования объектов, обладающих свойством рефлексии. В дальнейшем, однако, их пути существенно расходятся. Лефевр пошел намного дальше приемов рефлексивного управления, основывающихся на передаче информации. Он пришел к неинформационному обоснованию рефлексивной природы морального выбора, найдя для нее наполненное смыслом обозначение. Сорос остался на уровне первоначальных информационных представлений, хотя и продвинулся в описании движущих сил экономического поведения — предпочтений и привычек участников.

Исходные посылки моделирования рефлексии можно найти в [32]:

- (1) Субъект содержит в себе формальный механизм для моделирования себя и других. Этот механизм универсален и не зависит от культуры, к которой принадлежит субъект.
- (2) Модели себя и других рефлексивны, т. е. они тоже могут содержать модели себя и других, и т. д.
- (3) Внутренний формальный механизм для моделирования включает в себя вычислительный процесс, протекающий автоматически и не зависящий от осознанной воли субъекта. Этот процесс предопределяет реакции субъекта в ситуациях выбора между оценками «хорошо» и «плохо»; он также генерирует внутренние переживания субъекта, такие как чувство вины и осуждение других.
- (4) Модели себя и других также обладают вычислительными возможностями, которые позволяют субъекту автоматически моделировать как свои собственные внутренние переживания, так и переживания других людей.

Следует подчеркнуть, что этот моделирующий механизм не является цепочкой логических рассуждений типа «я думаю, что он думает, что я думаю» и т. д. Такие цепочки являются чисто лингвистическими структурами. Мы говорим о прямом «вычислительном» моделировании себя и других, которое осуществляется автоматически и независимо от внутренней речи [7].

В психологии выделяют два способа существования человека: *реактивный* и *рефлексивный* [32, 33] При первом способе человек живет в мире непосредственных связей и не выходит за их преде-

лы. При втором возможен выход за пределы привычной жизнедеятельности в результате осознания обыденной жизни и появления нового отношения к ней.

При рефлексивном подходе возникает специальный класс моделей неопределенности, которые отражают процесс познания со стороны «познания субъектом самого себя», а также возникающие при этом новые группы объект-объектных, объект-субъектных и субъект-субъектных отношений. Такие отношения могут быть вложенными и взаимопереплетающимися.

Определение 5 дает возможность индуктивно ввести понятие информации, а соотношение (4) — понятие информированности познающего субъекта.

Пусть заданы совокупности **SI** обстоятельств и объектов **SO**. Множество

$$SDO(\mathbf{SO}, \mathbf{SI}) = \bigcup_{O \in \mathbf{SO}} \bigcup_{I \in \mathbf{SI}} B(O, I) \quad (19)$$

представляет собой множество всех образов  $B(O, I)$  объектов  $O \in \mathbf{SO}$ , полученных в обстоятельствах  $I \in \mathbf{SI}$ . Зафиксируем объекты  $O_1, O_2 \in \mathbf{SO}$ .

**Определение 8.** Скажем, что объекты  $O, P \in \mathbf{SO}$   $N$ -последовательно информационно связаны в множестве  $SDO(\mathbf{SO}, \mathbf{SI})$ , если существует последовательность обстоятельств  $\mathbf{I} = \{I_i \in \mathbf{SI}, i = \overline{1, N}\}$ , для которой найдется последовательность первичных информационных совокупностей (5)

$$\begin{aligned} & \mathbf{Inf}(O, P, N, \mathbf{I}, \mathbf{SO}, \mathbf{SI}) = \\ & \{ \mathbf{Inf}_i(O_i, \mathbf{Mn}_i(O_i, I_i)), i = \overline{1, N} \} \end{aligned} \quad (20),$$

что выполнены условия:

$$O_1 = O; \quad O_N = P, \quad B_1(O, I_1) \neq B_N(P, I_N) \quad (21),$$

при этом последовательность  $\mathbf{I}$  назовем информационной связью.

Таким образом, объекты  $O, P$  информационно связаны, если существует последовательность обстоятельств, посредством кото-

рой из некоторого образа  $B_1(O, I_1)$  объекта  $O$  можно получить образ  $B_N(P, I_N)$  объекта  $P$ .

**Определение 9.** Скажем, что объекты  $O, P \in \mathbf{SO}$   $N$ -последовательно информационно подобны в множестве образов  $SDO(\mathbf{SO}, \mathbf{SI})$ , если существует последовательность обстоятельств  $\mathbf{I} = \{I_i \in \mathbf{SI}, i = \overline{1, N}, I_1 = I, I_N = I\}$ , для которой объекты  $O$  и  $P$   $N$ -последовательно информационно связаны.

Положив в (20)  $O = P$ , непосредственно из определений получим критерий информационного конфликта.

**Теорема 1.** Конфликт данных об объекте  $O \in \mathbf{SO}$  в совокупности обстоятельств  $\mathbf{SI}$  наблюдается тогда и только тогда, когда объект  $O$  при некотором  $N > 1$   $N$ -последовательно информационно подобен сам с себе.

Наличие информационной связи между объектами  $O, P \in \mathbf{SO}$  можно рассматривать как потенциальную возможность их (информационного) взаимодействия. При этом механизм реализации этой возможности существенно зависит от самих объектов  $O$  и  $P$ , а также обстоятельств их отображения. Так, для совокупности  $\mathbf{SO}$ , представляющей собой только объекты естественной Природы, механизм реализации описывается ее объективными Законами. Обстоятельства  $\mathbf{SI}$  — те условия, при которых эти Законы выполняются. Однако, как только в совокупности  $\mathbf{SO}$  появляются объекты искусственной Природы, механизм реализации информационного взаимодействия приобретает общественный характер и определяется прежде всего конкретно-исторической деятельностью человека, т. е. субъекта действия (СД) *Act*.

Пусть заданы совокупности  $\mathbf{SI}$  обстоятельств и объектов  $\mathbf{SO}$ , а также множество (19). Определение 10 позволяет ввести на множестве  $SDO(\mathbf{SO}, \mathbf{SI})$  при заданном объекте  $O$  отношение  $\mathfrak{R}(O, i)$ , выделяющее класс  $\hat{\mathbf{L}}(O, i) \subseteq \mathbf{SO}$ : объект  $P \in \mathbf{SO}$  принадлежит классу  $\hat{\mathbf{L}}(O, i)$ , когда  $O$  и  $P$   $i$ -последовательно информационно связаны. Отношение  $\mathfrak{R}(O, i)$ , вообще говоря, не является отношением эквивалентности: априори возможна ситуация, когда



$P \in \widehat{\mathbf{L}}(O, i)$ ,  $P \in \widehat{\mathbf{L}}(O, j)$  при  $i \neq j$ , т. е. объект  $P$  принадлежит одновременно к различным классам.

Зафиксируем объект  $O \in \mathbf{SO}$ , а также объект  $P \in \widehat{\mathbf{L}}(O, i)$  для  $i = \overline{1, N}$ . Определение 10 гарантирует существование  $i$ -последовательности (20).

**Определение 10.** Информационным потенциалом  $\mathbf{U}^{(i)}(P, O)$  глубины  $i$  объекта  $P \in \mathbf{SO}$  относительно объекта  $O$  в множестве образов  $SDO(\mathbf{SO}, \mathbf{SI})$  назовем множество информационных совокупностей

$$\mathbf{Inf}(O, P, N, \mathbf{I}^{(i)}, \mathbf{SO}, \mathbf{SI}, \lambda \in \Lambda) = \{ \mathbf{Inf}_j(O_i, \mathbf{Mn}_i(O_i, I_j), \\ j = \overline{1, i} \}_{\lambda_i}, \lambda_i \in \Lambda_i \quad (22),$$

построенных по правилу (20).

(22) задает все первичные информационные совокупности, которые «гипотетически преобразуют» объект  $O$  в объект  $P$  за  $i$  шагов. Таким образом, можно говорить о (**потенциальном**) **информационном воздействии** объекта  $O$  на объект  $P$ . Следовательно, рассматривая произвольное подмножество  $M_P \subseteq \mathbf{SO}$ , можно говорить об **информационном поле** объекта  $O$ . Отметим, что информационный потенциал, рассматриваемый как преобразование  $\mathbf{U}(P, O): \mathbf{SO} \times \mathbf{SO} \rightarrow \mathbf{INF}$ , где  $\mathbf{INF}$  — множество информационных совокупностей (22), вообще говоря, не обладает свойством коммутативности.

Пусть на множестве  $\mathbf{SO} \times \mathbf{SO} \times \mathbf{INF}$  задана некоторая мера  $\mu^{(SO, SO, \mathbf{inf})}$ .

**Определение 11.** Силой потенциального информационного влияния объекта  $O$  на объект  $P$  будем называть величину

$$F\mathbf{Inf}(O, P, N, \mathbf{I}, \mathbf{SO}, \mathbf{SI}, \lambda \in \Lambda) = \\ \mu^{(SO, SO, \mathbf{inf})}(O \times P \times \mathbf{INF}) \quad (23).$$

т. е. меру множества  $O \times P \times \mathbf{INF}$  на множестве  $\mathbf{SO} \times \mathbf{SO} \times \mathbf{INF}$ .

Если множество (22) содержит конечное число элементов, то образованное информационное поле назовем конечным. Для такого поля силу взаимодействия между  $O$  и  $P$  можно задать как количество информационных связей  $I$ . Вводя на множестве образов  $SDO(SO, SI)$  меру  $\mu^{(inf)}$ , можно определить характеристики информационных полей (напряженность, емкость и т. п.).

Объединяя информационно-логический и системно-логический приходим к следующему

**Определение 12.** Систему  $\tilde{S}$  будем называть формальной информационной системой, если в качестве ее элементов рассматриваются информационные совокупности (8). Эти информационные совокупности будем называть информационными элементами.

Иерархия информационных элементов и построенных из них формальных информационных систем (см. п. 2.2.) позволяет перейти к формализованному формированию, анализу и последующему синтезу совокупности целей выбираемой стратегии развития СЭС.

## 4. Заключение

Конкретные информационные воздействия на элементы социально-экономической системы можно классифицировать по следующим признакам: по источнику возникновения (внутри СЭС, вне СЭС); по длительности воздействия (разовые, периодические, постоянные); по природе возникновения (обусловленные текущей структурой СЭС, внешние воздействия на элементы СЭС). Для определения эффективных информационных воздействий в СЭС следует

- провести классификацию системных элементов СЭС;
- провести структуризацию источника воздействия;
- провести структуризацию объекта влияния;
- определить характеристики общего информационного поля;
- определить индивидуальные характеристики источника воздействия;
- определить индивидуальные характеристики объекта влияния;
- разработать стратегии воздействия в общем информационном поле.

Для выбора конкретных способов информационного управления необходимо определить типовые задачи, решаемые с помощью информационного воздействия, провести анализ процесса формирования информационных операций и выработать критерии их оценки.

Предложенные определения создают основу для разработки аксиоматического построения концепции информационного управления в социально-экономических системах.

Представленный анализ информационных элементов, способов и механизмов информационного управления позволяет приступить к моделированию системы информационной активности СЭС [14-18]. При этом следует обратить внимание на решение следующих проблем:

- определить качественно различные состояния социальных объектов управления как объектов информационного воздействия;
- определить характеристики информационного поля, в том числе силу информационного воздействия как «физическую величину», характеризующую изменение состояния объекта целенаправленного информационного воздействия в сравнении с его исходным состоянием;
- указать характеристики и свойства введенных величин по отношению к различным социальным объектам;
- разработать практические способы измерения эффективности информационного воздействия объектов в изучаемом информационном поле.

В основе решения этих вопросов лежит понятие информационной акции.

На основе предлагаемых принципов моделирования могут быть формализованы ряд информационных акций, в том числе акций непосредственного информационного воздействия, акций информационного противодействия, рекламных акций как элемента информационной экономики. Можно надеяться, что при более детальной разработке методов анализа и синтеза информационного управления на основе предложенных подходов могут быть получены не только рациональные решения при управлении социальными системами, но и процессами информационной экономики, а также исследованы новые приложения, в том числе изучены некоторые проблемы лингвистики, философии и других наук, традиционно называемых гуманитарными.

## Литература

7. *Lefebvre V. A.* The Golden Section and an Algebraic Model of Ethical Cognition // *Journal of Mathematical Psychology*, 29. P. 289–310.
8. *Lefebvre V. A.* The Fundamental Structures of Human Reflexion // *Journal of Social and Biological Structures*, 10, 129–175.
9. *Архипова Н. И., Кононов Д. А., Кульба В. В., Минаев В. В., Шубин А. Н.* Информационное управление в социальных системах с позиций системной методологии // *Проблемы управления безопасностью сложных систем. Труды XI Междунар. конференции. М.: РГГУ, 2003. Ч. I. С. 179–183.*
10. *Гермейер Ю. Б.* Введение в исследование операций. М.: Наука. 1971.
11. *Гермейер Ю. Б.* Игры с непротивоположными интересами. М.: Наука. 1976.
12. *Делез Ж.* Различие и повторение. СПб., 1998.
13. *Капица С. П., Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г.* Синергетика и прогнозы будущего. М.: Наука. 1997.
14. *Кононов Д. А., Кульба В. В., Шубин А. Н.* Базисные понятия моделирования информационного управления в социальных системах / *Теория активных систем. Труды Междунар. научно-практической конференции (17–19 ноября 2003 г., Москва, Россия) М.: СИНТЕГ, 2003. Т. 2. С. 125–129.*
15. *Кононов Д. А., Кульба В. В., Шубин А. Н.* Информационное управление в социально-экономических системах: формализованное описание информационных элементов // *Проблемы управления. 2004. № 2. С. 45–51.*
16. *Кононов Д. А., Кульба В. В., Шубин А. Н.* Информационное управление в социально-экономических системах: элементы управления и способы информационного воздействия // *Проблемы управления. 2004. № 3. С. 25–33.*
17. *Кононов Д. А., Кульба В. В., Шубин А. Н.* Информационное управление в социально-экономических системах: информационные акции в информационных полях // *Проблемы управления. 2004. № 4. С. 81–97.*
18. *Кононов Д. А., Кульба В. В., Шубин А. Н.* Информационное управление: принципы моделирования и области использования // *Труды ИПУ РАН. Т. XXIII. М.: ИПУ РАН. 2004. С. 5–29.*

19. Котик М. А., Емельянов А. М. Природа ошибок человека-оператора (на примерах управления транспортными средствами). М.: Транспорт, 1993. 252 с.
20. Кульба В. В., Кононов Д. А., Косяченко С. А., Шубин А. Н. Методы формирования сценариев развития социально-экономических систем. М.: СИНТЕГ, 2004. 296 с.
21. Кульба В. В., Малюгин В. Д., Шубин А. Н., Вус М. А. Введение в информационное управление. Учебно-методическое издание. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 1999. 116 с.
22. Логика и методология системных исследований. Киев—Одесса: Вища школа, 1977.
23. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. М.: Мир, 1973.
24. Моисеев Н. Н. Математические методы системного анализа. М.: Наука, 1981.
25. Моисеев Н. Н. Судьба цивилизации. Путь разума. М.: МНЭПУ, 1998.
26. Новиков Д. А., Петраков С. Н. Курс теории активных систем. М.: СИНТЕГ, 1999.
27. Новиков Д. А., Чхартишвили А. Г. Активный прогноз. М.: ИПУ РАН, 2002.
28. Новиков Д. А., Чхартишвили А. Г. Прикладные модели информационного управления. М.: ИПУ РАН, 2004.
29. Новиков Д. А., Чхартишвили А. Г. Рефлексивные игры. М.: СИНТЕГ, 2003.
30. Платонов С. После коммунизма: Кн., не предназнач. для печати. / Предисл. В. Аксенова и др. 2-е изд.; Второе пришествие: беседы. М.: Молодая гвардия, 1991.
31. Рефлексивные процессы и управление. / Международный научно-практический журнал. М.: Ин-т психологии РАН. № 1, январь—июнь 2001. Т. 1.
32. Рефлексивные процессы и управление. / Международный научно-практический журнал. М.: Ин-т психологии РАН. № 1, июль—декабрь 2001. Т. 1.
33. Рефлексивные процессы и управление. / Международный научно-практический журнал. М.: Ин-т психологии РАН. № 1, июль—декабрь 2001. Т. 2.
34. Сорос Дж. Алхимия финансов. М.: ИНФРА-М, 1999.
35. Философский энциклопедический словарь. 2-е изд. М.: Сов. Энциклопедия, 1989.

### ***Сведения об авторах:***

Кононов Дмитрий Алексеевич — кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник Института проблем управления РАН, 334-90-09, kulba@ipu.ru

Кульба Владимир Васильевич — доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией Института проблем управления РАН, 334-90-09, kulba@ipu.ru

Малюгин Владимир Дмитриевич — доктор технических наук, профессор, заведующий аспирантурой Института проблем управления РАН, 334-09-19, maluga@ipu.ru

Шубин Анатолий Николаевич — кандидат технических наук, профессор, заместитель директора Института проблем управления РАН, 334-87-19, gak@ipu.ru

# **Анализ влияний при управлении слабоструктурированными ситуациями на основе когнитивных карт<sup>1</sup>**

---

*О. П. Кузнецов,  
А. А. Кулинич,  
А. В. Марковский*

Приводится обзор и обсуждение моделей и методов анализа влияний между факторами слабо структурированной ситуации. Ситуация представляется в виде нечеткого графа (когнитивной карты), вершины которого соответствуют факторам, определяющим ситуацию, а ориентированные взвешенные ребра — степени влияния одного фактора на другой.

## **1. Введение**

Среди задач управления в социально-экономической, организационной, политической и других сферах, связанных с жизнью общества, наиболее сложными являются комплексные задачи, цель которых — изменить в желаемую сторону положение дел в целом. В этом случае объектом управления является вся проблемная область, которая рассматривается как динамическая ситуация, состоящая из множества разнородных взаимодействующих факторов. Некоторые из этих факторов напрямую зависят от решений ЛПР, другие зависят от ЛПР косвенно (через цепочки других факторов),

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке Российского Фонда фундаментальных исследований (грант 05-01-00499).

третьи не зависят от ЛПР вовсе (такие как погода, виды на урожай, изменения в законодательстве и т. д.). При попытках использования информационных технологий для решения таких задач, как правило, приходится сталкиваться с тем, что — в отличие от большинства технических систем — объект управления (т. е. ситуация) не только не формализован, но и слабо структурирован. Это выражается в следующем.

Система понятий (факторов, концептов) и связей между ними не определена с достаточной полнотой. Разумеется, основные факторы известны, однако многие факторы, связи и параметры выясняются только в процессе постановки задачи.

Основные параметры ситуации (значения факторов, степень влияния одних факторов на другие) — после того, как они будут выделены — являются не количественными, а качественными, т. е. представляют собой не числа, а либо интервалы, характеризующие точность оценки, либо нечеткие величины, либо вербальные (лингвистические) оценки, образующие линейно упорядоченную шкалу.

Значения параметров ситуации получены в основном не на основе объективных измерений, а путем опроса экспертов, и потому являются их субъективными оценками. Это относится и к тем факторам и связям, которые могут быть выражены количественно в результате обработки данных экономической статистики, социологических опросов и т. д., поскольку одни и те же факторы разными источниками оцениваются по-разному. Соответственно, окончательные значения параметров, вносимые экспертом в модель, являются результатом его личной субъективной обработки этих данных, включающей выбор одной из оценок (или их взвешенную свертку), учет достоверности данных, репутацию источника и т. д.

Заранее сформулированные альтернативы в такого рода ситуациях отсутствуют; они возникают в процессе их анализа.

Все эти обстоятельства не позволяют при принятии решений в таких предметных областях использовать подходы имитационного моделирования, ориентированные на использование количественных объективных оценок, методов традиционной теории принятия решений, опирающейся на методы выбора лучшей альтернативы из множества четко сформулированных альтернатив [7], а также методов сценарного анализа [6]. Материал, на основе которого принимаются решения в таких областях, неизбежно содержит су-



шественную долю качественных, нечетких, субъективно оцененных данных и по существу является представлением знаний эксперта (или группы экспертов) о ситуации, описывающей проблемную область.

Подход к анализу слабоструктурированных проблемных областей, учитывающий их особенности, сформировался в последние десятилетия. Он основан на понятии *когнитивной карты* и часто называется когнитивным анализом или *когнитивным моделированием*.

Термин «когнитивная карта» был предложен психологом Толменом [20]. В психологии когнитивная карта — это внутренняя схема, позволяющая человеку ориентироваться в пространстве (карта своей квартиры, карта маршрута на работу и т. д.). В анализе слабоструктурированных проблемных областей когнитивная карта — это модель представления знаний экспертов о ситуации. Формально, *когнитивная карта* — это ориентированный граф, ребрам (и, быть, может, вершинам) которого поставлены в соответствие веса. Она задается матрицей смежности  $W = [w_{ij}]_{n \times n}$ , где  $n$  — число вершин,  $w_{ij}$  — вес ребра  $(i, j)$ ,  $w_{ij} = 0$  означает, что ребро  $(i, j)$  отсутствует. Вершины  $C_i$  когнитивной карты соответствуют *факторам* (*концептам*<sup>2</sup>), определяющим ситуацию, ориентированные ребра — причинно-следственным (каузальным) связям между факторами. Различные интерпретации вершин, ребер и весов на ребрах, а также различные функции, определяющие влияние связей на факторы, приводят к различным моделям (модификациям когнитивных карт) и средствам их анализа.

Из сказанного выше видно, что использованию формальных методов и соответствующих информационных технологий для управления ситуациями в слабоструктурированных проблемных областях, должна предшествовать подготовительная работа, состоящая из следующих этапов:

- структурирование проблемной области, т. е. формирование системы факторов и связей между ними;
- параметризация полученной системы факторов и связей, т. е. описание допустимых областей значений, как правило, качественных и нечетких;

---

<sup>2</sup> В зарубежной литературе наиболее употребителен термин «концепт».

- формализация предметной области, т. е. выбор модели, которая характеризуется видом функций, определяющих влияние связей на факторы, и методами их вычисления.

В работе по построению и анализу модели участвуют эксперты, будущие пользователи, математики-разработчики и т. д. Довольно часто пользователи одновременно являются и экспертами. В случае, когда объем моделей невелик (10–15 факторов), может оказаться достаточным «ручное» использование методов анализа, не требующее программных средств. При больших объемах без программных технологий не обойтись.

Выбор модели в значительной мере зависит от задач анализа, которые предстоит решать будущим пользователям. Задачи анализа ситуаций на основе когнитивных карт можно разделить на два типа: *статические* и *динамические*. Им соответствуют два типа моделей. *Статический анализ*, или *анализ влияний* — это анализ текущей ситуации, заключающийся в выделении и сопоставлении путей влияния одних факторов на другие через третьи (каузальных цепочек). Динамический анализ — это генерация и анализ возможных сценариев развития ситуации во времени. В обоих случаях целью анализа является формирование возможных альтернатив управляющих решений. Такими альтернативами являются множества управляющих факторов, т. е. факторов, на изменение которых ЛПР может непосредственно влиять. Анализ влияний выделяет факторы с наиболее сильным влиянием на целевые факторы, т. е. факторы, значения которых следует изменить. Окончательный выбор управляющих и целевых факторов остается за ЛПР, который учитывает и другие соображения, лежащие вне когнитивной карты (например, ресурсы, необходимые для изменения управляющих факторов).

В настоящей работе мы ограничиваемся обзором и обсуждением моделей и методов анализа влияний. Основные понятия здесь таковы. Прямым влиянием называется влияние смежных вершин. Оно задается элементами матрицы смежности (напомним, что, если  $w_{ij} = 0$ , то ребро  $(i, j)$  отсутствует). Непрямое влияние  $i$  на  $j$  — это влияние через путь длины больше 1, идущий от  $i$  к  $j$ . Суммарное влияние — это результирующее влияние по всем путям от  $i$  к  $j$ . Одной из главных задач анализа влияний является вычисление прямых и суммарных влияний.

## 2. Знаковые модели

Исторически первой когнитивной моделью был знаковый граф. Идея использования знаковых графов для анализа слабоструктурированных проблемных областей принадлежит Аксельроду [11]. Подробно основные свойства знаковых графов описаны в известной книге Робертса [9]. *Знаковый граф* — это граф, ребра которого имеют веса  $+1$  или  $-1$ , сокращенно обозначаемые знаками « $+$ » и « $-$ ». Знак « $+$ » обозначает положительное влияние (рост фактора-причины приводит к росту фактора-следствия), знак « $-$ » обозначает отрицательное влияние (рост фактора-причины приводит к уменьшению фактора-следствия). Вес пути равен произведению весов его ребер, т. е. положителен, если число отрицательных ребер в нем четно, и отрицателен, если это число нечетно. Если же от вершины  $C_i$  к вершине  $C_j$  ведут как положительные, так и отрицательные пути, то вопрос о характере суммарного влияния фактора  $C_i$  на фактор  $C_j$  остается неопределенным.

Формально вычисление влияний определяется так.

*Непрямое влияние*  $I_P$  фактора  $C_i$  на фактор  $C_j$  через путь  $P$ , идущий из  $C_i$  в  $C_j$ , определяется соотношением

$$I_P = \prod_{(k,l) \in E(P)} w_{kl},$$

где  $E(P)$  — множество ребер пути  $P$  и  $w_{kl}$  — вес (знак) ребра  $(k, l)$  в пути  $P$ .

*Суммарное влияние*  $T(i, j)$  определяется из соотношения

$$T(i, j) = \begin{cases} +1, & \text{если все } I_P > 0 \\ -1, & \text{если все } I_P < 0 \\ \text{не определено} & \text{в других случаях.} \end{cases}$$

Другая задача анализа, решаемая в терминах знаковых графов — это *задача о сбалансированности*. В этой задаче ребра графа интерпретируются как некоторые (необязательно каузальные) отношения, характеризующиеся знаком. Если отношения симметричны (например, отношения дружбы-вражды, симпатии-

антипатии), то ситуация представляется неориентированным знаковым графом, вершины которого соответствуют субъектам отношений. Неориентированный знаковый граф *сбалансирован*, если все его циклы положительны. В этом случае все вершины можно разбить на два класса так, что ребра, соединяющие вершины одного класса, положительны, а ребра, соединяющие вершины разных классов, отрицательны. В сбалансированной ситуации все субъекты отношения разбиты на две коалиции, находящиеся в оппозиции. Такая ситуация устойчива в том смысле, что ввиду однородности отношений членов одной коалиции как друг к другу, так и к членам другой коалиции, нет предпосылок для изменения ситуации. Пример — двухпартийная парламентская система. Динамика развития ситуации при этом не рассматривается; прогноз состоит в том, что если ситуация устойчива, она будет сохраняться и в дальнейшем; если же она неустойчива, то характер связей скорее всего будет меняться.

Если отношения между факторами несимметричны, то когнитивная карта является ориентированным знаковым графом. Отношения при этом — как правило, каузальные. Положительный цикл — это контур положительной обратной связи; если факторам приданы некоторые веса (значения), то увеличение веса фактора в цикле ведет к его дальнейшему увеличению и, в конечном счете, неограниченному росту. Отрицательный цикл противодействует отклонениям от начального состояния, однако возможна неустойчивость в виде значительных колебаний, возникающих при прохождении возбуждения по циклу.

Анализ влияний и сбалансированности рассмотрим на примере когнитивной карты на рис. 1, описывающей ситуацию с энергообеспечением некоторого региона. (Пример взят из книги [9] с некоторыми изменениями.)

Цикл «Потребление электроэнергии» — «Состояние окружающей среды» — «Населенность» является отрицательным: предполагается, что состояние окружающей среды напрямую положительно влияет на рост населения, а потребление электроэнергии ухудшает состояние окружающей среды. Поэтому в этом цикле возможны колебания состояний всех трех факторов.

Цикл «Число предприятий» — «Потребление электроэнергии» — «Энергетические мощности» положителен (в предположении, что рост энергетических мощностей прямо влияет на рост

числа предприятий<sup>3</sup>). Поэтому в нем в принципе возможен постоянный рост всех трех факторов. Это же можно сказать и о цикле из 5 факторов, полученном добавлением факторов «Населенность» и «Число рабочих мест».

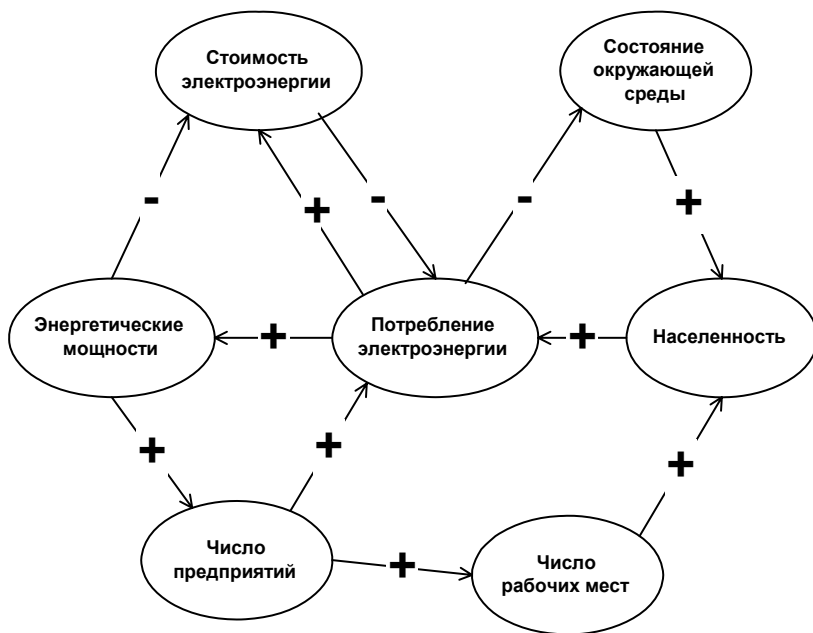


Рис. 1. Когнитивная карта энергоснабжения региона

Многочисленные примеры прикладных задач, использующих знаковые графы, имеются в книге [9].

Очевидны два основных недостатка модели Аксельрода: отсутствие учета силы влияния по разным ребрам и путям, а также отсутствие механизма разрешения неопределенностей при одновременном наличии положительных и отрицательных путей между двумя вершинами. Первый (и как показало время, основной) подход к их устранению заключается во введении весов, характеризующих силу влияния. Об этом будет речь ниже. Но прежде рас-

<sup>3</sup> Здесь специально оговариваются предположения, характеризующие субъективное мнение эксперта, т. е. такие, которые другой эксперт может счесть неверными или несущественными.

смотрим другой подход, развитый в работе [21], который оставляет граф знаковым, но предлагает гораздо более тонкий его анализ.

Метод анализа влияний, предложенный в этой статье, основывается на следующих допущениях:

1. Для одной и той пары факторов допускается сосуществование положительных и отрицательных влияний (по различным путям), имеющих различные силы влияния.
2. Сила влияния одного фактора на другой по данному пути зависит от длины этого пути (т. е. числа ребер в нем)<sup>4</sup>.
3. Чем больше параллельных влияний (по разным путям) существует между факторами, тем сильнее влияние между ними.

Пусть  $E_{ij}^{(m)}$  и  $I_{ij}^{(m)}$  — число положительных и отрицательных путей длины  $m$ , идущих от фактора  $i$  к фактору  $j$ , соответственно. Тогда суммарные положительное и отрицательное влияния фактора  $i$  на фактор  $j$  определяются следующим образом:

$$\tilde{p}_{ij} = \sum_{m=1}^{\infty} f(m) E_{ij}^{(m)} \text{ — положительное влияние;}$$

$$\tilde{n}_{ij} = \sum_{m=1}^{\infty} f(m) I_{ij}^{(m)} \text{ — отрицательное влияние,}$$

где  $f(m)$  — монотонная неубывающая функция от длины пути  $m$ , определяющая степень ослабления влияния на пути от  $i$  к  $j$ . В качестве  $f(m)$  выбирается монотонно убывающая и дифференцируемая функция:

$$f(m) = z^m \quad (0 < z < 1),$$

где  $z$  — коэффициент, определяющий степень ослабления.

Пусть  $j$  — фактор, лежащий на пути между факторами  $i$  и  $k$ . Тогда положительная  $\tilde{p}_{ik(j)}$  и отрицательная  $\tilde{n}_{ik(j)}$  компоненты влияния фактора  $i$  на  $k$  через фактор  $j$  определяются следующим образом:

---

<sup>4</sup> Заметим, что при этом допущении прямое положительное влияние роста потребления электроэнергии на ее стоимость (рис. 1) сильнее его же отрицательного влияния через рост энергетических мощностей.

$$\begin{aligned}\tilde{p}_{ik(j)} &= \tilde{p}_{ij} \tilde{p}_{jk} + \tilde{n}_{ij} \tilde{n}_{jk}, \\ \tilde{n}_{ik(j)} &= \tilde{p}_{ij} \tilde{n}_{jk} + \tilde{n}_{ij} \tilde{p}_{jk}.\end{aligned}$$

На основе этих соотношений строятся матричные операции, позволяющие осуществить эффективное вычисление причинно-следственных влияний. Для этого сначала по исходной матрице смежности  $W = [w_{ij}]_{n \times n}$  когнитивной карты определяются положительная и отрицательная валентные матрицы  $P = [p_{ij}]_{n \times n}$  и  $N = [n_{ij}]_{n \times n}$ :

$$\begin{aligned}p_{ij} &= \begin{cases} +1, & \text{если } w_{ij} = +1 \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}, \\ n_{ij} &= \begin{cases} +1, & \text{если } w_{ij} = -1 \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}.\end{aligned}$$

Эти матрицы используются для вычисления влияний через пути длины  $m$ . Обозначим через  $\tilde{P}^{(m)} = [\tilde{p}_{ij}^{(m)}]$  и  $\tilde{N}^{(m)} = [\tilde{n}_{ij}^{(m)}]$  матрицы, элементами которых являются положительные и отрицательные влияния через пути длины  $m$ . Тогда

$$\begin{aligned}\tilde{P}^{(m)} &= \tilde{P}^{(m-1)} \tilde{P}^{(1)} + \tilde{N}^{(m-1)} \tilde{N}^{(1)}, \\ \tilde{N}^{(m)} &= \tilde{P}^{(m-1)} \tilde{N}^{(1)} + \tilde{N}^{(m-1)} \tilde{P}^{(1)},\end{aligned}$$

где  $\tilde{P}^{(1)} = [\tilde{p}_{ij}^{(1)}] = [f(1) p_{ij}] = zP$  и  $\tilde{N}^{(1)} = [\tilde{n}_{ij}^{(1)}] = [f(1) n_{ij}] = zN$ .

Кроме того,

$$\begin{aligned}\tilde{P}^{(m)} &= 0,5 \{ (\tilde{P}^{(1)} + \tilde{N}^{(1)})^m + (\tilde{P}^{(1)} - \tilde{N}^{(1)})^m \}, \\ \tilde{N}^{(m)} &= 0,5 \{ (\tilde{P}^{(1)} + \tilde{N}^{(1)})^m - (\tilde{P}^{(1)} - \tilde{N}^{(1)})^m \}.\end{aligned}$$

Обозначим матрицы суммарного положительного и отрицательного влияния, соответственно, через  $\tilde{P} = [\tilde{p}_{ij}] = \sum_{l=1}^{\infty} \tilde{P}^{(l)}$  и

$\tilde{N} = [\tilde{n}_{ij}] = \sum_{l=1}^{\infty} \tilde{N}^{(l)}$ , где  $\tilde{p}_{ij}$  — суммарное положительное влияние от фактора  $i$  к фактору  $j$  через все пути произвольной длины; аналогично,  $\tilde{n}_{ij}$  — суммарное отрицательное влияние. Тогда

$$\tilde{P} = 0.5[(\tilde{P}^{(1)} + \tilde{N}^{(1)})\{I - (\tilde{P}^{(1)} + \tilde{N}^{(1)})\}^{-1} + (\tilde{P}^{(1)} - \tilde{N}^{(1)})\{I - (\tilde{P}^{(1)} - \tilde{N}^{(1)})\}^{-1}],$$

$$\tilde{N} = 0.5[(\tilde{P}^{(1)} + \tilde{N}^{(1)})\{I - (\tilde{P}^{(1)} + \tilde{N}^{(1)})\}^{-1} - (\tilde{P}^{(1)} - \tilde{N}^{(1)})\{I - (\tilde{P}^{(1)} - \tilde{N}^{(1)})\}^{-1}],$$

где  $I$  — единичная матрица.

Выбор параметра  $z$  опирается на следующее утверждение, доказанное в [21].

Если все собственные числа матрицы  $(\tilde{P}^{(1)} + \tilde{N}^{(1)})$  не превышают 1, то значения матриц  $\tilde{P}$  и  $\tilde{N}$  сходятся к конечным значениям.

Показано, что если  $\lambda_{\max}$  — максимальное собственное значение матрицы  $(P + N)$ , то  $z$  должен находиться в диапазоне  $0 < z < 1/\lambda_{\max}$ , если  $\lambda_{\max} > 1$ , и  $0 < z < 1$ , если  $\lambda_{\max} \leq 1$ , поскольку  $(\tilde{P}^{(1)} + \tilde{N}^{(1)})$  равняется  $z(P + N)$ .

Если значение  $z$  близко к  $z_{\max} = 1/\lambda_{\max}$ , то положительные и отрицательные влияния между факторами становятся мало различимыми. Поэтому  $z$  нужно выбирать меньше, чем  $z_{\max}$ . С уменьшением  $z$  уменьшается влияние длинных путей на конечный результат; поэтому, изменяя  $z$ , можно анализировать влияние путей разной длины на конечный результат.

Предложенный метод вычисления влияний факторов используется для поддержки принятия решений — выработке наилучшей стратегии для достижения поставленной цели, т. е. изменения в желаемую сторону значения некоторого целевого фактора. Для определенности считается, что это изменение должно быть положи-



тельным. Под стратегией понимается множество факторов, влияющих на целевой фактор. Для сравнения различных стратегий рассматриваются различные варианты оценочной функции  $v(s_{ij}, c_{ij})$ , где  $s_{ij}$  — суммарное влияние фактора  $i$  на фактор  $j$  и  $c_{ij}$  — консонанс влияния фактора  $i$  на фактор  $j$ , которые определяются из следующих соотношений:

$$s_{ij} = \tilde{p}_{ij} + \tilde{n}_{ij},$$

$$c_{ij} = (\tilde{p}_{ij} - \tilde{n}_{ij}) / (\tilde{p}_{ij} + \tilde{n}_{ij}).$$

Консонанс  $c_{ij}$  — это мера различия между положительным и отрицательным влиянием. Чем он больше, тем определеннее характер влияния<sup>5</sup>.

Функция  $v(s_{ij}, c_{ij})$  должна удовлетворять, в частности, следующим требованиям:

1. Пусть стратегия  $i$  характеризуется парой  $(s_{ij}, c_{ij})$ , а стратегия  $i'$  — парой  $(s_{i'j}, c_{i'j})$ . Тогда, если  $v(s_{ij}, c_{ij}) \geq v(s_{i'j}, c_{i'j})$ , то  $i$  предпочтительнее  $i'$ .
2. Если  $c_{ij} = 0$ , то  $v(s_{ij}, c_{ij}) = 0$  при любых  $s_{ij}$ .
3. Если  $c_{ij} > 0$ , то  $v(s_{ij}, c_{ij})$  монотонно возрастает по обоим переменным; если  $c_{ij} < 0$ , то  $v(s_{ij}, c_{ij})$  монотонно убывает по обоим переменным.

При некоторых разумных допущениях целесообразно выбирать оценочную функцию в виде  $v(s, c) = v_s(s) v_c(c)$ .

### 3. Нечеткие модели

Введение весов, характеризующих силу влияния, оказалось основным направлением развития когнитивного подхода к анализу ситуаций. Для анализа хорошо структурированных ситуаций с количественными параметрами используются числовые веса и

---

<sup>5</sup> Пара понятий консонанс-диссонанс была введена известным психологом Л. Фестингером [15]. Диссонанс по Фестингеру — это ощущаемое человеком противоречие в его системе знаний, мешающее ему принять решение и вызывающее поэтому психологический дискомфорт. Консонанс — это отсутствие диссонанса. В анализ когнитивных карт понятие консонанса, по-видимому, впервые введено в работе [21]; оно активно используется в книге Силова [10].

линейные зависимости между влияниями: величины влияний по различным путям между двумя вершинами суммируются. Этот подход подробно рассмотрен в книге [9], где особое внимание уделяется анализу устойчивости взвешенных графов. Граф называется устойчивым, если значения его вершин в любой момент времени ограничены.

Для анализа слабоструктурированных ситуаций с качественными и плохо определенными параметрами более адекватным является другой подход, предложенный Б. Коско [16, 17], который ввел *нечеткие когнитивные карты* (НKK)<sup>6</sup>. К настоящему времени по их анализу опубликовано более сотни работ. В зависимости от интерпретаций и решаемых задач рассматриваются различные модификации НKK. В общем случае НKK — это взвешенный ориентированный граф с множеством вершин  $S$  и множеством ребер  $E$ , в котором, как и в знаковом графе, вершины представляют факторы, а ребра — связи между факторами, которые интерпретируются как причинно-следственные (каузальные) связи. Веса ребер, задаваемые матрицей связей  $W$ , — это либо числа из отрезка  $[-1, 1]$ , либо значения со знаком  $+$  или  $-$  из некоторой лингвистической шкалы типа  $\{\text{малый, средний, большой, очень большой}\}$ , которые характеризуют силу влияния соответствующей связи либо (в некоторых интерпретациях) степень уверенности в наличии этой связи. Методы анализа НKK используют операции нечеткой математики.

В модели Коско влияния вычисляются следующим образом.

Непрямое влияние  $I_P i$  на  $j$  через путь  $P$ , идущий из  $i$  в  $j$ , определяется соотношением

$$I_P = \min_{(k,l) \in E(P)} w_{kl},$$

где  $E(P)$  — множество ребер пути  $P$  и  $w_{kl}$  — вес ребра  $(k, l)$  в пути  $P$ , значение которого выражается в терминах лингвистических переносных.

Суммарное влияние  $T_{(i,j)} i$  на  $j$  определяется соотношением

$$T_{(i,j)} = \max_{P(i,j)} I_P,$$

---

<sup>6</sup> Английская аббревиатура — FCM (fuzzy cognitive maps).

где максимум берется по всем путям  $P(i, j)$  из  $i$  в  $j$ . Таким образом, операция  $I_P$  выделяет наиболее слабую связь в пути  $P$ , а операция  $T_{(i,j)}$  выделяет наиболее сильное из непрямых влияний  $I_P$ .

Проиллюстрируем эти определения примером из [16], рис. 2. Здесь веса ребер принимают значения из лингвистической шкалы {слабо, умеренно, сильно}. Рассмотрим влияния фактора  $C_1$  на  $C_5$ . В графе три каузальных пути от  $C_1$  к  $C_5$ :  $(C_1, C_3, C_5)$ ,  $(C_1, C_3, C_4, C_5)$ ,  $(C_1, C_2, C_4, C_5)$ . Три непрямых влияния  $C_1$  на  $C_5$  таковы:

$$I(C_1, C_5) = \min\{w_{13}, e_{35}\} = \min\{\text{умеренно}, \text{сильно}\} = \text{сильно},$$

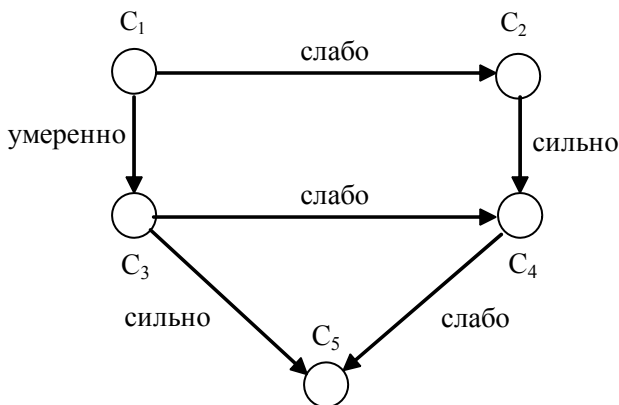
$$I(C_1, C_5) = \text{умеренно},$$

$$I(C_1, C_5) = \text{умеренно}.$$

Отсюда суммарное влияние  $C_1$  на  $C_5$  равно:

$$T(C_1, C_5) = \max\{I_1(C_1, C_5), I_2(C_1, C_5), I_3(C_1, C_5)\} = \max\{\text{сильно}, \text{умеренно}\} = \text{сильно}.$$

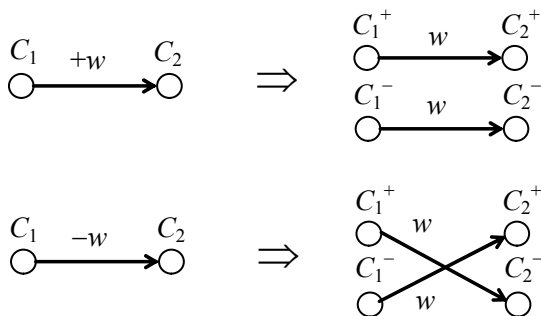
Одна из проблем, возникающих в НКК, связана с естественным желанием сохранить два существенных принципа этой модели, которые формально несовместимы: учет не только положительных,



**Рис. 2.** Нечеткий когнитивный граф влияний

но и отрицательных влияний (при этом используется интервал  $[-1, 1]$ ), и использование операций нечеткой математики в интервале  $[0, 1]$ . Сам Коско в [16] предложил каждую вершину  $C$  заменять парой вер-

шин  $C^+$  и  $C^-$ . При этом, например, отрицательное влияние  $C_1$  на  $C_2$  заменяется положительным влиянием  $C_1^+$  на  $C_2^-$ ; все 4 возможных варианта показаны на рис. 3.



**Рис 3.** Преобразование когнитивной карты к положительным весам

Эта идея приводит к удвоению объема когнитивной карты и появлению факторов с неестественными названиями (к примеру, из фактора «коррупция» получается фактор «не-коррупция»). В книге Силова [10] предложен удобный компромиссный вариант. Исходная когнитивная карта (граф) остается в прежнем виде, однако матрица связей  $W$  исходной карты заменяется матрицей связей  $W^\pm$  преобразованной карты, имеющей двойную размерность. Поэтому пользователь видит только исходную хорошо интерпретируемую карту, а двойная матрица скрыта от него и используется только в вычислениях. Более подробно это выглядит так. Каждая строка  $C_i$  матрицы  $W$  расщепляется на две строки  $C_i^+$  и  $C_i^-$ . Аналогично расщепляется каждый столбец. Таким образом, каждой клетке матрицы  $W$  соответствуют четыре клетки матрицы  $W^\pm$ , которые заполняются следующим образом.

Если знак  $w_{ij}$  — положительный, то связь между факторами  $C_i$  и  $C_j$  не меняет знака влияния, идущего от  $C_i$  к  $C_j$ . В этом случае значение  $w_{ij}$  ставится на пересечении строки  $C_i^+$  и столбца  $C_j^+$ , а также на пересечении строки  $C_i^-$  и столбца  $C_j^-$  (табл. 1).

Если же знак  $w_{ij}$  — отрицательный, то связь между факторами  $C_i$  и  $C_j$  меняет знак влияния, и  $w_{ij}$  ставится на пересечении строки

$C_i^+$  и столбца  $C_j^-$ , а также на пересечении строки  $C_i^-$  и столбца  $C_j^+$  (табл. 2).

Таблица 1

	$C_j^+$	$C_j^-$
$C_i^+$	$w_{ij}$	
$C_i^-$		$w_{ij}$

Таблица 2

	$C_j^+$	$C_j^-$
$C_i^+$		$w_{ij}$
$C_i^-$	$w_{ij}$	

Однородность функций, вычисляющих влияние для любой пары вершин, позволяет сделать аппарат нечетких матриц основным вычислительным аппаратом анализа влияний в НКК.

В частности, как показано в книге Силова [10], матрица взаимовлияний для любой пары факторов вычисляется путем транзитивного замыкания матрицы  $W^\pm$  [8]. В результате транзитивного замыкания получаются составная характеристика влияния факторов друг на друга в виде положительной  $a$  и отрицательной  $b$  составляющих. Для оценки соотношения этих составляющих (что важно для принятия решений, связанных с учетом влияний) для каждой пары  $(a, b)$  в книге [10] вычисляется консонанс  $c$  [21] в виде

$$c = \frac{|a + b|}{|a| + |b|}$$

и результирующий показатель влияния  $p$  в виде

$$p = \text{sign}(a + b) \max(|a|, |b|).$$

В качестве интегральных показателей консонанса и влияния вводятся:

- консонанс  $\vec{C}_i$  влияния  $i$ -го фактора на систему:  $\vec{C}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n c_{ij}$ ,  
где  $c_{ij}$  — консонанс влияния фактора  $i$  на фактор  $j$ ,
- консонанс  $\vec{C}_j$  влияния системы на  $j$ -й фактор:  $\vec{C}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{ij}$ ,
- сила  $\vec{P}_i$  влияния  $i$ -го фактора на систему:  
 $\vec{P}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n p_{ij}$ , где  $p_{ij}$  — сила влияния фактора  $i$  на фактор  $j$ ,
- сила  $\vec{P}_j$  влияния системы на  $j$ -й фактор:  $\vec{P}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_{ij}$ .

В работе [19] нечеткие когнитивные карты применяются для анализа взаимовлияния отказов в технических системах. Факторы когнитивной карты представляют различные типы отказов. Фактор может принимать значение 0 (пассивное состояние) и 1 (активное состояние). Активизация фактора означает наступление соответствующего отказа.

Ребра графа отражают силу влияния отказа  $C_i$  на отказ  $C_j$ . Это влияние выражается частотой отказа  $C_j$  после отказа  $C_i$ . Знак влияния отвечает на вопрос: способствует отказ  $C_i$  возникновению отказа  $C_j$ , или препятствует ему. Сила влияния  $C_i$  на  $C_j$  выражается в лингвистической шкале. Набор значений лингвистической шкалы одинаков для всех ребер («редко», «иногда», «часто», «почти всегда» и «всегда»). Каждому значению шкалы соответствует своя нечеткая функция принадлежности  $\mu$ , определенная на оси частот. Положение максимума функции принадлежности  $l$ -го лингвистического значения называется его опорным значением. Обозначим его через  $r_l$ .

Вид функций принадлежности лингвистической шкалы показан на рис. 4.

В терминах лингвистической шкалы эксперт выражает свое мнение о влиянии отказов друг на друга. Помимо этого эксперт указывает уверенность в выбранном значении силы влияния, выражаемую числом  $\mu_j \in [0, 1]$ .

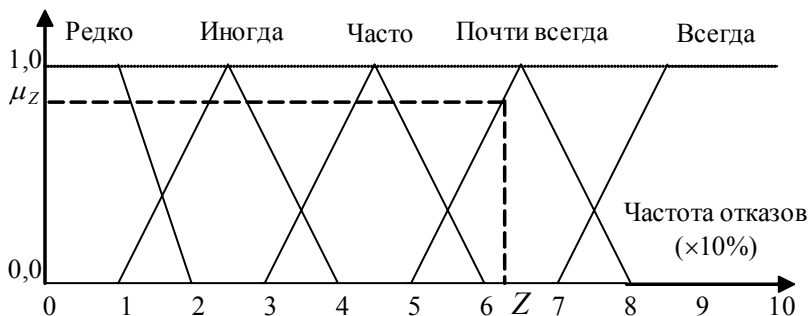


Рис. 4. Функции принадлежности лингвистической шкалы

Для каждого ориентированного пути  $P$  из  $C_i$  в  $C_j$  сила  $Z$  влияния  $C_i$  на  $C_j$  определяется по формуле

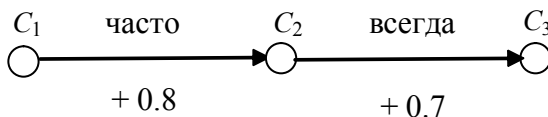
$$Z = \frac{\sum_{k=1}^n \mu_k \times r_k}{\sum_{k=1}^n \mu_k}, \quad (1)$$

где  $k$  — индекс ребер пути  $P$ . В качестве лингвистического значения силы влияния принимается значение шкалы, опорное значение  $r_l$  которого ближе всего к  $Z$ . Степень уверенности в этом значении равна значению соответствующей функции принадлежности для аргумента  $Z$ . Этот принцип иллюстрируется на рис. 4.

Суммарное влияние  $C_i$  на  $C_j$  по всем возможным путям определяется также по формуле (1), в которой индекс  $k$  пробегает по всем путям из  $C_i$  в  $C_j$ .

Если все величины  $r_k$  в верхней сумме формулы (1) одинаковы и равны  $r$ , то информация о величинах  $\mu_k$  теряется, поскольку  $Z = r$  независимо от значений  $\mu_k$ . Поэтому, в этом особом случае степень уверенности полагается равной минимуму величин  $\mu_k$  при вычислении влияния вдоль конкретного пути из  $C_i$  в  $C_j$  и максимуму этих величин при вычислении общего влияния по всем путям из  $C_i$  в  $C_j$ .

Для примера вычислим косвенное влияние фактора  $C_1$  на фактор  $C_3$  через фактор  $C_2$  на пути, изображенном на рис. 5.



**Рис. 5.** Путь косвенного влияния фактора  $C_1$  на фактор  $C_3$

Опорное значение для «часто» = 4.5, опорное значение для «всегда» = 8.5. Поэтому

$$Z = \frac{0.8 \times 4.5 + 0.7 \times 8.5}{0.8 + 0.7} = 6.37.$$

Ближайшее к 6.37 опорное значение равно 6.5 и соответствует силе влияния «почти всегда». Функция принадлежности значения «почти всегда» для аргумента 6.37 равна 0,85. Значит, неисправность  $C_1$  способствует неисправности  $C_3$  «почти всегда» с уверенностью 0,85 (см. рис. 4).

Конфликтов влияний, как в когнитивных картах Аксельрода, в данной схеме не возникает, поскольку влияния разного знака в формуле (1) суммируются. К примеру, если неисправность  $C_1$  («не закрывается входной вентиль») и неисправность  $C_2$  («протекает выходной трубопровод») влияют на фактор  $C_3$  («переполнение водяного бака») с разными знаками, но с одинаковой силой, то при одновременном наступлении  $C_1$  и  $C_2$  неисправность  $C_3$  не возникает.

Интересный вид нечеткой логики, позволяющий выражать амбивалентные<sup>7</sup> отношения в когнитивных картах, предложен в работе [22, 23]. Такие отношения часто возникают при противоположных взглядах экспертов на одну и ту же проблему или в тех случаях, когда ситуация является противоречивой по существу. В качестве примера можно привести недавнюю ситуацию с выборами в Украине. Политтехнологи Януковича рассчитывали на то, что использование «административного ресурса» поможет ему победить (положительное влияние). Однако правы оказались те, кто считал это влияние отрицательным: его использование привело к

<sup>7</sup> Амбивалентным (двойственным) отношением считается отношение, содержащее противоположные, противоречивые, несовместимые составляющие, существующие одновременно (напр. любовь-ненависть).



пересмотру результатов выборов и в конечном счете к поражению Януковича.

Логика, о которой идет речь, называется NPN-логикой (Negative-Positive-Neutral logic), поскольку в ней совместно отражаются положительные и отрицательные значения истинности. В нечеткой NPN-логике есть скалярные и составные значения истинности. Скалярными значениями являются любые числа  $x \in [-1, 1]$ . Составными значениями являются любые упорядоченные пары  $(x, y)$ , где  $x, y \in [-1, 1]$ . Амбивалентные отношения представляются составными значениями, где  $x \leq 0$  и  $y \geq 0$ . Пары  $(x, x)$  соответствуют скалярным значениям  $x$ .

В NPN-логике определены логические операции NEG (отрицание), AND (произведение) и OR (сумма):

$$\begin{aligned}\text{NEG}(x, y) &= (-y, -x), \\ (x, y) \text{ AND } (u, v) &= \\ &= (\min(x*u, x*v, y*u, y*v), \max(x*u, x*v, y*u, y*v)), \\ (x, y) \text{ OR } (u, v) &= (\min(x, u), \max(y, v)).\end{aligned}$$

Операция NEG имеет смысл зеркального отражения значения  $(x, y)$  относительно нейтральной точки 0. Операция AND соответствует логике перемножения весов влияния на ребрах ориентированного пути в когнитивной NPN-карте. Символ  $*$  в определении операции AND обозначает обобщенный оператор нечеткой конъюнкции — любую Т-норму [8], расширенную на интервал  $[-1, 1]$  с помощью соотношения

$$x*y = \text{sign}(x)\text{sign}(y)(|x|*|y|).$$

В соответствии с этим операция AND обозначается также символом  $*$ .

Значения NPN-логики можно сравнивать между собой. Считается, что  $(x_1, y_1) \leq (x_2, y_2)$  ( $(x_1, y_1)$  содержится в  $(x_2, y_2)$ ), если интервал числовой оси  $[x_1, y_1]$  содержится в интервале  $[x_2, y_2]$ . Если значения  $(x_1, y_1)$  и  $(x_2, y_2)$  амбивалентны, то  $(x_1, y_1) \leq (x_2, y_2)$  означает что  $|x_1| \leq |x_2|$  и  $|y_1| \leq |y_2|$ .

Для любых значений  $(x, y)$  и  $(u, v)$ , существует элемент  $\max((x, y), (u, v))$  — минимальное значение не меньшее  $(x, y)$  и  $(u, v)$ . Этот элемент совпадает с результатом операции  $(x, y) \text{ OR } (u, v)$ .

*NPN-отношение*  $R$  на конечных множествах  $X = \{x_i\}$  и  $Y = \{y_j\}$  определяется как множество пар  $(x_i, y_j)$  из  $X \times Y$  с функцией принадлежности  $\mu_R(x_i, y_j)$ , характеризующей силу отношения с помощью одного из значений истинности NPN-логики. Например, значение  $\mu_R(x_i, y_j) = (-0.2, 0.9)$  характеризует силу амбивалентного отношения между  $x_i$  и  $y_j$ .

Если  $R_1$  и  $R_2$  — NPN-отношения на  $X \times Y$ , то считается, что  $R_1 \leq R_2$  ( $R_1$  содержится в  $R_2$ ), если для каждой пары  $(x_i, y_j)$  из  $X \times Y$  имеет место  $\mu_{R_1}(x_i, y_j) \leq \mu_{R_2}(x_i, y_j)$ .

Если  $R_1$  — отношение на  $X \times Y$ , а  $R_2$  — отношение на  $Y \times Z$ , то под (max-\*) композицией отношений  $R_1$  и  $R_2$  понимается отношение  $R_1 \circ R_2$  над  $X \times Z$ , определяемое следующим образом:

$$\mu_{R_1 \circ R_2}(x, z) = \max_y (\mu_{R_1}(x, y) * \mu_{R_2}(y, z)), \quad \text{где } x \in X, y \in Y, z \in Z.$$

NPN-отношение  $R$  на  $X \times X$  называется (max-\*) транзитивным, если имеет место

$$\mu_R(x_i, x_k) \geq \max_j (\mu_R(x_i, x_j) * \mu_R(x_j, x_k)).$$

Транзитивным замыканием NPN-отношения  $R$  называется наименьшее (max-\*) транзитивное NPN-отношение  $\bar{R}$ , содержащее  $R$ . Доказано, что транзитивное замыкание  $\bar{R}$  отношения  $R$  над  $X \times X$ , где  $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ , существует, единственно и определяется формулой

$$\bar{R} = (R^1 + R^2 + \dots + R^n) \circ ([I] + (R^1 + R^2 + \dots + R^n)),$$

где  $R^i$  —  $i$ -кратная степень отношения  $R$ ,  $[I]$  — единичная матрица порядка  $n$ , а «+» для краткости означает операцию OR.

NPN-логика позволяет рассматривать когнитивные карты с амбивалентными весами влияния факторов друг на друга. Такие веса выражаются составными значениями NPN-логики. При составлении когнитивной NPN-карты это дает возможность учета мнений экспертов о силе как положительного, так и отрицательного влияния без нивелирования этих влияний за счет совместного суммирования.

Непрямое влияние фактора  $C_1$  на фактор  $C_2$  на пути из  $C_1$  в  $C_2$  определяется как произведение (AND) весов ребер, входящих в

этот путь. Суммарное не прямое влияние  $C_1$  на  $C_2$  равно максимуму (OR) влияний по всем возможным путям из  $C_1$  в  $C_2$ . В [23] приведен алгоритм определения суммарного влияния фактора  $C_1$  на  $C_2$ , фиксирующий также два пути, на которых достигается, соответственно, наибольшее положительное и наибольшее отрицательное влияние. Временная сложность этого алгоритма равна  $O(n^3)$ , где  $n$  — число факторов в когнитивной карте. В [14] предложен улучшенный алгоритм решения этой задачи с оценкой  $O(nt)$ , где  $t$  — максимальная длина пути между  $C_1$  и  $C_2$ .

Дальнейшим развитием моделей вычисления влияний в нечетких когнитивных картах является динамическая каузальная алгебра, предложенная в работе [18]. Динамика здесь выражается в введении условного времени: предполагается, что к  $t$ -му моменту времени волна влияний проходит пути длины  $t$ . К базовой модели Коско, определяемой матрицей смежности  $W$ , добавляются три векторных параметра: вектор состояний вершин  $\psi(t) = (\psi_1(t), \psi_2(t), \dots, \psi_n(t))$ , где  $\psi_i(t)$  — состояние вершины  $i$  в момент времени  $t$ ,  $i = 1, \dots, n$ ; вектор входных воздействий  $(\mu_1(t), \dots, \mu_n(t))$ ; вектор порогов вершин  $Q = (q_1, \dots, q_n)$ , который от времени не зависит. Состояние вершины принимает одно из двух значений 0, 1 и является показателем ее активности.

Входное воздействие  $\mu_i(t)$  в момент  $t$  в вершине<sup>8</sup>  $i$  определяется соотношением:

$$\mu_i = \sum_{k=1}^n w_{ki} \cdot \psi_k(t). \quad (2)$$

Из этого соотношения видно, что воздействие от вершины  $k$  передается в вершину  $i$ , только если вершина  $k$  активна, т. е.  $\psi_k(t) = 1$ .

Вектор входных воздействий можно вычислить с помощью матричной операции:

$$(\mu_1, \dots, \mu_n) = \psi(t) \times W. \quad (3)$$

---

<sup>8</sup> Здесь мы для удобства обозначений иногда вместо имени вершины будем использовать ее индекс:  $i$  вместо  $C_i$ .

Тогда вектор состояний в момент  $t + 1$  определяется следующим соотношением:

$$\psi(t + 1) = f_Q(\psi(t) \times W) = (f_{q1}(\mu_1), \dots, f_{qn}(\mu_n)), \quad (4)$$

где  $f_{qi}(\mu_i)$  — пороговая функция в вершине  $i$ :

$$f_{qi}(\mu_i) = \begin{cases} 1, & \text{если } \mu_i \geq q_i, \\ 0, & \text{если } \mu_i < q_i. \end{cases} \quad (5)$$

Непрямое влияние вершины  $i$  на вершину  $j$  на пути  $P$  в момент времени  $t$  определяется из следующего соотношения:

$$I_P(t) = \prod_{(k,l) \in E(P)} \psi_k(t) \cdot w_{kl}, \quad (6)$$

где  $E(P)$  — множество ребер  $P$ ,  $\psi_k(t)$  — состояние вершины  $k$  в момент времени  $t$ ,  $w_{kl}$  — вес ребра  $(k, l)$  пути  $P$ .

Введем следующие обозначения.

Пусть  $P(i, j)$  — путь от вершины  $i$  к вершине  $j$ , и  $\mathbf{P}(i, j)$  — множество всех таких путей. Тогда:

- а) Для любой вершины  $j$  определим множество  $N^-(j) = \{k \mid (k, j) \in E\}$  вершин, непосредственно связанных с вершиной  $j$ , т. е. множество предшественников  $j$ .
- б) Для любой вершины  $k \in N^-(j)$  обозначим через  $P(i, k, j)$  путь из  $i$  к  $j$ , проходящий через вершину  $k$ , а через  $\mathbf{P}(i, k, j)$  — множество всех путей  $P(i, k, j)$ .

Определим

$$\mathbf{P}(i, j) = \bigcup_{k \in N^-(j)} \mathbf{P}(i, k, j). \quad (7)$$

Тогда суммарное влияние  $T_{(i,j)}$  вершины  $i$  на вершину  $j$  с учетом влияния всех путей определяется следующей рекурсивной формулой:

$$T_{(i,j)}(t) = \sum_{k \in N^-(j)} \max_{P \in \mathbf{P}(i,k,j)} I_P(t). \quad (8)$$

Можно сказать, что вычисление влияний в этой модели состоит из двух параллельных «волн»:  $\mu$ -волны, вычисляемой по формулам (2)–(5) и активизирующей пути (путь активизирован, если активны все его вершины), и  $I$ - $T$ -волны, вычисляющей влияния на активизированных путях по формулам (6)–(8).

По поводу этой модели выскажем следующие соображения.

- а) Идея порогов, отсекающих незначительные влияния, весьма привлекательна. Однако в статье ничего не говорится о возможности отрицательных порогов. Если все пороги положительны, то пороговая функция (5) отсекает вообще все отрицательные влияния, что противоречит одной из фундаментальных идей когнитивных карт. Если допускаются отрицательные пороги, то функция (5) будет отсекают как раз существенные отрицательные влияния, пропуская несущественные. Мы предлагаем модифицировать функцию (5) следующим образом (оставив пороги положительными):

$$f_{qi}(\mu_i) = \begin{cases} 1, & \text{если } |\mu_i| \geq q_i, \\ 0, & \text{если } |\mu_i| < q_i. \end{cases} \quad (5')$$

- б) Формулы, используемые в предложенной модели, выводят за рамки нечеткой математики. В частности, формула (8) может давать значения  $T_{(i,j)}$ , превосходящие 1 (что будет видно из приводимого ниже примера). Интерпретация таких значений не вполне ясна. Дело в том, что ограничивая область значений  $T_{(i,j)}$  интервалом  $[-1, 1]$ , мы получаем возможность интерпретировать эти значения в нечеткой лингвистической шкале от очень слабого до очень сильного положительного или отрицательного влияния. Тем самым мы избегаем трудной (в слабоструктурированных ситуациях) для эксперта и пользователя проблемы точной количественной оценки силы влияния. С выходом за пределы этого интервала такая возможность теряется.
- с) В отличие от других моделей анализа влияний эта модель — существенно динамическая. Влияния здесь зависят от времени; в частности, впервые возникает проблема устойчивости: влияния, вообще говоря, могут не только возникать через какое-то время, но и впоследствии пропадать.

Рассмотрим пример из [18] (рис. 6).

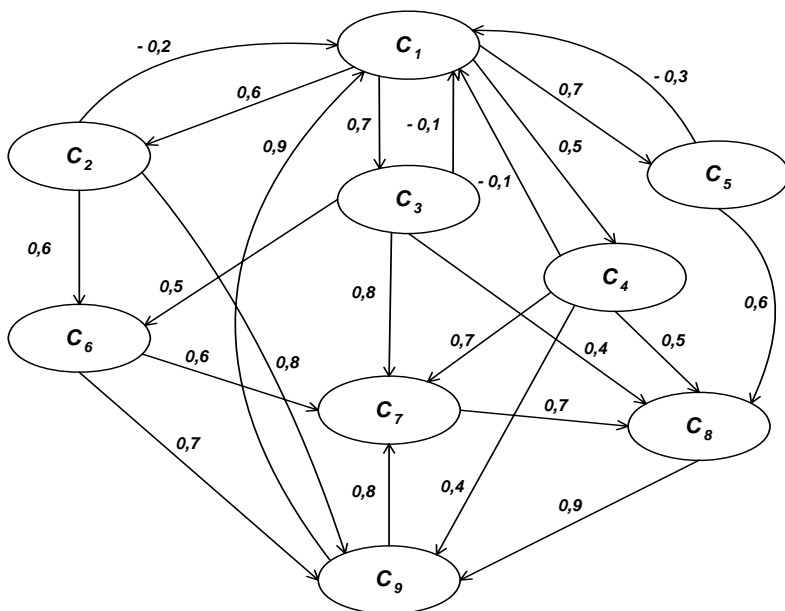


Рис. 6. Пример когнитивной карты из [18]

Она содержит 9 вершин; связи и их веса задаются следующей матрицей смежности:

$$W = \begin{pmatrix} 0 & 0.6 & 0.7 & 0.5 & 0.7 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.6 & 0 & 0 & 0.8 \\ -0.1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0.8 & 0.4 & 0 \\ -0.1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.7 & 0.5 & 0.4 \\ -0.3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.6 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.6 & 0 & 0.7 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.7 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.9 \\ 0.9 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.8 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Пороги задаются вектором  $Q = (0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 1\ 2\ 2\ 2)$ .

Вершина  $C_1$  активизируется извне и остается активной на протяжении всего процесса, т. е.  $\psi_1(t) = 1$  для любого  $t$ .

Исследуем влияние  $C_1$  на  $C_9$ .

Сначала вычислим  $\mu$ -волну, порождающую процесс активизации вершин и соответствующих путей.

Начальный вектор состояний вершин:

$$\psi_{\Omega}(0) = (\mathbb{1}\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0).$$

В соответствии с формулами (2)–(5) получаем следующий процесс:

$$\psi_{\Omega}(0) \times W_{\Omega} = (0\ 0.6\ 0.7\ 0.5\ 0.7\ 0\ 0\ 0\ 0),$$

$$\psi_{\Omega}(1) = f_T(\psi_{\Omega}(0) \times W_{\Omega}) = (\mathbb{1}\ 1\ 1\ 1\ 1\ 0\ 0\ 0\ 0),$$

$$\psi_{\Omega}(1) \times W_{\Omega} = (0\ 0.6\ 0.7\ 0.5\ 0.7\ 1.1\ 1.5\ 1.5\ 1.2),$$

$$\psi_{\Omega}(2) = f_T(\psi_{\Omega}(1) \times W_{\Omega}) = (\mathbb{1}\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 0\ 0\ 0),$$

$$\psi_{\Omega}(2) \times W_{\Omega} = (0\ 0.6\ 0.7\ 0.5\ 0.7\ 1.1\ 2.1\ 1.5\ 1.9),$$

$$\psi_{\Omega}(3) = f_T(\psi_{\Omega}(2) \times W_{\Omega}) = (\mathbb{1}\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 0\ 0),$$

$$\psi_{\Omega}(3) \times W_{\Omega} = (0\ 0.6\ 0.7\ 0.5\ 0.7\ 1.1\ 2.1\ 2.2\ 1.9),$$

$$\psi_{\Omega}(4) = f_T(\psi_{\Omega}(3) \times W_{\Omega}) = (\mathbb{1}\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 0),$$

$$\psi_{\Omega}(4) \times W_{\Omega} = (0\ 0.6\ 0.7\ 0.5\ 0.7\ 1.1\ 2.1\ 2.2\ 2.8),$$

$$\psi_{\Omega}(5) = f_T(\psi_{\Omega}(4) \times W_{\Omega}) = (\mathbb{1}\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1),$$

$$\psi_{\Omega}(5) \times W_{\Omega} = (0\ 0.6\ 0.7\ 0.5\ 0.7\ 1.1\ 2.9\ 2.2\ 2.8),$$

$$\psi_{\Omega}(6) = f_T(\psi_{\Omega}(5) \times W_{\Omega}) = (\mathbb{1}\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1).$$

Как видим, в момент  $t = 5$  процесс стабилизируется.

Вычислим теперь влияния по активизированным путям по формулам (6)–(8). Поскольку от  $C_1$  к  $C_9$  существует один путь через  $C_2$ , один через  $C_4$ , два пути через  $C_6$  и шесть путей через  $C_8$ , то  $N(C_9) = \{C_2, C_4, C_6, C_8\}$ . Вычисления  $I_P$  для конкретных путей в различные моменты времени показаны в табл. 3.

Таблица 3

$P(c_1, c_9)$	$I_P(0)$	$I_P(1)$	$I_P(2)$	$I_P(3)$	$I_P(4)$	$I_P(5)$
$(c_1, c_2, c_9)$	0	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
$(c_1, c_4, c_9)$	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$(c_1, c_2, c_6, c_9)$	0	0	0,252	0,252	0,252	0,252
$(c_1, c_3, c_6, c_9)$	0	0	0,245	0,245	0,245	0,245
$(c_1, c_3, c_8, c_9)$	0	0	0	0	0,252	0,252
$(c_1, c_4, c_8, c_9)$	0	0	0	0	0,225	0,225
$(c_1, c_5, c_8, c_9)$	0	0	0	0	0,378	0,378
$(c_1, c_3, c_7, c_8, c_9)$	0	0	0	0	0,3528	0,3528
$(c_1, c_2, c_6, c_7, c_8, c_9)$	0	0	0	0	0,13608	0,13608
$(c_1, c_3, c_6, c_7, c_8, c_9)$	0	0	0	0	0,1323	0,1323

Из табл. 3 для моментов  $t = 1, 2, 3, 4, 5$  получаем:

$$\max_{P \in P(c_1, c_2, c_9)} I_P(t) = 0, 0.48, 0.48, 0.48, 0.48,$$

$$\max_{P \in P(c_1, c_4, c_9)} I_P(t) = 0, 0.2, 0.2, 0.2, 0.2, 0.2,$$

$$\max_{P \in P(c_1, c_6, c_9)} I_P(t) = 0, 0, 0.252, 0.252, 0.252, 0.252,$$

$$\max_{P \in P(c_1, c_8, c_9)} I_P(t) = 0, 0, 0, 0, 0.378, 0.378.$$

Согласно (8) находим суммарное влияние  $C_1$  на  $C_9$ :

$$T_{(c_1, c_9)}(t) = \sum_{c_i \in N^-(c_9)} \max_{P \in P(c_1, c_i, c_9)} I_P(t) =$$

$$\max_{P \in P(c_1, c_2, c_9)} I_P(t) + \max_{P \in P(c_1, c_4, c_9)} I_P(t) + \max_{P \in P(c_1, c_6, c_9)} I_P(t) + \max_{P \in P(c_1, c_8, c_9)} I_P(t),$$

т. е. в моменты времени  $t = 0, 1, 2, 3, 4, 5$  значения  $T_{(c_1, c_9)}(t)$  равны, соответственно: 0, 0.68, 0.932, 0.932, 1.31, 1.31.

Как видим, эти значения могут превосходить 1.

Существенным обобщением когнитивной карты является модель когнитивной карты, управляемой нечеткими правилами (RBFCM — Rule Based FCM) [12, 13]. Нечеткие правила (продук-



ции) имеют форму предложений вида ЕСЛИ-ТО, условная часть которых представляет собой выражение нечеткой логики над лингвистическими значениями факторов и отношениями между ними, например:

ЕСЛИ  $x_1$  есть  $A_1$  И  $x_2$  есть  $A_2$  ... ТО  $y$  есть  $B$  ...

где  $x_1$  и  $x_2$  — входные переменные,  $y$  — выходная переменная,  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $B$  — нечеткие (лингвистические) значения. Антецедент (посылка правила) описывает условия применимости правила, а консеквент (заключение правила) определяет функции принадлежности лингвистических значений выходных переменных. Ребра графа соответствуют отношениям влияния, выраженным условными частями правил, а каждому фактору сопоставляется база правил, состоящая из всех продукций, имеющих в заключении данный фактор.

Структура RBFCM показана на рис. 7.

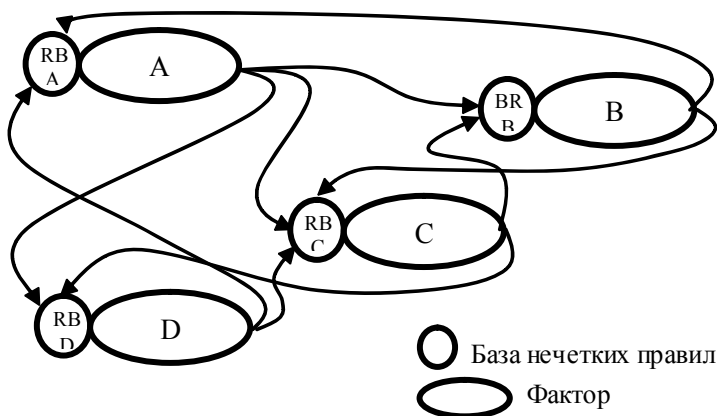


Рис. 7. Структура RBFCM

В этой модели матричные операции неприменимы из-за неоднородности функций влияния в разных вершинах, и для анализа влияний используются принципы нечеткого логического вывода [3, 8]. Необходимость «поштучного» применения в каждой вершине сложных процедур нечеткого логического вывода на основе ее локальной базы правил приводит к высокой вычислительной сложности этой модели.

## 4. Заключение

Специфика когнитивного моделирования заключается в том, что формальные математические методы анализа применяются к моделям, описывающим субъективное видение ситуации. На каждом этапе формирования модели приходится принимать решения, от совокупности которых, в конечном счете, зависит адекватность построенной модели. Рассмотрим некоторые примеры таких решений.

Выбор самой модели. Знаковый граф или нечеткая когнитивная карта? Если выбираем знаковый граф, то стоит ли примириться с возможными неопределенностями, возникающими в модели Аксельрода, или выбрать более тонкую модель Савараджи и др. [21], где влияние ослабевает с ростом длины пути? Следует иметь в виду, что длина пути — это тоже в значительной степени вопрос субъективного выбора. Например, ясно, что в карте на рис. 1 между факторами «Потребление электроэнергии» и «Энергетические мощности» можно вставить неопределенно много факторов, отражающих реальный процесс увеличения мощностей при росте потребления. Впрочем, выбор между знаковым графом и НКК не обязательно альтернативен. Часто оказывается, что знаковый граф — удобный промежуточный этап при построении НКК.

При выборе НКК нужно решить, берется ли за основу стандартная модель Коско (что делается в большинстве приложений) с возможными модификациями или выбирается более сложная модель — например, RBFCM или «динамическая каузальная алгебра» [18]. Модель Коско использует матричные методы и удобна в вычислительном отношении; однако она опирается на отмеченную выше однородность связей, т. е. предполагает, что все влияния вычисляются по одному и тому же алгоритму. Модель RBFCM очень громоздка, однако позволяет учесть разный характер влияний на разных связях. Она может оказаться полезной для небольших карт. При выборе динамической модели придется исследовать вопросы устойчивости влияний.

Формирование набора факторов и связей между ними (включая знак связи). Если некоторые ключевые факторы (ядро модели) войдут в набор любого эксперта, то более «мелкие» факторы у разных

экспертов могут оказаться различными. Пример с картой на рис. 1, приведенный выше, говорит как раз об этом.

Выбор шкал и весов связей. Лингвистические шкалы для разных связей в общем случае различны. Их выбор характеризует уровень дифференциации различных степеней влияния, на которые способен эксперт. Кроме того, даже знак связи разные эксперты могут выбрать по-разному. Характерный пример — президентские выборы в Украине — был приведен при обсуждении NPN-логики.

Выбор методов вычисления влияний. Представленное в данном обзоре разнообразие методов показывает, что разные методы дадут разные результаты.

Таким образом, предлагаемый в литературе набор моделей и методов анализа влияний в слабоструктурированных ситуациях сам по себе не гарантирует построения адекватной модели. Адекватность окончательно выясняется только в процессе реальной работы с моделью. Отсюда, в частности, следует, что информационные технологии поддержки принятия решений, основанные на аппарате когнитивных карт, должны быть максимально открытыми для модификаций. Впрочем, нужно отметить, что уже сам процесс построения модели оказывается весьма полезным для аналитиков проблемы еще до начала расчетов, поскольку он заставляет структурировать проблемную область. При формальном выделении факторов и связей между ними неизбежно выявляются ранее неучтенные аспекты ситуации, связи, казавшиеся несущественными, и формируется система понятий, в терминах которой даже неформальное обсуждение проблемы становится более четким и обоснованным.

Главным достоинством предлагаемого аппарата когнитивных карт является возможность систематического качественного (в смысле — неколичественного) учета отдаленных последствий принимаемых решений и выявления побочных эффектов, которые могут помешать реализации, казалось бы, очевидных решений и которые трудно оценить интуитивно при большом числе факторов и многообразии многочисленных путей взаимодействия между ними. В то же время следует опасаться завышенных ожиданий при использовании этого аппарата даже в случае, когда построенная модель признана адекватной. Результаты анализа, которые, как

правило, формулируются в терминах лингвистических шкал, достаточно грубы в силу грубости самих шкал. Они способны отражать основные тенденции влияний, но могут оказаться ненадежными или бесполезными, например, при приблизительном равенстве положительных и отрицательных влияний. Впрочем, индикатором такой ненадежности служат малые значения вычисляемых консонансов [10, 21].

Математический аппарат анализа ситуаций на основе нечетких когнитивных карт за последнее десятилетие активно развивается. Число работ по этому вопросу измеряется многими десятками. Известны применения этого подхода в различных областях, где невозможны точные количественные методы моделирования: в управлении регионами и крупными городами, в геополитике, корпоративной политике, медицинской диагностике, анализе надежности технических систем и др. Можно утверждать, что данный подход является математической основой для интеллектуальных информационных технологий поддержки принятия решений в слабоструктурированных предметных областях.

К недостаточно проработанным аспектам анализа ситуаций относятся методы структурирования ситуаций, т. е. построения когнитивных карт на основе работы с экспертами, методы объяснения полученных решений и корректировки моделей ситуации по результатам анализа, а также учет реального времени распространения влияний.

В России методы анализа ситуаций начали развиваться с некоторым запозданием [1, 2, 4, 5]. Однако в последние годы появляется активный спрос на информационные технологии, использующие этот подход, со стороны управляющих органов различного уровня. Поэтому работы в данном направлении являются перспективными как в теоретическом, так и в прикладном плане.

## *Литература*

1. Коврига С. В., Максимов В. И. Когнитивная технология стратегического управления развитием сложных социально-экономических объектов в нестабильной внешней среде // Материалы 1-й Международной конференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций». М.: ИПУ РАН, октябрь 2001. С. 104–160.

2. Корноушенко Е. К. Управление процессами в слабоформализованных средах при стабилизации графовых моделей среды. // Труды Института проблем управления. 1999. Т. 2. С. 82–95.
3. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. М.: Радио и связь, 1982.
4. Кулинич А. А. Методология когнитивного моделирования сложных плохо определенных ситуаций. Вторая международная конференция по проблемам управления (Москва, Институт проблем управления, 17–19 июня 2003 г.). Избранные труды. С. 219–227.
5. Кульба В. В., Миронов П. Б., Назаретов В. М. Анализ устойчивости социально-экономических систем с использованием знаковых оргграфов // Автоматика и телемеханика. 1993. № 7.
6. Кульба В. В., Кононов Д. А., Косяченко С. А., Шубин А. Н. Методы формирования сценариев развития социально-экономических систем. М.: Синтег, 2004.
7. Ларичев О. И. Наука и искусство принятия решений. М.: Наука, 1979.
8. Поспелов Д. А. (ред) Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. М.: Наука, 1986.
9. Робертс Ф. С., Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. Пер. с англ. М.: Наука, 1986.
10. Силев В. Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. М., ИНПРО-РЕС, 1995.
11. Axelrod, R., The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites, Princeton University Press, 1976.
12. Carvalho J. P. and Tomé J. A. B., Rule Based Fuzzy Cognitive Maps — A Comparison with fuzzy Cognitive Maps. // Proceedings of the NAFIPS99, NY, USA, 1999
13. Carvalho J. P. and Tomé J. A. B., Rule Based Fuzzy Cognitive Maps — Fuzzy Causal Relations. Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation: Evolutionary Computation & Fuzzy Logic for Intelligent Control, Knowledge Acquisition & Information Retrieval, edited by M. Mohammadian, IOS Press, 1999.
14. Chen S. M. Cognitive-map-based decision analysis based on NPN logics.// Fuzzy Sets and Systems 71 (1995). P. 155–163.
15. Festinger L., A Theory of Cognitive Dissonance. Row-Peterson, Evanston, MA, 1957. Русский перевод: Фестингер Л. Теория когнитивного диссонанса: Пер. с англ. СПб.: Ювента, 1999.

16. Kosko B., Fuzzy Cognitive Maps. // International Journal of Man-Machine Studies, (1986) 24. P. 65–75.
17. Kosko B., Fuzzy Thinking, Hyperion, 1993.
18. Liu Z.-Q., Zhang J. Y. Interrogating the structure of fuzzy cognitive maps. // Soft Computing. 2003. V. 7. P. 148–153.
19. Pelaez C. E, Bowles J. B. Using Fuzzy Cognitive Maps as a system model for failure models and effect analysis. // Information Sciences — 88. P. 177–199 (1996)
20. Tolman E. C. Cognitive maps in rats and men. // Psychological Review. 1948. V. 55. P. 189–208.
21. Sawaragi T, Iwai S, Katai O. An integration of qualitative causal knowledge for user-oriented decision support. // Control Theory and Advanced Technology. 1986. V. 2. P. 451–482.
22. Zhang W. R, Chen S. S, Chen K. H, Zhang M, Bezdek J. C, On NPN logic, Proc. 18th IEEE Internat. Symp. MVL, Palma de Mallorca, Spain (1988). P. 381–388.
23. Zhang W. R, Chen S. S, Bezdek J. C. Pool2: A Generic System for Cognitive Map Development and Decision Analysis. // IEEE Transactions On Systems, Man, and Cybernetics. Vol. 19. No. 1. 1989

## ***Сведения об авторах:***

Кузнецов Олег Петрович — доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией Института проблем управления РАН, 334-76-39, [olkuznes@ipu.rssi.ru](mailto:olkuznes@ipu.rssi.ru)

Кулинич Александр Алексеевич — кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института проблем управления РАН, 334-76-39, [kulinich@ipu.rssi.ru](mailto:kulinich@ipu.rssi.ru)

Марковский Алексей Валентинович — кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института проблем управления РАН, 334-76-39, [amark@ipu.rssi.ru](mailto:amark@ipu.rssi.ru)

# **Скоринг-оценивание и оптимизация процесса кредитования физических лиц как задача принятия решений в замкнутом контуре управления**

---

*А. С. Мандель,  
Д. А. Семёнов*

Приводится краткий обзор существующих методов оценивания банками надёжности заёмщиков — физических лиц, которое называют скоринг-оцениванием. Отмечены принципиальные трудности на пути внедрения существующих методов в отечественную практику.

Задача принятия решений по кредитованию трактуется как задача принятия решений, которые формируются в замкнутом контуре управления банковской системой. Предложена новая модель оптимизации банковской деятельности в процессе кредитования физических лиц.

## **1. Введение**

Деятельность российских банков по кредитованию физических лиц находится в периоде взрывоподобного развития. Если в январе 2004 г. число ссылок на упоминание о «кредитовании физических лиц», найденных в сети Internet при помощи поисковой системы Google, составляло около 10 тысяч, то уже в марте 2005 г. количество выявленных документов заметно превышало 80 тысяч. К широкому освоению этой весьма популярной в мире и прибыльной деятельности отечественные банки приступили сравнительно

недавно, в основном на протяжении последнего года. Правда, отдельные и достаточно массовые по числу привлечённых клиентов акции по участию банков в операции кредитования физических лиц имели место и раньше. Один из примеров — кредитование процесса приобретения автомобилей, чаще всего импортных, особенно из числа тех, что производятся на построенных в России сборочных заводах иностранных компаний — скажем, автомобилей Ford в г. Всеволожске. Заметное расширение поля кредитования физических лиц стало возможным потому, что в силу стабилизации общественной жизни в стране стали снижаться сопутствующие процессу кредитования банковские риски. Суть таких рисков абсолютна прозрачна: не исключена возможность, что клиент-заёмщик заимствованный им кредит не вернёт вообще, вернёт не полностью и/или вернёт с просрочкой оговоренных в контракте дат. Вероятность возврата кредита (или какое-либо другое количественное описание существующей неопределённости — например, в форме степени уверенности менеджеров банка в достоверности факта своевременного возврата полученного кредита со всеми оговоренными в контракте процентами) является характеристикой надёжности заёмщика или, что то же самое, отсутствия соответствующей компоненты банковского риска.

Оценка таких рисков чаще всего связана с применением так называемых скоринг-систем и играет ключевую роль при выработке банками стратегий кредитования физических лиц. Алгоритмы, которые закладываются в скоринг-системы, представляют собой «ноу-хау» соответствующих банков или объединений банков и практически никогда не публикуются в открытой печати. Работа систем формирования скоринг-оценок на Западе тесно связана с функционированием Бюро кредитных историй, которые ведут регистрацию всех операций по кредитованию физических лиц и могут формировать объективизированные кредитной предысторией оценки различных видов риска при решении вопроса кредитования конкретного физического лица. При создании подобных бюро в России возникают специфические трудности, которые связаны с непрозрачностью многих банковских систем и, стало быть, отсутствием взаимного доверия между отдельными банками и объединениями банков. Таким образом, следует признать, что применительно к процедурам формирования скоринг-оценок отечественные банки находятся на начальной стадии развития, хотя отдельные подвижки



в сторону создания российских бюро кредитных историй уже начинают происходить (см. ниже).

Основная часть (разд. 2–5) настоящей работы содержит краткий обзор и аналитическое исследование существующих скоринг-систем, а также изучение возможности применения в отечественной практике кредитования разработанных на Западе моделей скоринга на базе применения экспертно-статистических методов обработки информации.

Это предъявляет повышенные требования к системе так называемых базисных моделей процесса формирования скоринг-оценок и приводит к необходимости синтеза специального механизма тестирования их достоверности. В связи с этим в работе рассматривается проблема моделирования ещё одной составляющей деятельности банка при кредитовании физических лиц — процедуры выбора стратегии кредитования при наличии уже сформированных скоринг-оценок. Описание одного из возможных решений этой проблемы составляет содержание 6-го раздела.

## 2. Скоринг-системы

Основной целью любой деловой активности (бизнеса) является повышение доходности предпринимаемых действий. Повышение доходности кредитных операций непосредственно связано с качеством оценки упомянутого выше банковского кредитного риска. Для упрощения окончательных процедур принятия решений непрерывные, по сути своей, шкалы значений банковских рисков разбиваются на конечное число подинтервалов, т. е., в конечном счёте, на несколько **групп (или классов) банковского риска**. В зависимости от отнесения клиента к той или иной группе риска банк принимает решения о том, стоит ли вообще выдавать кредиты, каковы должны быть лимиты кредитования и устанавливаемые проценты на кредит.

В мировой практике существует два основных метода оценки риска кредитования, которые могут применяться как отдельно, так и в сочетании друг с другом:

- формирование оценок риска на основе субъективных заключений экспертов или кредитных инспекторов;

- формирование оценок риска в автоматизированных системах скоринга (**скоринг-системах**) [1].

Подчеркнём, что комбинированный вариант совместного использования упомянутых выше методов сразу же выводит решение проблемы в плоскость применения экспертно-статистических методов обработки информации [2, 3].

Каждая кредитная организация сама определяет, каким методом ей пользоваться, однако мировой опыт убедительно свидетельствует о том, что системы оценки риска, основанные на математических моделях, являются более надёжными и эффективными. Одним из классов из таких математизированных моделей оценки кредитного риска являются процедуры **скоринга** [4].

Скоринг-системы (от англ. score — вести счет, подсчитывать очки) опираются на методологии, позволяющие автоматизировать процедуру классификации клиентов по уровню их надёжности. В простейшем варианте скоринг-система оценивает клиента-заёмщика по некоторому набору его характеристик, числовому значению каждой из которых соответствует свой уровень значимости, выражаемый в баллах. *Итоговая оценка клиента*, получаемая суммированием всех набранных баллов, позволяет отнести клиента к определённой группе риска, тем самым зафиксировав соотносённый с этой группой предельный размер кредита, который можно предоставить данному заёмщику **без залогового обеспечения**. Разумеется, отказ в кредитовании представляет собой частный случай описанной выше ситуации, когда предельный размер кредита оказывается равным нулю.

Руководствуясь результатами классификации, эксперты кредитной организации могут чрезмерно занижать максимальные суммы выдаваемых клиентам кредитов, что, с одной стороны, уменьшает банковские кредитные риски, а с другой — приводит к заметному снижению суммарной величины получаемого банком дохода. Поэтому в настоящей работе к решению задачи предлагается применить экспертно-статистический подход [2]. Это означает, что в принимаемых решениях должны учитываться и точки зрения экспертов (в частности, их опасения), и рекомендации, синтезированные на основе анализа специальным образом разработанных и основанных на экспериментальных данных математических моделей возникающих ситуаций (такие модели называют базисными [3]). Именно поэтому в разделе 6 будет представлена новая базисная мо-

дель принятия решений при кредитовании физических лиц. В этой модели учитывается обеспечение залога за счёт той собственности заёмщика, которую он согласен зарегистрировать в предоставляемых им банку документах и которую в дальнейшем мы будем называть «имуществом» *1*.

Сформированный в результате интегральный показатель (итоговая оценка) надёжности каждого клиента сравнивается с неким числовым *порогом*, или разделительной границей, которая является границей, отделяющей зону безубыточности действий банка от зоны нежелательных финансовых потерь. Соответствующая граница определяется посредством расчёта значений математических ожиданий доходов банка (в том числе, и отрицательных — т. е. убытков) на всём множестве клиентов соответствующего кредитного учреждения. Тем клиентам, у которых данный показатель находится выше разделительной границы, кредит выдается, тем, у кого ниже — нет [5].

Скоринг-система должна обеспечить заёмщикам возможности:

- получения кредита без залога;
- ускорения процедуры выдачи кредита;
- самостоятельного формирования списка документов, которые следует предоставить банку (система способна оценивать заёмщика по широкому перечню параметров).

Скоринг-система должна обеспечить банкам возможности:

- ускорения процесса обработки кредитных заявок;
- сокращения численности банковского персонала;
- экономии за счёт использования персонала более низкой квалификации;
- повышения степени объективности и единообразия критериев при оценке заявок кредитными инспекторами во всех отделениях банка;
- контроля всех этапов рассмотрения заявок, включая процесс формирования оценок, на основе данных информационной системы, что позволяет регулировать объёмы кредитования в зависимости от ситуации на рынке, централизованно вносить коррективы в методологию оценки и немедленно вводить их в действие во всех отделениях банка.

Накапливаемые в системе данные могут быть использованы для

- изучения и классификации типов клиентов;
- анализа кредитных предпочтений и потребностей в различных продуктах;
- оценки качества кредитного портфеля и бизнеса (по различным направлениям и регионам);
- оценки вероятного отклика различных клиентов на предложение им различных продуктов.

### 3. Методы классификации клиентов [1]

Чтобы иметь базис для сравнения клиентов с разными характеристиками<sup>1</sup> (или, как говорят в теории распознавания образов и автоматической классификации, признаками) и принятия решений о кредитовании не интуитивно (или не только интуитивно), а на основе формализованных критериев, непосредственно связанных с возможностью полного или частичного невозврата кредита, необходимо располагать математической моделью, которая позволит рассчитывать соответствующие вероятности или другие количественно-качественные меры уверенности в том или ином исходе процесса кредитования. На базе такой модели не только структурируется процесс подготовки возможных вариантов решений, но и проводится предварительная оценка относительной существенности тех или иных сообщаемых клиентом видов информации.

При построении модели сначала осуществляется *первичная выборка клиентов*, о которых доподлинно известно (из предыстории взаимодействия с ними), «хорошие» они или «плохие». Естественно, что в данном случае «хороши» те, кто своевременно и сполна возвращает полученные кредиты, все остальные клиенты оказываются «плохими» (в большей или меньшей степени). Подобная

---

<sup>1</sup> По характеристиками клиента понимаются различные количественные и качественные переменные, характеризующие его имущественное, социальное и финансовое положение. См. раздел 4 настоящей статьи.

выборка иногда называется «обучающей». С помощью обучающей выборки строится разделяющая граница (поверхность), которая и подразделяет клиентов по рискам на, как минимум, две группы: группу «хороших» и группу «плохих» клиентов. Впоследствии это позволяет оценивать новых клиентов-заёмщиков.

Таким образом, процедура скоринга представляет собой процедуру решения классификационной задачи, в рамках которой на базе имеющейся информации строится разделяющая поверхность, наиболее точно отделяющая «плохих» клиентов от «хороших». При этом следует заблаговременно преобразовать всю имеющуюся информацию к пригодной для анализа форме. Известно два основных подхода, которые удобны при работе как с количественными, так и с качественными характеристиками клиентов:

- Преобразование каждого признака (характеристики) в отдельную двоичную переменную. Такой подход неудобен тем, что приводит к введению большого числа переменных. В то же время методологически он прост и в процессе его применения не возникает необходимости задавать дополнительные отношения (алгебраические, логические или вероятностные) между зависимой (величина риска) и всеми условно независимыми переменными (характеристиками клиента). Признаки, или характеристики, клиента названы условно независимыми по способу их введения (посредством простого перечисления всех значимых признаков экспертами банка), но не по факту отсутствия между ними чисто статистических корреляций (подобное, увы, вполне возможно). Преобразование каждого исходного значения признака в переменную, которая будет принимать значение, соответствующее отношению числа плохих клиентов с исходным значением данного признака к числу хороших клиентов с тем же значением данного признака. Усложнённый вариант той же процедуры состоит в том, чтобы рассчитать значение логарифма указанного отношения. В результате каждый из так преобразованных исходных признаков обретает числовое значение, отвечающее уровню его «рискованности».

Ниже даётся краткая характеристика широко применяемых на практике методов классификации.

### 3.1. Статистические методы, основанные на дискриминантном анализе

#### 3.1.1. Линейная многофакторная регрессия:

$$p = w_0 + w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_nx_n,$$

где  $p$  — вероятность невозврата кредита,  $w$  — подлежащие определению весовые коэффициенты,  $x$  — характеристики (признаки) клиента.

Недостаток данной модели состоит в том, что левая часть этого уравнения представляет собой вероятность, которая должна принимать значения в интервале от 0 до 1, а переменные в правой части могут принимать любые, в том числе и отрицательные значения.

**3.1.2. Логистическая регрессия**, которая позволяет преодолеть этот недостаток:

$$\log(p/(1-p)) = w_0 + w_1x_1 + \dots + w_nx_n.$$

Применение модели логистической регрессии для получения значений весовых коэффициентов требует выполнения гораздо более сложных расчётов, а, следовательно, и более мощной вычислительной базы. Впрочем, модернизация технического обеспечения банковских систем в настоящее время не является проблемой, поэтому *модель логистической регрессии является основным инструментом в применяемых на практике скоринг-системах.*

Преимущество логистической регрессии ещё и в том, что она позволяет подразделять клиентов не только на две (0 — плохие, 1 — хорошие), но и на большее число групп (в частности, на группы риска 1–4).

Недостатком всех регрессионных методов является повышенная чувствительность к *корреляции между характеристиками*, поэтому в используемой модели не должно быть сильно коррелированных между собой характеристических переменных.

**3.2. Различные варианты моделей линейного программирования (ЛП).** Применение моделей ЛП также приводит к синтезу линейной скоринговой модели, но в данном случае модели детерминированной. При этом осуществить абсолютно точную классификацию на плохих и хороших клиентов оказывается не-

возможным и ставится задача о сведении ошибки классификации к минимуму. Задачу можно сформулировать как *поиск таких значений коэффициентов модели ЛП, при которых ошибка будет минимальна.*

**3.3. Дерево классификации или рекурсионно-пар\-\ти\-\ци\-\он\-\ный алгоритм и нейронные сети.** Соответствующие системы *разделяют клиентов на группы*, внутри которых уровень риска одинаков и максимально отличается от уровня рисков других групп. *Нейросети используются, главным образом, при определении кредитоспособности юридических лиц*, когда анализируются *выборки меньшего размера*, чем при изучении потребительского кредитования физических лиц. Благодаря способности нейросетей к выявлению нестандартных ситуаций, наиболее успешной областью их применения стало выявление фактов мошенничества с кредитными картами.

**3.4. Генетические алгоритмы**, в конструкции которых эксплуатируется идея аналогии с биологическим процессом естественного отбора. При этом рассматривается набор классифицированных моделей, которые подвергаются «мутации», «скрещиванию». В результате отбирается «сильнейшие» из них, т. е. модели, приводящие к более точной классификации.

**3.5. Метод ближайших соседей.** При использовании этого метода выбираются единицы измерения и способ задания *расстояния* между клиентами. В результате все клиенты в выборке получают определенное пространственное положение.

На практике, как правило, применяются комбинации нескольких методов, а кредитующие компании хранят свои скоринговые модели в строжайшем секрете.

В заключение данного раздела отметим некоторые дополнительные особенности каждого из упомянутых выше подходов.

Регрессионные методы демонстрируют значимость каждой характеристики для определённого уровня риска, и поэтому особенно значимы на этапе разработки формы той анкеты, что предстоит заполнять клиентам.

Модели линейного программирования (ЛП) позволяют оперировать с большим числом переменных и хорошо приспособлены для быстрого и достаточно адекватного моделирования опре-

делённых условий. Например, если выбранная маркетинговая стратегия переориентирует банк на молодёжную клиентуру, то нетрудно скорректировать соответствующую модель ЛП, введя дополнительные условия, в соответствии с которыми интегральный показатель молодых клиентов оказывается выше, чем у тех, кому за 60.

Нейросети и деревья классификации позволяют выявлять такие нелинейные связи между переменными, не учёт которых может приводить к серьёзным ошибкам (кстати, вполне вероятных в случае использования, например, линейных моделей).

По мнению авторов работы, для существенного продвижения в области практического решения задач классификации клиентов кредитных учреждений требуется применение наиболее продвинутых методов кластеризации типа методов автоматической классификации с использованием аппарата нечётких множеств [6].

## 4. Характеристики клиента

Перед тем, как принять решение, выдавать кредит или нет, производится **сбор информации о клиенте-заёмщике** [7].

**4.1. Собираются анкетные данные**, на основании которых и рассчитывается скоринг-оценка, выражаемая в баллах (или каких-то других единицах, например, процентах). В табл. 1 приведен возможный вариант соответствующего бланка данных.

Таблица 1

Группа данных	Содержание	Комментарий
<b>Общие сведения</b>	Ф. И. О. заёмщика, адреса регистрации и фактического проживания, контактная информация, паспортные данные, ИНН.	
<b>Запрашиваемый кредит</b>	Сумма кредита, срок, наличие собственных средств на покупку.	



Окончание таблицы 1

Группа данных	Содержание	Комментарий
<b>Сведения о занятости</b>	Уровень образования, занятость, занятость членов семьи, направление деятельности (профессия), стаж по текущему месту работы, общий стаж работы.	
<b>Сведения о семейном положении</b>	Семейное положение, число членов семьи, совокупный среднемесячный доход семьи, средний доход на одного человека.	Особо отметить число иждивенцев в семье.
<b>Сведения о счетах, вкладах и других активах в банке</b>	Наличие банковского счета, <b>обязательства по другим кредитам</b> (с суммами ежемесячных выплат по ним).	Количество открытых кредитных линий (что сложно проверить, если между банками нет обмена информацией).
<b>Сведения об имуществе</b>	Наличие собственной квартиры (со всеми реквизитами), вид собственности, период владения, дополнительная информация о недвижимости (гараж, дача и т. п.), перечень имущества.	Стоимость жилья.
<b>Дополнительно</b>	Вероисповедание.	Мусульманские страны имеют самый низкий процент невозврата по кредиту.

4.2. Просматривается «кредитная история» данного заёмщика. Анализируются данные о клиенте, которыми располагает кредитное бюро [1, 8].

В кредитных бюро накапливаются следующие виды данных:

- социально-демографические характеристики;
- судебные решения (в случае передачи дел о востребовании долга по кредиту в суд);
- информация о банкротствах;
- данные об индивидуальных заёмщиках, получаемые от кредитных организаций по принципу «ты — мне, я — тебе», т. е. банк может получать информацию о клиентах других банков, только если сам предоставляет аналогичную информацию.

Объём и характер информации, хранящейся в бюро кредитных историй каждой страны, строго регулируется соответствующим национальным законодательством. В США такие бюро были созданы в 1974 г. В России решение о создании бюро кредитных историй датировано июнем 2004 г. (Госдума РФ приняла законопроект «О кредитных историях»).

## 5. Сложности применения западной методологии скоринг-оценивания в России

Одним из самых значимых показателей в западных системах является **возраст** потенциального заёмщика. Чем старше гражданин Великобритании, Франции или Германии, тем выше его скоринг-оценка. Тем самым пожилого индивидуума с положительной кредитной историей трактуют как наиболее надёжного заёмщика. На Западе человек, проработавший всю жизнь, успевает не только накопить средства, но и обзавестись положительной кредитной историей. У нас, как правило, придерживаются противоположной точки зрения: чем старше заёмщик, тем его скоринг-оценка (кредитоспособность) ниже.

Приведенный парадоксальный пример иллюстрирует ту мысль, что однажды нашедшую применение в какой-либо из стран модель скоринг-оценивания рискованно переносить не только из одной

страны в другую, но из практики работы одной национальной системы кредитных учреждений в другую. Достаточно вспомнить о существенных различиях в экономическом положении различных регионов Российской Федерации, а также о том, что при решении столь важного вопроса, как возможность кредитования российских граждан, не стоит забывать и о многонациональности и многоукладности российской жизни, а, стало быть, и о несовпадении местных обычаев и традиций. Во внимание должно приниматься решительно всё.

Автоматизация процесса анализа кредитных заявок на базе методологии теории распознавания образов требует (для построения моделей и решающих правил) накопления объёмной статистики по распознаваемым объектам. Положение большинства российских банков ещё больше осложняется тем, что бизнес-статистика по ранее выданным кредитам оказывается явно недостаточной для организации *адекватной работы системы*. При этом под адекватностью используемой в скоринг-системе математической модели в мировой банковской практике понимается её способность обеспечивать заданный уровень минимального процента невозвратов по кредитам (желательно от 0,5 до 3 %). Однако в России показатель невозвратов оказывается значительно выше, чем на Западе. Причина, видимо, сводится к явной недостаточности используемых в отечественной практике работы кредитных организаций статистических данных. По оценкам компании McKinsey, невозврат кредитов составляет в России около 7 %.

Каждому банку приходится собирать сведения о заёмщиках собственными силами, формируя собственную автономную базу. Именно поэтому банки нередко оказываются совершенно беззащитным перед «гастролирующими» организованными группами мошенников.

Классификация имеющейся выборки клиентов производится только по тем клиентам, кому кредит был выдан. Поэтому отсутствует какая-либо статистика поведения тех клиентов, которым в кредите было отказано.

Люди, их настроения с возрастом меняются, со временем также меняются условия и обстоятельства их жизни, окружающая их социально-экономическая среда. Поэтому скоринговые модели, которые как никакие другие связаны с социально-психологическими аспектами поведения людей, необходимо раз-



нальных моделей скоринга является интеграция этих моделей в case-технология, разрабатываемую в интересах банка-заказчика (или действующей сообща группы банков) и основанную на методах экспертно-статистической обработки информации [2, 3]. Как отмечено в работах [2, 3], основное достоинство экспертно-статистической схемы (ЭСС) обработки информации заключается в том, что при ЭСС-обработке используется сразу два регулярных источника данных: данные объективной природы (результаты измерений, зафиксированные в учётных документах) и данные субъективного происхождения (оценки, точки зрения и знания экспертов). При наличии развитых механизмов интеграции результатов обработки указанных видов информации и достаточно полной системы базисных моделей [3] (в данном случае, моделей формирования скоринг-оценок) удаётся одновременно решить две задачи [9, 10]: значительно повысить точность, адекватность и достоверность [11] формируемых решений и обеспечить гораздо более высокую степень доверия к подготовленным вариантам решений лиц, принимающих решения (ЛПР).

В зависимости от используемого класса базисных моделей [10, 12] формируются те или иные классы (типы) принимаемых решений и процедуры их принятия. Синтезируя окончательную процедуру принятия решений при взаимодействии с клиентами банка, чрезвычайно важно располагать продуманной и обоснованной процедурой оценки последствий принимаемых решений с учётом социально-психологических особенностей поведения клиентов и ЛПР. В следующем разделе рассматривается новая модель оценки таких последствий.

## ***6. Вероятностная модель оптимизации банковской деятельности при кредитовании физических лиц***

Рассмотрим случай, когда с помощью какого-либо из выше перечисленных способов получена скоринг-оценка клиента, выражаемая условно в процентах (или в долях от 0 до 1). Чем более надёжен заёмщик, тем ближе его скоринг-оценка к 1. Чтобы смоделировать взаимодействие клиента с кредитующей его организацией,

необходимо спрогнозировать поведение заёмщика в случае предоставления ему запрашиваемого кредита.

Итак, дано:

- $S$  — скоринг-оценка клиента,  $S \in [0, 1]$ ;
- $X$  — размер запрашиваемого кредита, выраженный в условных денежных единицах;
- $T$  — срок (в месяцах), на который запрашивается и предоставляется кредит;
- $D$  — доход заёмщика в месяц;
- $I$  — Стоимость имущества заёмщика (под залог), выраженная в денежном эквиваленте;
- $I'(T)$  — переоценённая по прошествии времени  $T$  стоимость имущества (с учётом дисконтирования), выраженная в денежном эквиваленте;
- $\delta(T)$  — текущий процент по выдаваемому кредиту, который в общем случае является функцией времени.

Учитывается, что вместо запрашиваемого кредита в размере  $X$  клиенту может быть предложен кредит меньшего размера  $Z$ . Это сделано для того, чтобы в итоге кредитная организация могла выбрать оптимальный (с точки зрения получения максимальной прибыли) размер предоставляемого кредита. При этом  $Z$ , размер выдаваемого кредита, выраженный в условных денежных единицах, должен удовлетворять условию:  $Z \leq DT + I'(T) - \delta(T)Z$ . В правой части неравенства записана максимальная сумма, которую клиент может вернуть **в принципе**. Давать кредит, превышающий эту сумму, опасно (поскольку по имеющейся у банка информации это максимальная сумма, которую можно рассчитывать получить с клиента). Кроме того, вводится следующий параметр, который определяет относительную величину выдаваемого кредита, приведенного к максимальной кредитоспособности рассматриваемого заёмщика:

$$\gamma \in (0, 1]: \gamma = \frac{Z}{D \cdot T + I'(T) - \delta(T) \cdot Z}.$$

Решение о выдаче клиенту кредита в размере  $Z < X$  может приводить к тому, что клиент не согласится на снижение выдаваемой

ему суммы. Поэтому в рамках рассматриваемой модели необходимо задать величину вероятности отказа клиента от предложенного ему кредита.

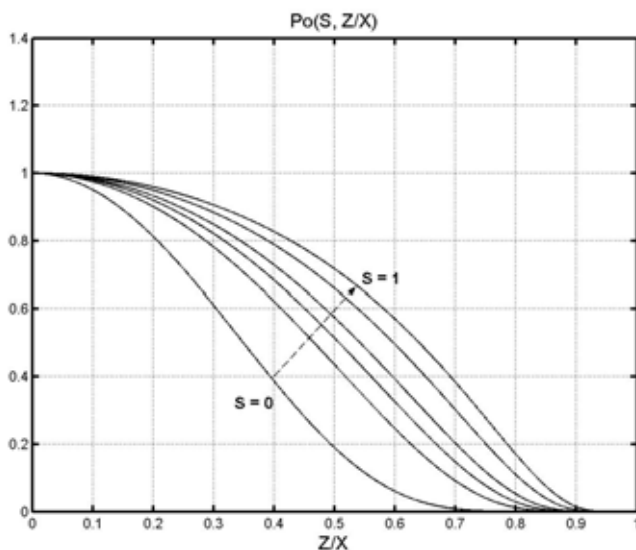
Пусть рассматриваемый клиент имеет скоринг-оценку  $S$ , обозначим вероятность отказа такого клиента от кредита в размере  $Z$  (вместо запрашиваемого им размера кредита  $X$ ) через  $P_{\text{отказа}}(S, Z, X)$ . Явная недостаточность имеющихся статистических данных не позволяет точно идентифицировать введенную функцию  $P_{\text{отказа}}(S, Z, X)$ , однако о её свойствах можно сделать несколько важных замечаний.

1. Зависимость от  $Z$  и  $X$ , скорее всего, можно заменить зависимостью от отношения  $Z / X$ . Это, с одной стороны, не противоречит экспериментальным данным, в соответствии с которыми заёмщик оценивает выдаваемую ему сумму по её относительному (в сравнении с запрошенным им кредитом), а не абсолютному значению, а с другой — предоставляет возможность удобного графического представления функции  $P_{\text{отказа}}(S, Z, X)$  (которую мы теперь обозначим как  $P_0(S, Z / X)$ ) в безразмерных осях.
2.  $P_0(S, 0) = 1$ , т. е. клиент заведомо отказывается от кредита в размере 0.
3.  $P_0(S, 1) = 0$ , т. е. клиент никогда не отказывается от предоставления ему кредита в запрошенном изначально размере  $X$ .
4. Вероятность  $P_0(S, Z / X)$  должна являться монотонно не убывающей функцией переменной  $S$  (надёжные клиенты с более высокой скоринг-оценкой более «придирчивы», или «капризны»).

Общий вид функции  $P_0(S, Z / X)$ , удовлетворяющей свойствам 1–4, можно хорошо аппроксимировать следующей зависимостью:

$$t = Z / X, \quad P_0(S, t) = e^{\frac{1}{S(t^2 - 1)}} \cdot e^{\frac{1}{S}}.$$

Семейство графиков этой зависимости при различных значениях  $S$  представлено на рис. 2.



**Рис. 2.** Семейство графиков вероятности отказа от кредита при различных значениях скоринг-оценки  $S$

Чтобы учесть возможность полного или частичного невозврата кредита, выданного на время  $T$ , введём вероятность возврата доли кредита. А именно, введём семейство вероятностей  $P_k(S)$ , представляющих собой вероятность возврата  $k/K$ -й доли кредита,  $k = 0, 1, \dots, K$ . Проводя для данного семейства вероятностей рассуждения, которые аналогичны тем, что были выполнены для вероятностей семейства  $P_0(S, Z/X)$ , можно предложить (в отсутствие достаточно представительных статистических данных) следующую адекватную всем свойствам этих вероятностей математическую модель.

Вероятности семейства  $P_k(S)$  представляют собой дискретные отсчёты функции  $h(t, S)$ ,  $t \in [0, 1]$ , где

$$h(t, S) = \frac{g(t, S)}{\sum_{k=0}^K g(k/K, S)}, \text{ а } g(t, S) = e^{-\frac{(t-a(S))^2}{4\pi\sigma(S)}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma(S)}$$



— нормальное распределение со средним значением

$$a(S) = \begin{cases} 0 & \text{для } S \leq 0,5, \\ 1 & \text{для } S > 0,5. \end{cases}$$

и среднеквадратическим отклонением  $\sigma(S)$ .

Для удобства моделирования весь диапазон скоринг-оценок был разбит на 2 интервала, а  $\sigma(S)$  смоделирована как степенная

функция от  $(1 - S)$ . Здесь  $\left[ \sum_{k=0}^K g(k/K, S) \right]^{-1}$  — множитель, обеспечивающий выполнение условия нормировки

$$\sum_{k=0}^K P_k(S) = 1.$$

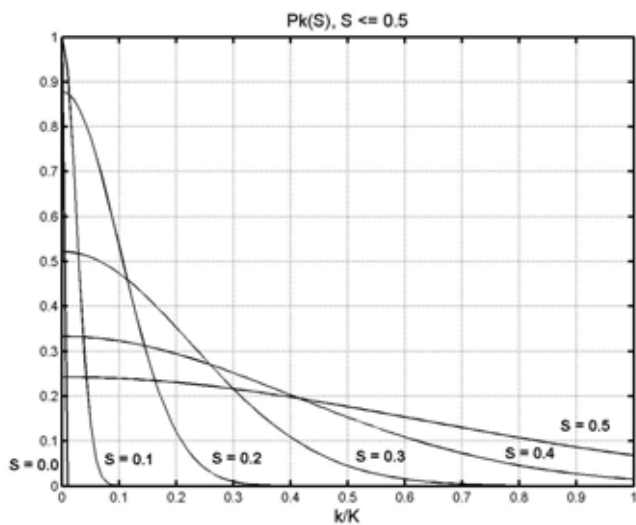
На рис. 3(а) и 3(б) приводятся семейства соответствующих графиков для случаев  $S \leq 0,5$  и  $S > 0,5$  соответственно.

Теперь можно определить среднее значение суммы возврата. В соответствии с распределением вероятностей возврата  $k$ -й части кредита, можно подсчитать, какую сумму в среднем клиент сможет вернуть за время  $T$ . В общем случае обозначим эту величину  $m(S, \gamma)$ , считая, что она зависит не только от скоринг-оценки заёмщика  $S$ , но и от приведенной к его предельной кредитоспособности величины кредита  $Z$ , отражаемой введенной ранее величиной  $\gamma$ . Чтобы аппроксимировать эту зависимость проведём её вывод в два этапа.

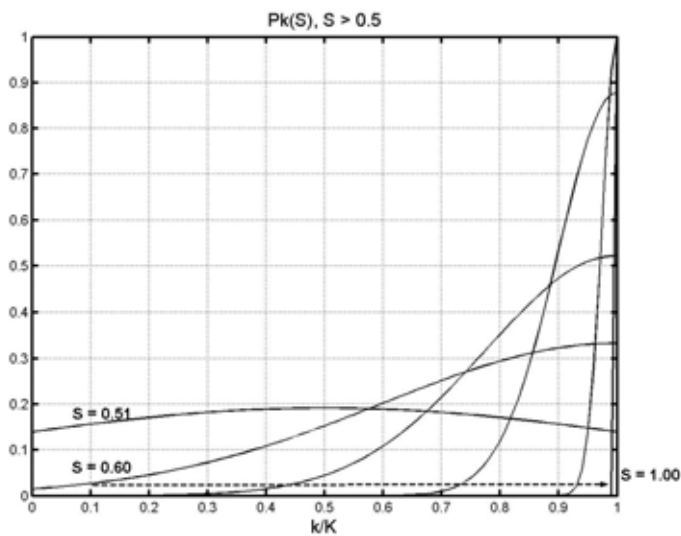
Сначала рассмотрим зависимость средней суммы возврата только от скоринг-оценки, обозначая её величиной  $m'(S)$ , и только затем проанализируем зависимость средней суммы возврата от параметра  $\gamma$ .

Нетрудно получить, что

$$m'(S) = Z(1 + \delta(T)) \sum_{k=0}^K k \cdot P_k(S) / K.$$



a)  $S > 0,5$



б)  $S \leq 0,5$

Рис. 3. Семейство графиков функций  $P_k(S)$

Отсюда очевидно, что средняя сумма возврата монотонно возрастает с увеличением  $S$ . При этом для  $S=1$  имеем  $m'(S) = Z(1 + \delta(T))$ , а при  $S=0$  справедливо  $m'(S) = 0$ . Чтобы учесть зависимость от параметра  $\gamma$ , спрогнозируем потенциальные расходы заёмщика, исходя из значения прожиточного минимума  $Lw$  (от английского living wage) для той социальной группы, к которой принадлежит рассматриваемый клиент. Очевидно, что в процессе возврата кредита заёмщик начинает испытывать особые трудности именно тогда, когда размер кредита превосходит имеющуюся в его распоряжении за период возврата кредита  $T$  сумму, которую можно оценить величиной  $Z' = T(D - Lw)$ . В связи с этим рассчитаем соответствующее этому размеру кредита значение параметра  $\gamma$ . Обозначим его как  $\gamma'$ . Очевидно, что

$$\gamma' = \frac{D - Lw}{D(1 - \delta(T)) + I'(T) + \delta(T)Lw}.$$

Будем считать, что в том случае, когда свободные средства клиента оцениваются величиной, которая позволяет ему возратить за время  $T$  весь кредит в размере  $Z$  (т. е. для случая  $\gamma \leq \gamma'$ ), средняя сумма возврата описывается ранее подсчитанной величиной  $m'(S)$ . В противном случае, т. е. когда  $\gamma > \gamma'$ , будем считать, что сумма возврата убывает пропорционально значению разности  $\gamma - \gamma'$ .

Итак, для общего случая имеем следующее выражение для средней суммы возврата  $m(S, \gamma)$ :

$$m(S, \gamma) = \begin{cases} m'(S), & \text{если } 0 \leq \gamma \leq \gamma', \\ m'(S) - \frac{m'(S) - \tilde{m}(S)}{1 - \gamma'} \cdot (\gamma - \gamma'), & \text{если } \gamma' \leq \gamma \leq 1, \end{cases}$$

где  $\tilde{m}(S) = \beta(S)m'(S)$ , а  $\beta(S) \in (0, 1)$  — параметр, значение которого описывает «психологические» особенности клиентов, принадлежащих к разным социальным группам. Формально этот параметр «управляет» последней («остаточной») по переменной  $\gamma$  (при

$\gamma' \leq \gamma \leq 1$ ) частью графика зависимости  $m(S, \gamma)$ , который для фиксированного значения  $S$  показан на рис. 4.

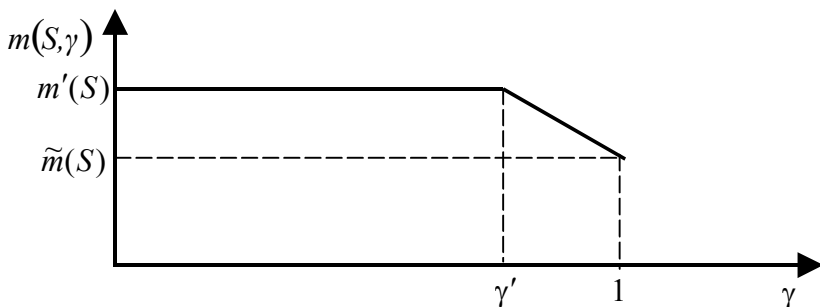


Рис. 4. Вид зависимости  $m(S, \gamma)$

Содержательно значение параметра  $\beta(S)$  определяет, насколько в той социальной группе, к которой принадлежит клиент со значением скоринг-оценки, равным  $S$ , выражено стремление клиентов к ещё большей «экономии» на возврате долгов в том случае, когда долговые обязательства перед банком подошли к границе, затрагивающей, с точки зрения клиента, его жизненные интересы. Максимальная дополнительная «экономия» составляет величину  $[m'(S) - \tilde{m}(S)]$ .

При идентификации параметра  $\beta(S)$ , как и выше, лучше всего разбить весь диапазон значений  $S$  на две (или большее число) категории и определять среднее значение  $\beta(S)$  внутри каждой категории клиентов в отдельности.

Теперь можно перейти к решению задачи оптимизации средней прибыли банка для данного заёмщика за счёт формирования оптимального размера выдаваемого кредита  $Z$ . Для этого решается задача об отыскании величины  $Z$ , которая обеспечивает достижение

$$\max_Z m(S, \gamma)$$

при условии, что

$$[1 - P_0(S, Z/X)]m(S, \gamma) \geq Z(1 + \delta(T)).$$

## 7. Заключение

Рассматривается развитие системы кредитования в России и связанные с ним вопросы формирования скоринг-оценок кредитоспособности физических лиц. Приводится краткий обзор используемых в мировой практике скоринг-систем и сделан вывод о наличии принципиальных трудностей на пути применения подобных систем в практике работы российских кредитных учреждений. Сделан вывод о том, что процесс принятия решений по кредитованию физических и юридических лиц можно рассматривать в замкнутом контуре системы управления процессом кредитования. В качестве одного из средств ускоренной адаптации существующих и разработки новых скоринг-систем предлагается использовать экспертно-статистические схемы обработки информации, которые позволяют оперативно учитывать не только имеющиеся характеристические данные (данные, предоставляемые заёмщиком; данные из бюро кредитных историй и пр.), но и точки зрения лиц, принимающих решения (экспертов банков).

Изучаются методы классификации потенциальных клиентов кредитных учреждений. Выполнен сравнительный анализ применяемых на практике методов. Сделан вывод о необходимости использования наиболее современных средств автоматической классификации в практике работы банковских систем оценки степени доверия к потенциальным заёмщикам.

Отмечено, что при использовании экспертно-статистического подхода особую роль играет наличие адекватного и достаточного полного класса так называемых базисных моделей. В связи с этим предложена новая модель оптимизации банковской деятельности при кредитовании физических лиц. Модель основана на ряде предположений о психологических аспектах поведения клиента-заёмщика в процессе решения вопроса о возможности его кредитования банком и особенностях восприятия его поведения экспертами банка.

## Литература

1. Андреева Г. В. Скоринг как метод оценки кредитного риска. // «Банковские технологии». 2000. № 6:  
<http://www.cfin.ru/finanalysis/banks/scoring.shtml>

2. Мандель А. С. Экспертно-статистические системы в задачах управления и обработки информации. Часть I // Приборы и системы управления, № 12, 1996.
3. Мандель А. С. Экспертно-статистические системы в задачах управления и обработки информации. Часть II // Приборы и системы управления, № 2, 1997.
4. Из материалов сайта «Франклин и Грант», 2003:  
<http://www.credits.ru/articles/302>
5. Инновации как способ развития банковского бизнеса. 2003, ИТАР-ТАСС, Урал, <http://itartass.ur.ru/pub/print.php?id=128>
6. Бауман Е. В., Дорофеев А. А. Классификационный анализ данных // В кн. «Избранные труды Международной конференции по проблемам управления», т. 1. М.: СИНТЕГ, 1999.
7. Игнатов А. Кредитный скоринг в RS-Loans: от концепции к практике, [http://www.r-style.kiev.ua/rubrs.asp?art\\_id=246&rubr\\_id=385&gid=472&page=1](http://www.r-style.kiev.ua/rubrs.asp?art_id=246&rubr_id=385&gid=472&page=1)
8. Амзин А. Скоринг, спам и немножко заботы о пользователях // «Компьютерра». 2003, № 45.
9. Мандель А. С. Экспертно-статистические системы и метод анализа иерархий // В кн. «Управление большими системами». Материалы Международной научно-практической конференции. М.: НПО «Синтег», 1997.
10. Мандель А. С. Экспертно-статистические методы на базе линейных моделей систем // В кн. «Международная конференция по проблемам управления (29 июня — 2 июля 1999 года). Тезисы докладов в трех томах», Том 3. М.: Фонд «Проблемы управления», 1999. С. 242–243.
11. Беляков А. Г., Мандель А. С. Анализ достоверности выводов, формируемых с помощью экспертно-статистических систем. М.: Институт проблем управления — препринт, 2002. 64 с.
12. Мандель А. С. Марковские процессы принятия решений: экспертно-статистический подход // В сб. «Теория активных систем. Труды международной научно-практической конференции (17–19 ноября 2003 г., Москва, Россия)». М.: ИПУ, 2003 г. Том 1, с. 114–116.
13. Мандель А. С. Метод аналогов в прогнозировании коротких временных рядов: экспертно-статистический подход // Автоматика и телемеханика, № 4, 2004 г.
14. Мандель А. С. Моделирование действий экспертов в процессе принятия ими прогностических решений // Автоматизация в промышленности, № 7, 2004 г., с. 50–54.

### ***Сведения об авторах:***

Мандель Александр Соломонович — доктор технических наук, заведующий лабораторией Института проблем управления РАН, 334-89-69, manfoon@ipu.rssi.ru

Семёнов Дмитрий Андреевич — аспирант Московского Физико-Технического Института (Государственного Университета), 8-901-711-08-30, semenovd@gmail.com, dsemenov@partners.beeline.ru

# Проблема человеческого капитала в современной экономической науке и технологическая политика государства<sup>1</sup>

---

*Р. М. Нижегородцев*

В работе обсуждается логика процессов накопления и применения системы знаний, умений и навыков, воплощенных в рабочей силе работников высокой квалификации. Обосновываются модели, позволяющие осуществлять количественный анализ процессов воспроизводства человеческого капитала и управление этими процессами. Выводы и практические рекомендации касаются технологической политики государства в современной России, в том числе управления сферами образования и науки.

## ***1. Постановка основных проблем***

Модель человека и мотивации его поведения в экономической науке является одной из наиболее дискуссионных, несмотря на то, что многие представители ортодоксального неоклассического синтеза считают эту проблему в целом решенной. Предлагаемая неоклассиками модель «гомо экономикус», которую они считают исчерпывающей, базируется на трех основных аксиомах: индивид максимизирует свою функцию полезности, минимизирует затраты и склонен к оппортунистическому поведению<sup>2</sup>. Выра-

---

<sup>1</sup> Работа подготовлена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 03-06-80083а).

<sup>2</sup> Под *оппортунистическим поведением* понимается поведение экономических агентов, противоречащее формально установленным рутинам (шаблонам,



жаясь простым человеческим языком, неоклассический синтез исходит из того, что человек по своей природе корыстен, ленив и нечист на руку.

Если верно, что каждый человек силой своей мысли творит мир, в котором он обитает (а это действительно так), то человек, принявший систему аксиом, предлагаемых неоклассическим синтезом, живет в настоящем аду: ведь его окружают жадные, ленивые и воровитые люди! Тем не менее, к счастью, данная система не является исчерпывающим (а тем более — единственно возможным) способом описания человеческого поведения, и к указанным аксиомам следует относиться с известной долей скептицизма, как к одной из возможных моделей человеческой мотивации, которой удобно пользоваться для изучения определенного круга экономических явлений.

Иные модели мотивации и экономического поведения активно разрабатываются в рамках эволюционной экономики, а также разных направлений институционализма.

Проблема накопления научных знаний, опыта и навыков работников как реальной составной части национального богатства до последнего времени не получила надлежащего развития, несмотря на то, что постановка этой проблемы была одной из первоначальных идей классической политической экономии. Данная группа проблем нередко с известной долей условности объединяется общим названием — *проблема человеческого капитала*. Изучение воспроизводства человеческого капитала в современной экономике предполагает исследование проблем общественного движения научно-технической информации, воплощенной в рабочей силе работников высокой квалификации.

На заре развития машинного производства, когда производственный процесс нуждался в частичном рабочем<sup>3</sup>, исполнявшем роль придатка машины, применение научных знаний в производстве было совершенно отделено от знаний и умения отдельных рабочих. Более того, появление машин в производственных процессах не только не способствовало повышению квалификации подавляющего большинства их непосредственных участников, но и по-

---

образцам поведения), за которыми тем или иным способом закреплён статус общественной нормы.

<sup>3</sup> Частичным рабочим принято называть работника, способного выполнять ограниченное количество частичных операций.

требовало массовой замены искусных, квалифицированных работников ручного труда низкоквалифицированными рабочими, способными выполнять лишь ограниченное число частичных операций. Тем самым частичный рабочий по своей функциональной роли в производственном процессе сам оказывался низведен лишь до положения машины, которая *именно поэтому* так легко и успешно с ним конкурировала, вытесняя его из производства.

В этом сведении производственных функций человека к функциям машины и заключается коренная *онтологическая* причина того факта, что теоретические доктрины, характеризующие экономический строй общества индустриальных технологий, исходят из априорной экономической эквивалентности живого и овеществленного прошлого труда, не подвергая сомнению правомерность их соизмерения. Однако наступление эпохи господства информационных технологий должно побудить исследователей к коренному пересмотру этой точки зрения, долгое время казавшейся естественной и единственно возможной [1].

Современные высокотехнологичные производственные процессы, напротив, предполагают, что участвующие в них работники выполняют элементы сложного творческого, интеллектуального труда, а именно — осуществляют функцию контроля за работой машин и управления ими, а это значит, что современное производство требует уже не частичных рабочих, а работников-универсалов, производственные функции которых способны выполнять лишь всесторонне развитые индивиды. Поэтому неизбежным следствием развития системы информационных технологий станет устранение современных косных форм разделения труда, приковывающих человека к его профессии, а с ним — и разрушение господствующей сегодня системы отношений частной собственности.

В то же время, этот процесс достаточно длителен и противоречив, поскольку развитие наукоемких производственных процессов, вообще говоря, не избавляет трудящегося индивида от выполнения частичных операций. В качестве примера можно привести функции оператора, контролирующего и направляющего работу сверхсложных высокотехнологичных производственных систем (например, оператора ЭВМ): данная работа предполагает наличие *частичного* работника, а вовсе не всесторонне развитого индивида, поскольку основана на осуществлении не творческих, а логических операций.

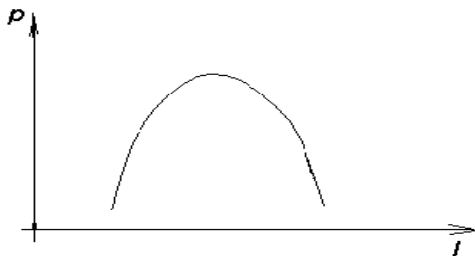
В силу происходящих на наших глазах глобальных изменений в характере, содержании и условиях общественного труда сегодня значительно возрастает роль информации, овеществленной в рабочей силе работников высокой квалификации. Современные производственные процессы, протекающие в наиболее развитых странах мира, предъявляют высокие требования к *грамотности* участвующих в них людей, то есть к способности этих людей извлекать из окружающего мира, перерабатывать и фиксировать в знаковой форме необходимую им информацию.

Отождествление грамотности человека с его умением читать и писать — это внеисторический подход. В истории человечества было время, когда этих двух навыков в самом деле было достаточно для того, чтобы быть грамотным человеком. Однако сегодня круг навыков, необходимых для полноценного участия в общественно нормальных производственных процессах, стремительно растет и усложняется. Наличие у индивида определенного уровня образования и интеллектуального развития выступает необходимой предпосылкой его вступления в процессы производства, технико-экономические условия которых соответствуют общественно нормальному уровню. По выражению К. Ясперса, человек сам становится одним из видов сырья, подлежащего целенаправленной обработке [2, с. 144]. Это означает, что сегодня необходима принципиальная методологическая разработка проблем воспроизводства рабочей силы, учитывающая воспроизводство овеществленной в ней информации.

Накопление человеческого капитала (информации, овеществленной в рабочей силе работников высокой квалификации), так же, как и накопление всякой научно-технической информации, представляет собой кумулятивный процесс, количественная сторона которого описывается логистическими кривыми. Они естественным образом возникают и в процессе исследования различных явлений, имеющих место в сфере труда и занятости, в частности, касающихся уровня безработицы, доходов и потребления.

Статистические данные о зависимости уровня безработицы в различных социальных группах от уровня их образования и квалификации, приводимые в ряде недавних публикаций [3, 4], позволяют выстроить приведенную на рис. 1 зависимость вероятности потери работы в период экономического кризиса тем или иным работником (параметр  $p$ ) от совокупных инвестиций в его

человеческий капитал, произведенных в течение всей его предшествующей жизни (параметр  $L$ ): она представляет собой кривую типа параболы, ветви которой направлены вниз, с единственной точкой максимума.



**Рис. 1.** Зависимость вероятности потери работы от совокупного объема инвестиций в человеческий капитал

На самом деле вероятность потери работы при наступлении кризиса как функция инвестиций в человеческий капитал подчиняется закону *нормального* распределения. Грубо говоря, вероятность потери работы и для работника с начальным образованием, и для академика достаточно мала — она максимальна для лиц с неоконченным высшим или только что полученным высшим образованием (молодых специалистов). В этом заключается одна из причин резкого «омоложения» безработицы в странах, переживающих экономический кризис.

Легко понять, что *приращение* указанной нормально распределенной вероятности, выражаемое интегралом с переменным верхним пределом, как функция объема инвестиций в человеческий капитал, может быть хорошо приближена логистической кривой:

$$\int_{I_0}^I p(t) dt = f(I).$$

По поводу теоретического обоснования логистического характера этой зависимости нетрудно заметить, что закон *убывающей производительности* капитала (убывающей отдачи от инвестиций) относится в равной мере и к инвестициям в человеческий капитал. В частности, статистика развитых стран мира свидетельствует о

том, что затраты на получение среднего образования приносят более ощутимый экономический эффект и окупаются быстрее, чем на получение высшего, а они, в свою очередь, более эффективны, нежели затраты на переобучение и повышение квалификации, осуществляемые по месту работы. Так, по некоторым оценкам, норма отдачи от инвестиций в среднее образование составляет в развитых странах в среднем 11 %, в менее развитых она лежит в пределах 15–18 %. Норма отдачи от инвестиций в высшее образование составляет для развитых стран 9 %, для менее развитых — 13–16 % [5, с. 98]. При этом во всех группах стран прослеживается закономерность: чем выше уровень образования, тем ниже его отдача. Так, для начального образования она может достигать 50–100 %, для среднего — 15–20 % [6, с. 6].

Убывающая производительность человеческого капитала не медленно влечет за собой существенные следствия для формирования и проведения в жизнь грамотной государственной политики в области образования и науки. В частности, факт убывающей производительности человеческого капитала означает, что достижение всеобщей грамотности приносит обществу более ощутимый экономический эффект, чем подготовка суперинтеллектуалов при наличии неграмотного большинства населения. По существу, на использование именно этой закономерности была направлена политика культурной революции, выдвинутая и реализованная в нашей стране в первые десятилетия советской власти. Нация, в которой все умеют читать и писать, в долгосрочной перспективе обгонит в техническом развитии нацию, в которой большинство населения неграмотно, хотя отдельные личности гениальны.

Заметим, что такая постановка проблемы в корне противоречит государственной образовательной политике большинства стран мира (особенно развитых стран), в частности, новой доктрине образования, недавно принятой в нашей стране и выдвигающей в качестве ведущей цели функционирования системы образования не подготовку специалистов для народного хозяйства, как это было прежде, а удовлетворение интеллектуальных потребностей обособленной личности. Однако было бы неразумно полагать, будто потребности частных лиц в знаниях существуют абстрактно и вне зависимости от потребностей общественного производства в квалифицированных кадрах. Конечным потребителем специалистов с высшим образованием в любом случае остается сфера общественного производ-

ства (материального и духовного). Поэтому характер и уровень подготовки специалистов в вузах в конечном счете определяются потребностями современного производства.

Применение логистических кривых к описанию зависимостей, которым подчиняется накопление человеческого капитала, основывается на том факте, что некоторая часть рабочей силы трудящихся индивидов, представляющая собой совокупность их знаний, умений и навыков, характеризующий их профессиональный, общеобразовательный и культурный уровень, есть величина кумулятивная, накапливающаяся, — иными словами, представляет собой часть *основного* капитала, в отличие от оборотного, который имеет характер не «фонда» (stock), а «потока» (flow). Эта идея, лежащая в основе многих современных теоретических построений (в частности, теорий человеческого капитала), принадлежит к числу ведущих идей классической политической экономии. В частности, А. Смит рассматривал созидательные возможности человека в качестве составной части совокупного основного капитала общества: «Приобретение таких способностей, считая также содержание их обладателя в течение его воспитания, обучения или ученичества, всегда требует дополнительных издержек, которые представляют собой основной капитал, как бы реализующийся в его личности...» [7, с. 208].

Несколько позже подобная идея была высказана К. Марксом, отмечавшим, что совокупность качеств, характеризующих способность человека к труду, образует запас его потенциального труда. Маркс употребляет термин *Arbeitskraft*, не вполне корректно переводимый как «рабочая сила». «Сбережение рабочего времени, — отмечал Маркс, — равносильно увеличению свободного времени, т. е. времени для того полного развития индивида, которое само, в свою очередь, как величайшая производительная сила обратно воздействует на производительную силу труда. С точки зрения непосредственного процесса производства это сбережение рабочего времени можно рассматривать как производство *основного капитала*, причем этим основным капиталом является сам человек» [8, с. 221]. Отсюда вытекает, что информация, овеществленная в рабочей силе высокой квалификации и выступающая сохранным результатом предшествующего труда (знание, квалификация трудящегося индивида, а также его общеобразовательный и культурный уровень, достигаемый им за счет своего свободного времени),

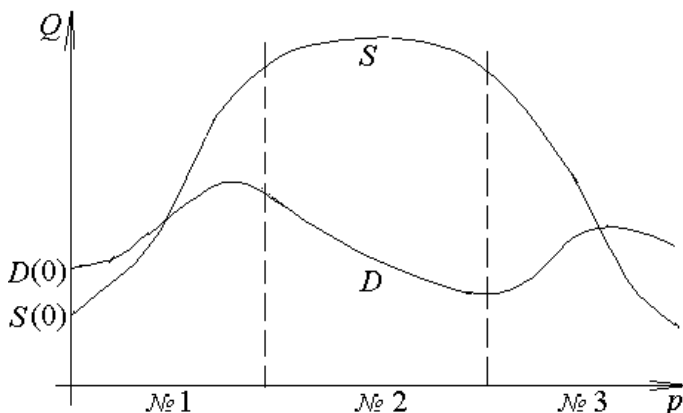
представляют собой основной капитал, который не расходуется всякий раз без остатка в процессе труда, осуществляемом данным трудящимся индивидом, а переносит свою стоимость по частям на вновь создаваемый продукт, вплоть до полного морального износа.

Таким образом, средства, авансируемые на покупку живого труда, нельзя целиком относить к оборотному капиталу: по характеру воспроизводства часть переменного капитала представляет собой основной капитал, причем доля этого основного капитала в общей стоимости рабочей силы все более увеличивается по мере того, как процесс общественного воспроизводства предъявляет все более высокие требования к квалификации трудящихся индивидов, к уровню их образования. Именно поэтому обучение работников, повышение их квалификации (равно как и сбережение рабочего времени, выступающее необходимой предпосылкой этого процесса) правомерно рассматривать как производство совокупного основного капитала общества.

Все более интенсивное обращение к проблемам воспроизводства человеческого капитала свидетельствует о том, что настало время преодолеть все еще распространенный взгляд на инвестиции в образование и научные исследования как на расходы, осуществляемые из благотворительных побуждений вопреки соображениям экономической эффективности. Проблема измерения микро- и макроэкономической эффективности инвестиций в человеческий капитал становится самостоятельной проблемой, заслуживающей пристального внимания экономистов.

## 2. Сегментация рынка труда

Многие популярные в наши дни экономические доктрины при характеристике различных отраслевых рынков исходят из парадигмы равновесия, полагая, что динамика соотношения спроса и предложения на этих рынках в общих чертах выражается так называемым крестом Маршалла. В то же время, к подавляющему большинству частных рынков данная гипотетическая абстракция неприменима. Это касается и рынка труда, на котором как спрос, так и предложение не являются монотонными функциями цены (подробнее см. [9, 10]). Реальный вид соответствующих функций  $D(p)$  и  $S(p)$ , а также их взаимное расположение изображены на рис. 2.



**Рис. 2.** Сегментация рынка труда

Представленная на рис. 2 динамика спроса на труд лежит в основе разделения рынка труда на три основные части, каждая из которых функционирует по определенным правилам и почти не пересекается с другими частями. Участок кривой  $D(p)$ , на котором ее поведение приблизительно совпадает с теоретически предполагаемым и характеризуется монотонным убыванием, определяет *общественно нормальный* рынок труда. Именно на этом рынке в подавляющем большинстве стран мира обращается основная доля совокупной рабочей силы. Участок кривой, характеризуемый более низкими значениями цены труда по сравнению с общественно нормальным рынком, соответствует *дискриминационному* (маргинальному) рынку труда, а участок, характеризуемый более высокой ценой, — *элитарному* рынку труда.

Штриховые линии на рис. 2 условно разделяют между собой три различных рынка труда — дискриминационный (№ 1), общественно нормальный (№ 2) и элитарный (№ 3).

На дискриминационном рынке имеет место дискриминация как по характеру (эргономическим условиям) труда, так и по его оплате. Этот рынок заполняют представители национальных меньшинств, несовершеннолетние работники, «гастарбайтеры» (выходцы из других стран или регионов, приехавшие в поисках заработка), полукриминальные и частично люмпенизированные элементы, лица с частичной или ограниченной трудоспособностью. На данном рынке, как правило, существует точка ценового равновесия на



низком уровне цены, не обеспечивающем общественно нормальных условий воспроизводства рабочей силы. Квалификация большинства работников на рынке № 1 также не соответствует общественно нормальному уровню. Дискриминационный рынок характеризуется максимальной профессиональной мобильностью. На отдельных сегментах данного рынка, как правило, имеет место дефицит рабочей силы.

Общественно нормальный рынок труда характеризуется отсутствием точки равновесия и устойчивым избытком предложения рабочей силы над спросом. К. Маркс, верно подметивший и в известной мере объяснивший этот факт, теоретически выразил его в так называемом *капиталистическом законе народонаселения*, смысл которого заключается в том, что развитие капитализма неминуемо порождает резервную армию труда, наличие которой выступает необходимым условием его бытия.

В свете данного факта становится понятным эмпирически наблюдаемое преобладание в числе безработных в кризисной экономике молодых людей с неоконченным высшим и только что полученным высшим образованием: они именно потому и становятся безработными с максимально высокой вероятностью, что их квалификация в наибольшей степени соответствует общественно нормальному уровню. Выходя на рынок труда, они тотчас оказываются на рынке № 2, в зоне неравновесия и нестабильности.

Вследствие значительного избытка предложения рабочей силы на рынке № 2 часть безработных, создающих давление на этот рынок, теряет квалификацию и деклассируется, «скатываясь» на рынок труда № 1. Поскольку рабочая сила на рынке № 1 устойчиво воспроизводится в затухающем, деградирующем виде, этот рынок поддерживает свое существование лишь за счет постоянного притока мигрантов (в тех странах или регионах, где эта проблема актуальна) и деклассированных элементов с рынка труда № 2. Нетрудно заметить, что этот процесс соответствует сформулированному Марксом *всеобщему закону капиталистического накопления*, утверждающему неотвратимость абсолютного и относительного обнищания пролетариата по мере развития буржуазного способа производства.

Элитарный рынок труда является сильно расщепленным (сегментированным) в силу низкой профессиональной мобильности его участников. Узкая профессиональная сегментация рынка труда № 3

не позволяет делать обобщенный качественный анализ поведения кривой спроса: на одних сегментах рынка № 3 она может расти, на других — убывать, на третьих — осциллировать при одних и тех же значениях цены труда. Поэтому анализ и прогноз динамики данного рынка следует проводить по каждому сегменту в отдельности. Заметим, что в зависимости от взаимного смещения кривых спроса и предложения и изменения их характера даже на одном и том же сегменте рынка № 3 в разные моменты времени могут иметь место различные варианты: либо наличие точки ценового равновесия, либо ее отсутствие, либо достаточно много равновесных состояний.

В кризисной и депрессивной экономике рабочая сила в целом воспроизводится в затухающем виде, сокращающемся количественно и качественно. Резко падает уровень жизни большинства населения страны. Чрезмерное отставание цены рабочей силы по сравнению с ценами других товаров вызывает ножницы цен и, помимо разрушительного воздействия на производство, приводит к тяжелым социальным последствиям. Особенно сильный удар при этом наносится трудоемким отраслям хозяйства, в продукте которых относительно высока доля живого труда (например, сельскому хозяйству), а также наукоемкому сектору, быстро теряющему внутренний спрос. Но если производство не предъявляет спроса на новую, передовую технику, то оно не предъявляет спроса и на людей, способных создавать ее и работать на ней. Поэтому в кризисной экономике особенно остро стоит задача сохранения кадрового потенциала, который будет востребован не ранее, чем в реальном секторе начнется экономический подъем.

При этом во всех странах, где наступает экономический кризис, имеет место одна и та же закономерность: вначале рушатся наукоемкие производства и на улице оказываются наиболее квалифицированные представители рынка труда № 2. Затем, по мере углубления кризиса, черта бедности (а значит, и граница между рынками № 1 и № 2) смещается влево, и в сфере действия жестких законов неравновесного рынка № 2 оказываются все менее квалифицированные работники, доля которых в совокупной резервной армии труда начинает постепенно возрастать [11, с. 233].

Общей закономерностью выступает деградация интеллектуального уровня трудовых процессов и связанный с этим обстоятельством подрыв воспроизводства человеческого капитала. Особенно болезненны итоги этого процесса для российской экономики,

интеллектуальный потенциал которой стал объектом целенаправленного разрушения со стороны наших основных конкурентов на мировых рынках интеллектуального труда.

### 3. *Выбор инвестора и стратегия инновационного прорыва*

Ключевым моментом исследования страновых и региональных рынков труда должен стать факт расслоения этих рынков на три указанных сегмента, каждый из которых характеризуется определенными закономерностями и логикой рыночного равновесия (неравновесия). Следующий шаг заключается в признании того факта, что этим трем рынкам труда соответствуют три различных вида кривой производственных возможностей [12].

$$C = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} c(t) dt, \quad I = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} i(t) dt.$$

Обозначим через  $c(t)$  текущее потребление трудящегося индивида в момент времени  $t$ , а через  $i(t)$  его текущие инвестиции в воспроизводство человеческого капитала. Пусть теперь на временном интервале  $[t_1, t_2]$  рассматриваются величины

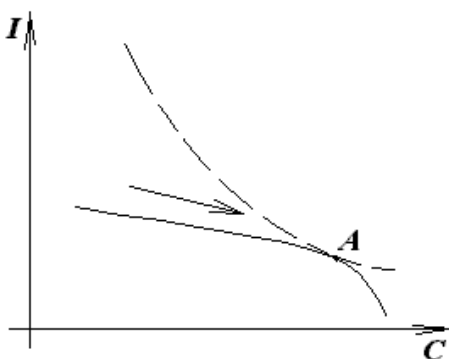
Величины  $I$  и  $C$  являются средними значениями соответственно функций  $i(t)$  и  $c(t)$  на интервале  $[t_1, t_2]$  или, выражаясь языком статистики, математическими ожиданиями соответствующих непрерывно распределенных случайных величин. Для получения адекватных результатов необходимо, чтобы интервал  $[t_1, t_2]$  был достаточно длительным, сопоставимым если не с продолжительностью всей трудовой карьеры индивида, то, по меньшей мере, с длительностью промышленного цикла (минимум — 5–6 лет).

Кривые производственных возможностей, характеризующие выбор потребителя между инвестициями в человеческий капитал и текущим потреблением, построенные в координатах  $(C, I)$ , существенно различаются в зависимости от объема распределяемых ресурсов.

Минимальной цене живого труда, предопределяющей попадание трудящегося индивида на дискриминационный рынок труда,

соответствует кривая, изображенная на рис. 3. Оптимальный выбор потребителя, отмеченный точкой  $A$  на рис. 3, предполагает минимальные инвестиции в человеческий капитал, которым соответствует уровень образования, минимально необходимый для участия в технологически примитивных производственных процессах.

Знаменитый инвестор, чья головокружительная карьера началась с продажи азбуки за четыре сольдо, максимизировал свою функцию полезности, переместившись вдоль кривой производственных возможностей в направлении точки  $A$ , указанном стрелкой на рис. 3.



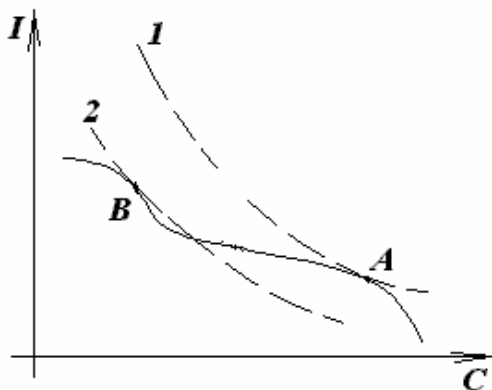
**Рис. 3.** Инвестиционный выбор потребителя:  
дискриминационный рынок труда

С ростом цены живого труда и, следовательно, совокупного объема распределяемых индивидом ресурсов, индивид перемещается на общественно нормальный рынок труда, и кривая его производственных возможностей видоизменяется так, как показано на рис. 4.

Помимо глобального оптимума  $A$ , которому соответствует кривая безразличия 1, возникает локальный максимум функции полезности  $B$ , соответствующий объему инвестиций в человеческий капитал, позволяющему индивиду работать в наукоемком секторе экономики.

Обратим внимание на то, что кривая производственных возможностей (как обычно, монотонно убывающая) в этом случае невыпукла: участок между точками  $A$  и  $B$  на рис. 4 соответствует

уровню образования «недоучки», чьи инвестиции в человеческий капитал уже лишили его возможностей роста текущего потребления, но все еще не позволяют рассчитывать на оптимальную отдачу.



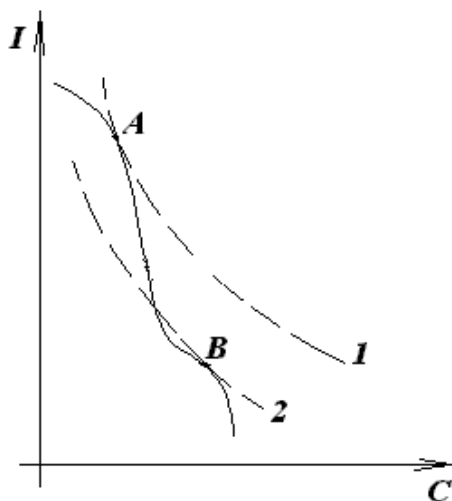
**Рис. 4.** Инвестиционный выбор потребителя:  
общественно нормальный рынок труда

Дальнейший рост цены живого труда приводит индивида на так называемый элитарный рынок труда, на котором воспроизводство человеческого капитала играет решающую роль. Кривая производственных возможностей, соответствующая этому сегменту рынка труда, изображена на рис. 5.

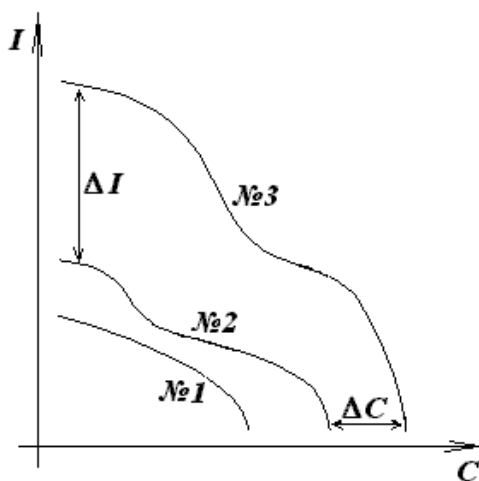
Оптимальной стратегией индивида на данном рынке труда выступает рост инвестиций в человеческий капитал, значительно опережающий рост объемов текущего потребления (точка A на рис. 5). Хотя локальный максимум функции полезности, соответствующий низкоквалифицированному труду, по-прежнему имеет место (лучше вообще не иметь образования, чем не завершить его), он все же существенно уступает глобальному максимуму и точкам его ближайшей окрестности. Рисунок 5 иллюстрирует этот факт тем, что кривая безразличия 1 лежит выше кривой безразличия 2, проходящей через локальный оптимум B.

Принципиально важный момент заключается в том, что три разных вида кривой производственных возможностей, изображенные на рис. 3–5, соответствуют разным объемам совокупного дохода, то есть совокупных ресурсов, распределяемых трудящимся индивидом между его текущим потреблением и инвестициями в человеческий капи-

тал. Взаимное расположение этих кривых показано на рис. 6: кривая № 1 соответствует дискриминационному рынку труда, кривая № 2 — общественно нормальному, кривая № 3 — элитарному.



**Рис. 5.** Инвестиционный выбор потребителя: элитарный рынок труда



**Рис. 6.** Кривые производственных возможностей на различных рынках труда

Минимально необходимого объема ресурсов хватает лишь на цели текущего потребления (кривая № 1), и при превышении этого объема инвестиции в человеческий капитал даже в лучшем случае растут незначительно (кривая № 2). В то же время, когда основные проблемы текущего потребления решены, дальнейший прирост распределяемых индивидом ресурсов влечет за собой резкое увеличение инвестиций в человеческий капитал, тогда как рост объемов текущего потребления уже невелик ( $\Delta I$  на рис. 6 существенно превышает  $\Delta C$ ). В этом, собственно, и заключается логика закона *возвышения* потребностей: на определенной ступени ведущую роль приобретает уже не количественный рост объемов потребляемых индивидом ресурсов, а развитие и реализация его творческих жизненных сил и способностей.

Заметим, что стратегия инновационного прорыва доступна лишь тем странам, в которых значительна доля населения, составляющая элитарный рынок труда с функцией полезности, задаваемой кривой № 3. Если же эта доля невысока, то большинство населения, выносящего рабочую силу на общественно нормальный рынок труда, руководствуясь соображениями максимизации функции полезности, изберет стратегию «недоинвестирования», соответствующую точке *A* на рис. 4. Тем самым, уровень воспроизводства совокупного человеческого капитала, необходимый для самостоятельного осуществления глобального технологического сдвига, окажется этой стране недоступен, и она автоматически попадет в технологическую зависимость от других, более развитых, стран.

В этом заключается одна из основных причин того факта, что наиболее богатые страны мира концентрируют на своей территории высокотехнологичные производственные процессы, стремясь переместить технологически отсталые и экологически вредные производства на территорию развивающихся стран и стран с переходной экономикой, включая Россию. При этом развивающимся странам и странам с переходной экономикой активно навязывается культ потребления, перемещающий выбор потребителя вправо и вниз по каждой из рассмотренных кривых производственных возможностей: следование этому культу влечет за собой рост текущего потребления индивидов и, соответственно, сокращение инвестиций в человеческий капитал. Эта стратегия направлена на эффективное устранение с мирового рынка конкурентов в области разработки и внедрения информационных продуктов, каковыми выступают для

развитых стран мира некоторые новые индустриальные страны (как первой, так и второй волны) и Россия.

Наша страна пока еще в силах противопоставить западным сценариям глобализации собственную стратегию инновационного прорыва, составной частью которой должна стать концепция опережающего образования, предполагающая рост совокупного объема инвестиций в человеческий капитал.

#### ***4. Выводы для России: концепция опережающего образования***

Современное состояние системы образования в нашей стране при условии своевременного принятия грамотных решений позволяет в определенном объеме решать актуальные и сложные задачи воспроизводства человеческого капитала.

Деградация производственной сферы (и, соответственно, потребностей ее дальнейшего развития) служит одной из решающих причин заметного снижения требований к качеству образования [13]. Напомним, что в развитых странах мира коэффициент выбытия основного капитала составляет 4–4,5 %, а в наиболее быстро развивающихся отраслях хозяйства — 7–9 %. Это значит, что знания специалистов в соответствующих областях устаревают за 7–10 лет, за время жизни одного поколения машин. Начало каждого нового жизненного цикла производственных инноваций требует радикальных изменений в характере подготовки квалифицированных кадров в соответствующей области.

В нашей стране средний срок службы оборудования приблизительно в 3–4 раза больше, чем в развитых странах мира. Это значит, что наша высшая школа не испытывает, как в других странах, растущего давления со стороны потребностей хозяйственной практики, и просчеты в системе высшего образования, мало заметные в период экономического кризиса и депрессии, болезненно скажутся позже, когда в основных отраслях реального сектора начнется экономический подъем.

Следовательно, задача достижения и поддержания мировых стандартов качества в сфере подготовки квалифицированных кадров должна решаться не столько усилиями самих вузов, которые не



испытывают в этом настоятельной потребности, сколько усилиями государства. А именно, государственные органы руководства высшей школой в нашей стране должны уделять больше внимания разработке обоснованных стандартов качества знаний и проведению их в жизнь при подготовке квалифицированных специалистов во всех областях современного научного знания.

Широкая распространенность высоких технологий предъявляет значительные требования к квалификации работников, необходимой для вступления в процесс общественного производства, а частая повторяемость технологических сдвигов не дает возможности достоверно спрогнозировать характер умений и навыков, которые понадобятся им уже в ближайшем будущем. В этом заключается коренная причина изменения роли образования в современных производственных процессах. В современной экономике растет потребность в получении образования в течение всей жизни работника. Так же, как невозможно «впрок» выпастись или надышаться, чтобы затем уже не испытывать потребности в дыхании, — точно так же невозможно впрок научиться всему, что неизбежно понадобится человеку в течение его трудовой деятельности.

В этих условиях возрастает роль так называемого непрерывного образования, получаемого работником без отрыва от производства, в том числе — системы переквалификации и повышения квалификации. Развитие этой системы в наиболее развитых странах мира явилось прежде всего ответом на потребности производства, в котором быстрая смена технологических укладов вынуждает работников приобретать все новые трудовые навыки, а менеджеров — постоянно совершенствовать систему управления производственными процессами.

Однако в условиях технологической и экономической деградации, которые на сегодняшний день сложились в России, недостаточно всеобщее внедрение системы непрерывного образования. Необходимо разработать *концепцию опережающего образования*, которая предполагала бы, что подготовка квалифицированных кадров должна предвосхищать потребности хозяйственной практики, а не следовать за ними [14]. В особенности это касается подготовки кадров технических специальностей. Неотъемлемой составной частью реализации данной концепции должно стать введение эффективной государственной (с широким привлечением частного капитала) системы повышения квалификации, которая была бы направ-

лена в том числе и на обучение и переподготовку людей, уже получивших образование и занятых в общественном производстве.

Заметим, что экономическое образование также должно быть опережающим, а не запаздывающим, его следует ориентировать не на пассивное отражение потребностей реальной жизни, а на опережающие требования, которые еще только формируются характером и темпами современного экономического роста и в скором времени будут предъявлены к высшей школе практикой хозяйствования.

Решению этой серьезной проблемы должны быть подчинены усилия руководства вузов по формированию своей материально-технической базы и по комплектованию кадрового состава преподавателей и научных сотрудников. Координацию их усилий с учетом разумного регионального подхода к решению этой задачи и практическую реализацию концепции опережающего образования необходимо возложить на государственные органы управления высшей школой.

Нередко приходится слышать утверждения, будто экспортно-сырьевая ориентация экономики, стимулирующая производство продукции с низкой добавленной стоимостью, автоматически вызывает потребность в низкоквалифицированной рабочей силе и тем самым предполагает дешевизну живого труда. В рассуждениях подобного рода совершается подмена тезиса, смешивающая проблемы отраслевой структуры производства и проблемы его технологической основы. Причина дешевизны живого труда не в приоритетном развитии сырьевых отраслей, а в низком технологическом уровне их развития. Существует множество примеров того, как экспортно-сырьевая ориентация национальной экономики на передовой технологической основе вызвала *удорожание* рабочей силы, а грамотная государственная политика доходов приводила к успешному решению социальных проблем. В последние десятилетия примеры такого рода демонстрируют некоторые страны Ближнего Востока.

Современная технико-экономическая политика страны не должна исходить из необходимости реализации ею уже имеющихся конкурентных преимуществ, ибо это путь консервации сложившихся неравноправных отношений в мирохозяйственном разделении труда. Примером может служить рекомендация МВФ Китаю развивать трудоемкие производства и отложить реализацию национальной энергетической программы: следование подобным советам, не

выдерживающим научной критики, ничего, кроме обострения структурных проблем, экономике не принесет.

Технологическая политика государства в нашей стране должна реализоваться в стратегии инновационного прорыва. Инновационное развитие основывается на трех «китах»: 1 — разработка национальной стратегии технологической модернизации, 2 — сосредоточение ресурсов на избранных направлениях и формирование конкурентных преимуществ в соответствующих сферах, 3 — реализация этих преимуществ на мировых рынках. Проблема реализации конкурентных преимуществ в конечном счете всегда опирается на возможно более полный учет особенностей национальной экономики, включая возможности воспроизводства человеческого капитала, и скрытые резервы экономики России в данном контексте не следует недооценивать.

## Литература

1. *Нижегородцев Р. М.* Информационная экономика. Книга 2. Управление беспорядком: Экономические основы производства и обращения информации. Москва — Кострома, 2002.
2. Новая технократическая волна на Западе. М.: Прогресс, 1986.
3. *Покрытан П. А.* Формирование и функционирование рынка рабочей силы в России (Вопросы генезиса и динамики). М., 1998.
4. *Прокопов Ф. Т.* Безработица и эффективность государственной политики на рынке труда в переходной экономике России. М.: ТЕИС, 1999.
5. Опыт переходных экономик и экономическая теория / Под ред. В. В. Радаева, Р. П. Колосовой, В. М. Моисеенко, К. В. Папенова. М.: ТЕИС, 1999.
6. *Капелюшников Р. И., Албегова И. М., Леонова Т. Г., Емцов Р. Г., Найт П.* Человеческий капитал России: проблемы реабилитации // Общество и экономика. 1993. № 9–10.
7. *Смит А.* Исследования о природе и причинах богатства народов. М.: Соцэкгиз, 1962.
8. *Маркс К.* Экономические рукописи 1857–1859 годов (Первоначальный вариант «Капитала») // Маркс К. и Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 46. Ч. II.
9. *Нижегородцев Р. М.* Рынок труда: сегментация и проблема равновесия // Информационная экономика и управление динамикой сложных

- систем: Сборник научных трудов / Под ред. Е. Ю. Иванова, Р. М. Нижегородцева. Москва — Барнаул: Бизнес-Юнитек, 2004.
10. *Нижегородцев Р. М.* Национальные и региональные рынки труда: анализ и прогнозирование динамики // Закономерности и перспективы трансформации общества: Материалы к V Международной Кондратьевской конференции. Т. 3 /Под ред. Ю. В. Яковца. М., 2004. С. 182–188.
  11. Эффективный экономический рост: теория и практика. М., 2001.
  12. *Нижегородцев Р. М.* Инвестиции в человеческий капитал: выбор инвестора и стратегия инновационного прорыва // Закономерности и перспективы трансформации общества: Материалы к V Международной Кондратьевской конференции. Т. 1 /Под ред. Ю. В. Яковца. М., 2004. С. 441–445.
  13. Обучение рынку / Под ред. С. Ю. Глазьева. М.: Экономика, 2004.
  14. *Нижегородцев Р. М.* Воспроизводство человеческого капитала в современной экономике России и концепция опережающего образования // Экономическая теория и трансформационный процесс / Под ред. А. А. Пороховского. М.: ТЕИС, 1999.

### ***Сведения об авторе:***

Нижегородцев Роберт Михайлович — доктор экономических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Института проблем управления РАН, 334-90-51, bell44@rambler.ru

# Современные проблемы теории управления организационными системами

---

Д. А. Новиков

Работа посвящена качественному анализу проблем, стоящих перед теорией управления организационными системами. Выделяются три основные проблемы: проблема создания новой парадигмы принятия решений, проблема адекватности моделей и идентификации организационных систем, проблема решения задач анализа и синтеза оптимальных управлений<sup>1</sup>.

## 1. Введение

В конце 60-х — начале 70-х годов XX века на фоне бурного развития кибернетики и триумфальных успехов теории автоматического регулирования внимание многих исследователей начало обращаться к *человеческому фактору* в системах управления — специфике систем управления, в которых присутствует человек [2, 3, 19, 22].

Роли человека в системе управления могут быть различными. В первом приближении можно выделить роли субъекта и объекта управления. Получаем две ситуации: в одной человек является субъектом управления, а объектом управления является техническая система (так называемые *человеко-машинные системы* [20]); во второй ситуации люди являются и субъектами управления, и объектами управления. Последняя ситуация соответствует *активным системам* [2, 3], примерами которых являются организационная или социально-экономическая система.

---

<sup>1</sup> Автор признателен за ценные замечания Н.А. Абрамовой и К.С. Гинсбергу.

Настоящая работа посвящена качественному анализу проблем, стоящих перед *теорией управления организационными системами* (ТУОС) [4, 15], в которых субъектами и объектами управления являются люди.

Можно с уверенностью сказать, что на сегодняшний день одной из основных проблем, возникающих при попытке формального моделирования человеческого фактора, является разработка адекватных моделей принятия решений. Несмотря на то, что эта задача изучается уже не один десяток лет, до ее «окончательного» решения еще очень и очень далеко. Поэтому ниже приводятся три общих класса проблем ТУОС, так или иначе связанных с моделями принятия человеком решений.

## 2. Организационные системы

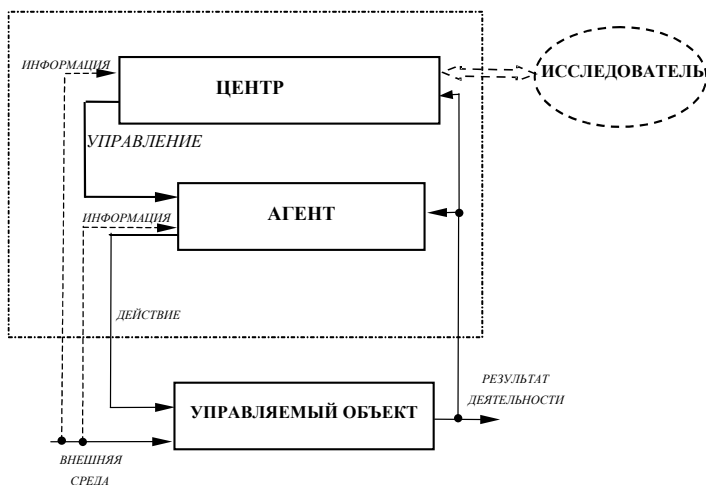
В сложившейся на сегодняшний день теории управления организационными системами под *организационной системой* (ОС) понимают объединение людей, совместно реализующих некоторую программу или цель и действующих на основе определенных процедур и правил (механизмов функционирования) [15].

Базовая входо-выходная модель организационной системы приведена на рис. 1. Ее обобщения рассматриваются ниже.

На верхнем уровне иерархии выделенной на рис. 1 штрихпунктирной линией организационной системы находится управляющий орган — *центр*, осуществляющий управление *агентом*. Последний, в свою очередь, управляет некоторым объектом (в качестве которого может выступать техническая система или другой субъект). Исследователь находится на позиции управляющей стороны (центра) [6]. Задача, решаемая исследователем операций, заключается в том, чтобы найти такое управляющее воздействие, которое с учетом целенаправленности поведения агента привело бы к реализации наиболее выгодного для центра результата деятельности агента. Многочисленные примеры постановки и решения задач управления организационными системами можно найти, например, в [4].

На сегодняшний день стратегической целью является построение общей теории управления организационными системами на основе интеграции математических моделей организационных систем и современных достижений психологии, экономики и социоло-

гии, что позволит разрабатывать эффективные *механизмы* (процедуры принятия решений) управления реальными организационными системами.



**Рис. 1.** Базовая модель организационной системы

Достижению этой цели препятствуют ряд проблем, которые можно сгруппировать в три больших класса. Первый класс отражает взаимодействие рассматриваемой теории с другими теориями (см. проблему 1 ниже), второй класс — взаимодействие рассматриваемой теории с моделируемой ею реальностью (см. проблему 2), третий класс отражает внутренние проблемы теории (см. проблему 3).

### ***3. Проблема 1: проблема создания новой парадигмы принятия решений***

На рисунке 2 приведены различные науки (или разделы наук), изучающих ОС. Теория управления ОС [15] и экономика [1] используют модели принятия решений, заимствованные из теории принятия решений и теории игр [7]. За последние 25–30 лет принципиально новых формальных моделей принятия решений не появ-

ялось. В то же время, доминирующая в последние годы *модель рационального поведения*, в соответствии с которой рациональный субъект сначала устраняет с учетом всей имеющейся у него информации неопределенность, а затем выбирает из допустимого множества альтернативу, максимизирующую его целевую функцию [6, 7, 8], не позволяет объяснить (или описывает слишком сложным образом) многие наблюдаемые на практике явления и процессы. Следовательно, остро ощущается потребность в появлении новой парадигмы (в смысле Т. Куна [9]) принятия решений.



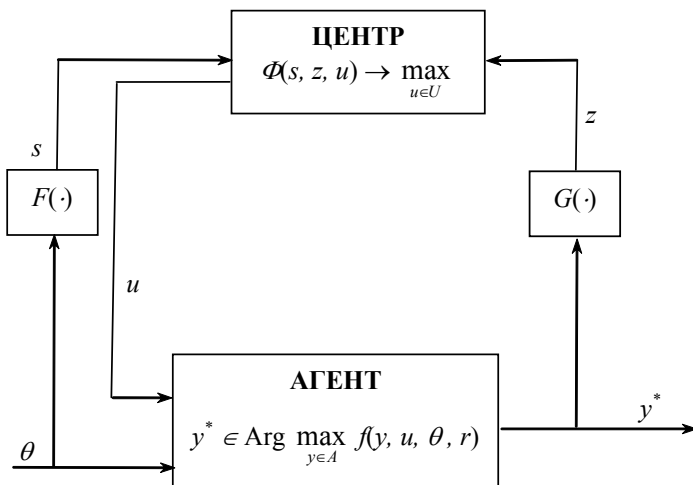
**Рис. 2.** Организационные системы с точки зрения различных наук (ТАР — теория автоматического регулирования, ТАС — теория активных систем [1, 14], ТИИ — теория иерархических игр [6], ТК — теория контрактов [23], MD — mechanism design [24])

Возможным выходом является модификация моделей рационального поведения (основанных на максимизации агентом его целевой функции) за счет включения в них агрегирования — так называемых *ненаблюдаемых переменных*. Рассмотрим модель, представленную на рис. 3, которая является усложнением входо-выходной модели организационной системы, приведенной на рис. 1.

Целевая функция агента  $f(\cdot)$  зависит от состояния природы (внешней среды)  $\theta \in \Omega$ , действия  $y \in A$  самого агента, управления  $u(\cdot) \in U$  со стороны центра, зависящего от результата  $z$  деятельности агента, то есть  $u = u(z)$  и типа  $r \in B$  агента (его собственной характеристики). Действие  $y^* \in A_0$ , выбираемое агентом, максими-



зирует его целевую функцию:  $y^* \in \text{Arg} \max_{y \in A} f(y, u, \theta, r)$ . Центр, которому известна функция  $f(\cdot)$ , наблюдает свое управление  $u \in U$  и агрегированные величины:  $s = F(\theta) \in \Omega_0$  и  $z = G(y^*) \in A_0$  (то есть  $\theta$  и  $y^*$  — ненаблюдаемые переменные).



**Рис. 3.** Модель принятия решений: наблюдаемые и ненаблюдаемые переменные

Спрашивается, что может сказать центр о модели принятия агентом решений — конкретном значении  $r$  типа агента — на основании наблюдений  $\mathcal{E} = \{(s, u, z)\} \subseteq \Omega_0 \times U \times A_0$ ? Возможны различные варианты: наблюдение может быть единственным; возможно множество наблюдений  $Z(\hat{\Omega}_0, \hat{U})$ ,  $s \in \hat{\Omega}_0$ ,  $u \in \hat{U}$ ; центр может сам выбирать значения управления в зависимости от информации о состоянии природы и т. п.

Общего аналитического решения данная задача на сегодняшний день не имеет (ее решение является перспективной задачей для совместных усилий специалистов по идентификации, оптимизации и управлению ОС), поэтому приведем ряд качественных примеров.

Пример 1. В книге нобелевского лауреата Г. Саймона [18] рассматривается следующий пример. Предположим, что мы (центр в

нашей терминологии) наблюдаем за тем, как муравей (агент в нашей терминологии) движется по песку из одной точки в другую.

Целью муравья может быть стремление минимизировать затраты своей энергии, поэтому он огибает горки песка, иногда поворачивает назад и т. п. Его «целевая функция» характеризует зависимость затрат энергии, которые он хочет минимизировать, от рельефа (внешней среды), его траектории (действия)...

Пусть мы наблюдаем только проекцию ( $z$ ) на горизонтальную плоскость траектории муравья ( $y$ ). Если рельеф ( $\theta$ ), по которому двигался муравей, неизвестен (множество  $\Omega_0$  состоит из единственной точки), то объяснить поведение муравья (сложную, петляющую траекторию) довольно непросто.

Г. Саймон делает вывод, что наблюдаемое разнообразие и сложность поведения людей объясняются не сложностью принципов принятия ими решений, которые сами по себе просты, а разнообразием ситуаций ( $\theta$ ), в которых принимаются решения. С этим мнением вполне можно согласиться.

Пример 2. Еще один качественный пример дают исследования двух нобелевских лауреатов Д. Канемана и А. Тверского по математической психологии [24], которые привели множество экспериментальных подтверждений «нерациональности» поведения человека. Наиболее известным является, наверное, нетранзитивность предпочтений: субъект утверждает, что с его точки зрения объект А «лучше» объекта В, объект В лучше объекта С, но объект С лучше объекта А. Такие предпочтения не могут быть описаны ни одной действительной целевой функцией, заданной на множестве объектов. Одним из известных объяснений приведенного парадокса является многокритериальность предпочтений субъекта [17]. Другим объяснением — зависимость предпочтений от ненаблюдаемых в результате эксперимента или неучитываемых в целевой функции параметров (например — контекстно-зависимый выбор [21]). Оба этих объяснения вполне укладываются в рассматриваемую модель рис. 3.

Пример 3. Приведем пример, когда «восстановление» модели принятия агентом решений возможно по результатам одного наблюдения. Пусть  $f(y, u, \theta, r) = u \theta y - y^2 / 2 r$ ,  $A = B = \Omega = \mathbb{R}_+^1$ ,  $U = [0; 1]$ , а  $F(\cdot)$  и  $G(\cdot)$  — тождественные операторы. Содержательная «экономическая» интерпретация такова: агент выбирает объем

выпуска продукции  $y \geq 0$ , получает доход от продажи ее по рыночной цене  $\lambda$ , платит налог — долю  $(1 - u) \in [0; 1]$  от выручки и несет затраты  $y^2/2r$ , зависящие от эффективности  $r$  производства. Легко видеть, что целевая функция агента имеет единственный максимум по его действию<sup>2</sup>:  $y^*(u, \theta, r) = u \theta r$ , наблюдая которое и зная  $\theta$  и  $u$ , центр может однозначно восстановить  $r = y^* / (\theta u)$ .

**Пример 4.** Пусть в условиях предыдущего примера действие агента является двумерным вектором  $y = (y_1, y_2)$ , его тип также является двумерным вектором:  $r = (r_1, r_2)$ , целевая функция агента имеет вид:  $f(y, u, \theta, r) = u \theta (y_1 + y_2) - y_1^2/2 r_1 - y_2^2/2 r_2$ , а  $z = y_1 + y_2$ . Например, агент может производить продукцию на двух станках, а центр наблюдает только суммарный объем выпуска. Тогда, по наблюдению  $z$ , зная  $\theta$  и  $u$ , центр может восстановить только сумму  $r_1 + r_2 = z / (\theta u)$ .

**Пример 5.** Мощным инструментом, расширяющим дескриптивные возможности теории игр [7], являются рефлексивные игры [16], которые дают возможность объяснить, почему агенты выбирают действия, которые не являются равновесиями в классическом смысле (например, равновесиями Нэша — ситуациями игры, одностороннее отклонение от которых не выгодно ни одному из игроков).

Пусть  $\theta = 1$ ,  $u = 1$ , имеются два агента с целевыми функциями (дуополия Курно)

$$f_i(y, r_i) = (1 - y_1 - y_2) y_i - y_i^2 / 2 r_i, \quad i = 1, 2.$$

Если типы агентов  $r_1$  и  $r_2$ , а также значение  $\theta$ , являются общим знанием [16], и это известно центру, то равновесием Нэша игры агентов будет вектор действий:

$$y_1^*(r_1, r_2) = \frac{r_1(1+r_2)}{2(r_1+r_2)+3r_1r_2+1}, \quad y_2^*(r_1, r_2) = \frac{r_2(1+r_1)}{2(r_1+r_2)+3r_1r_2+1}.$$

---

<sup>2</sup> Отметим, что мы не рассматриваем повторяющуюся игру между центром и агентом, в которой рациональный агент, зная принцип принятия решений центром, может выбрать действие, отличающееся от  $y^*$ , с тем, чтобы центр «восстановил» такое значение его типа, при котором управления в будущих периодах будут наиболее выгодны для агента.

Наблюдая этот вектор действий, центр может (если система уравнений имеет неотрицательное решение) найти вектор типов агентов.

Но, возможны ситуации, когда центру известен вектор типов агентов, а наблюдаемые им действия не являются равновесием Нэша. Например, пусть  $r_1 = 1$ ,  $r_2 = 2$ , тогда

$$y_1^*(r_1, r_2) = y_2^*(r_1, r_2) = 4/13.$$

Если при этом реальный выбор агентов, например  $(1/4; 1/3)$ , то этот факт можно объяснить тем, что у агентов неправильные представления о типах оппонента. Обозначим  $r_{12}$  — представления первого агента о типе второго,  $r_{21}$  — представления второго о типе первого. Решая систему уравнений

$$\frac{r_1(1+r_{12})}{2(r_1+r_{12})+3r_1r_{12}+1} = 1/4, \quad \frac{r_2(1+r_{21})}{2(r_{21}+r_2)+3r_{21}r_2+1} = 1/3,$$

находим  $r_{12} = 1/4$ ,  $r_{21} = 1/2$ . Таким образом, незначительно усложнив модель (то есть, наделив агентов рефлексией) получаем адекватное описание действительности.

Завершив рассмотрение примеров, обсудим возможные пути решения задачи построения модели принятия решений агентом (задачи идентификации его типа).

Фиксируем  $s \in \Omega_0$ . Обозначим:

$$\Theta(s) = \{\theta \in \Omega \mid F(\theta) = s\}, \quad Y(z) = \{y \in A \mid G(y) = z\}, \\ B_1(u, s, z) = \{r \in B \mid \exists \theta \in \Theta(s): \text{Arg max}_{y \in A} f(y, u, \theta, r) \subseteq Y(z)\}.$$

Если рассматривать  $u$  как входной сигнал, подаваемый центром на «вход» агента с целью идентификации типа последнего, то при  $u \in \hat{U}$  множество, которому заведомо принадлежит тип агента, есть

$$B_2(s, \hat{U}) = \bigcap_{u \in \hat{U}} B_1(u, s, z(u)),$$

где  $z(u)$  — наблюдаемый центром «выход», зависящий от «входа»  $u \in \hat{U}$  (напомним, что центр наблюдает тройки  $(s, u, z)$ ).

Если состояние природы принимает значения из множества  $\hat{\Omega}$ , и при каждом состоянии природы центр варьирует управления внутри множества  $\hat{U}$ , то, обозначая  $\hat{\Omega}_0 = \bigcup_{\theta \in \hat{\Omega}} F(\theta)$ , получим, что множество, которому заведомо принадлежит тип агента, есть

$$B_3(\hat{\Omega}, \hat{U}) = \bigcap_{s \in \hat{\Omega}_0} B_2(s, \hat{U}).$$

Основная сложность заключается в том, что множество  $B_1(u, s, z)$  нельзя найти в общем виде — в каждом конкретном случае необходимо соответствующее исследование (даже самая простая задача — как зависит множество максимумов функции от параметра — не является тривиальной).

#### **4. Проблема 2: проблема адекватности моделей и идентификации организационных систем**

Следует помнить, что исследователь имеет дело не с реальной системой, а с некоторой ее моделью, то есть ищет управление, оптимальное в исследуемой им модели. Поэтому правомерен вопрос об адекватности модели реальной (моделируемой) системе и, следовательно, возникает необходимость исследования зависимости решений изучаемых задач от начальных данных — параметров модели.

Действительно, представим себе следующую ситуацию. Пусть решена задача управления для некоторой модели ОС в предположении, что параметры модели достаточно точно соответствуют или максимально возможно в рамках данного описания близки к параметрам моделируемой системы. А что будет, если параметры модели «немного» отличаются от параметров реальной ОС? Получается, что задача управления решалась не для «той» организационной системы. Отрицать такую возможность, естественно, нельзя (см. также общее обсуждение в [10]). Поэтому необходимо получить ответы на следующие вопросы [13]:

- насколько оптимальное решение чувствительно к ошибкам описания модели, то есть, будут ли малые «возмущения» моде-

ли приводить к столь же малым изменениям оптимального решения (эта задача называется *задачей анализа устойчивости оптимального решения* по параметрам модели, точнее — *задачей анализа устойчивости принципа оптимальности*);

- будет ли управление, обладающее определенными свойствами в рамках модели (например, оптимальность, эффективность не ниже заданной и т. п.), обладать этими же свойствами и в реальной ОС, и насколько широк класс реальных систем, в которых данное управление еще обладает этими свойствами (эта задача называется *задачей анализа адекватности модели*).

Иначе говоря, необходимо исследовать, во-первых, корректность решаемых задач, то есть — устойчивость принципов оптимальности в изучаемых моделях и, во-вторых — адекватность моделей реальным системам.

Качественно, основная идея заключается в следующем. Эффективностью управления в известных на сегодняшний день моделях ОС является значение (гарантированное или максимальное) целевой функции центра на множестве тех действий агентов, которые им выгодно выбирать при использовании центром данного управления (см. рис. 1 и 3). С таким критерием эффективности задача синтеза оптимального управления (управленческого решения) заключается в поиске допустимого управления, имеющего максимальную эффективность.

Использование оптимальных (в определенном выше смысле) решений приводит к тому, что они, как правило, оказываются неоптимальными при малых вариациях параметров модели. Возможным путем преодоления этого недостатка является расширение множества «оптимальных» решений за счет включения в него  $\varepsilon$ -оптимальных (приближенных решений, почти решений и т. п.). Оказывается, что такое ослабление понятия «оптимальность» (корректно называемое регуляризацией принципа оптимальности [12]) позволяет, установив взаимосвязь между возможной неточностью описания модели и величиной  $\varepsilon$ , гарантировать некоторый уровень эффективности множества решений в заданном классе реальных систем, то есть расширить класс гарантированной применимости решений за счет использования менее эффективных из них, нежели, чем оптимальные в классическом понимании. Иными словами, вместо рассмотрения фиксированной модели ОС, необходимо исследовать

семейство моделей. Для параметрического решения задачи управления на семействе моделей было предложено [13] использовать термин «*обобщенное решение задачи управления ОС*».

Поясним, что под этим понимается. На рисунке 4 представлены этапы решения задачи управления ОС.

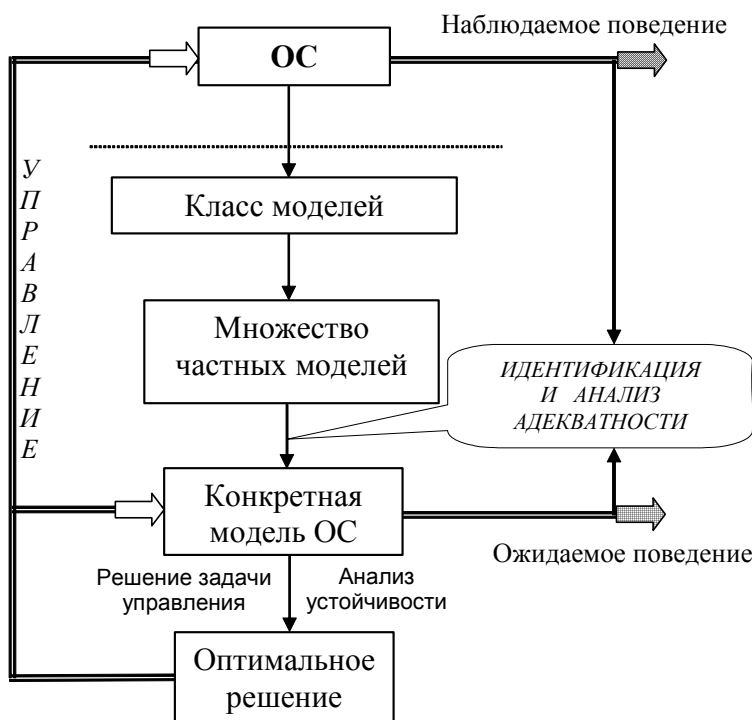


Рис. 4. Этапы решения задач управления ОС

Первым шагом является выбор класса моделей — того математического языка, на котором будет вестись описание. Следующим этапом по уровню детализации является построение множества частных моделей, при переходе к которым вводятся те или иные предположения относительно свойств параметров модели. После задания структуры модели посредством выбора определенных значений параметров (в том числе — числовых) — идентификации объекта — происходит переход к некоторой конкретной модели, которая считается аналогом моделируемого объекта.

Изучаемая в большинстве работ по устойчивости решений задач исследования операций [6, 12] проблема связана с «возмущениями», вызванными «ошибками измерения» и «вычислительными ошибками», и в большинстве случаев сводится к исследованию зависимости оптимального решения от параметров модели. Если эта зависимость является непрерывной, то малые ошибки на различных уровнях детализации приведут к малым отклонениям решения, оптимального в возмущенной модели, от «истинного». Тогда, решая задачу управления по приближенным данным, можно обоснованно говорить о нахождении приближенного решения.

Обсудим теперь, что мы будем понимать под адекватностью. Для этого вернемся к рис. 4. Оптимальное решение, полученное аналитически или вычисленное с использованием ЭВМ для конкретной модели, является оптимальным в том смысле, что при использовании данного управления поведение модели доставляет максимум (или обеспечивает некоторое значение) используемому критерию эффективности. Рассмотрим, насколько обоснованным является использование этого решения в реальной системе — моделируемом объекте.

Понятно, что в общем случае наблюдаемое поведение реальной ОС и ее предполагаемое поведение могут различаться достаточно сильно. Следовательно, необходимо исследование адекватности модели, то есть — устойчивости поведения не модели, а поведения реальной системы относительно «ошибок» моделирования.

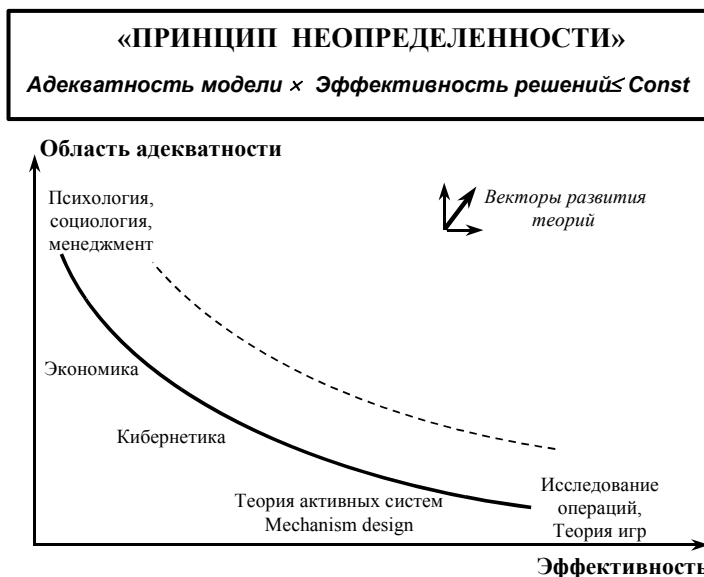
Для каждого решения (управления) можно, помимо его эффективности, использовать вторую характеристику — множество систем, в которых данное решение обладает заданной эффективностью. Это множество называют областью адекватности решения, а *областью адекватности модели* называют область адекватности решения, оптимального в рамках этой модели [12].

Если рассматривать не оптимальные, а  $\varepsilon$ -оптимальные решения, то с ростом  $\varepsilon$  — величины потерь эффективности, которой «жертвуют» по сравнению с оптимумом, расширяется область адекватности модели — множество тех реальных систем, в которых решение,  $\varepsilon$ -оптимальное в модели, также  $\varepsilon$ -оптимально.

Проблема адекватности моделей заключается в том, что, чем более эффективные решения можно предложить, тем в менее широком классе реальных систем их можно использовать — см. рис. 5. Возникает дилемма «область адекватности — эффектив-



ность решений»: чем шире область адекватности, тем ниже эффективность гарантированно оптимальных в этой области решений, и наоборот — чем выше требуемая эффективность, тем уже область адекватности решений.



**Рис. 5.** Дилемма «область адекватности — эффективность»

Эта дилемма не только имеет место при математическом моделировании, но и достаточно ярко показывает «позиции» различных наук, исследующих организационные системы (см. рис. 5): математика (исследование операций, теория игр и т. п.) дает эффективные решения, но область адекватности существенно ограничена теми четкими предположениями, которые вводятся при построении модели.

С другой стороны, гуманитарные науки почти не вводят предположений и предлагают «универсальные рецепты» (то есть область адекватности широка), но эффективность этих «рецептов» редко отличается от здравого смысла или обобщения позитивного практического опыта (ведь без соответствующего исследования нельзя дать никаких гарантий, что управленческое решение, ока-

завшееся эффективным в одной ситуации, будет столь же эффективным в другой, пусть даже очень «близкой», ситуации).

Один из способов разрешения упомянутой «дилеммы» с точки зрения математики известен — рассмотрение обобщенных решений [13], то есть параметрических семейств решений задачи управления организационной системой, в которых параметром являются «потери» в эффективности управления (относительно максимального значения), и для каждого из управлений явным образом указывается область реальных систем, в которых данное решение обладает заданной эффективностью. Такой подход к оптимизационным задачам был предложен и развит Д. А. Молодцовым [11, 12]. Отметим, что использование «почти-оптимальных» решений задачи управления может рассматриваться как формализация идеи ограниченной рациональности [18].

### ***5. Проблема 3: проблема решения задач анализа и синтеза оптимальных управлений***

На сегодняшний день в ТУОС выделены несколько типов управлений ОС (основание их классификации — та компонента модели ОС (не обязательно базовой модели, но и ее расширений [4, 5, 15]), которая изменяется под влиянием управляющих воздействий: состав, структура, ограничения и нормы деятельности, предпочтения, информированность) — соответственно, управление составом, управление структурой, институциональное управление, мотивационное управление и информационное управление [15].

Однако не все задачи (не для всех типов управлений) полностью исследованы — динамика развития теоретических представлений (оцениваемая экспертно «степень исследованности» по отношению к наиболее хорошо изученной базовой модели мотивационного управления) представлена на рис. 6 [14].

Несмотря на наметившийся в последнее время рост числа публикаций [14], свидетельствующий о росте интенсивности исследований, можно констатировать, что сегодня имеются существенные трудности как с выделением новых классов моделей ОС, так и с получением аналитических результатов исследования ряда извест-

ных моделей (см. рис. 6) — проблема решения задач анализа и синтеза оптимальных управлений.



**Рис. 6.** Динамика развития теории управления организационными системами

Выделенная проблема (решение задач управления) является внутренней задачей теории и может решаться (и решается) средствами самой теории в процессе эволюционного развития [9] последней.

## 6. Заключение

Таким образом, можно выделить три общие проблемы теории организационных систем:

1. Проблема создания новой парадигмы принятия решений;
2. Проблема адекватности моделей и идентификации организационных систем;
3. Проблема решения задач анализа и синтеза оптимальных управлений.

От успешного решения этих проблем зависит дальнейший прогресс теории управления организационными системами.

## Литература<sup>3</sup>

1. Автономов В. С. Модель человека в экономической науке. СПб.: Экономическая школа, 1998.
2. Бурков В. Н. Основы математической теории активных систем. М.: Наука, 1977.
3. Бурков В. Н., Емельянов С. В. Проблемы управления активными системами // Активные системы. М.: ИАТ, 1973.
4. Бурков В. Н., Новиков Д. А. Как управлять организациями. М.: Синтег, 2004.
5. Бурков В. Н., Новиков Д. А. Теория активных систем: состояние и перспективы. М.: Синтег, 1999.
6. Гермейер Ю. Б. Игры с непротивоположными интересами. М.: Наука, 1976.
7. Губко М. В., Новиков Д. А. Теория игр в управлении организационными системами. М.: Синтег, 2002.
8. Козелецкий Ю. Психологическая теория решений. М.: Прогресс, 1979.
9. Кун Т. Структура научных революций. М.: АСТ, 2001.
10. Курлев В. И., Лазарев Ф. В. Точность, истинность и рост научного знания. М.: Наука, 1988.
11. Молодцов Д. А. Теория мягких множеств. М.: Едиториал УРСС, 2004.
12. Молодцов Д. А. Устойчивость принципов оптимальности. М.: Наука, 1987.
13. Новиков Д. А. Обобщенные решения задач стимулирования в активных системах. М.: ИПУ РАН, 1998.
14. Новиков Д. А. Состояние и перспективы теории активных систем // Управление большими системами. М.: ИПУ РАН. Выпуск 9. 2004. С. 7–26.
15. Новиков Д. А. Теория управления организационными системами: вводный курс. М.: МПСИ, 2005.
16. Новиков Д. А., Чхартишвили А. Г. Рефлексивные игры. М.: Синтег, 2003.
17. Подиновский В. В., Ногин В. Д. Парето оптимальные решения многокритериальных задач. М.: Наука, 1982.
18. Саймон Г. Науки об искусственном. М.: Мир, 1972.

---

<sup>3</sup> Литературу (в электронном виде), а также обзоры и библиографию работ по теории управления организационными системами, можно найти на сайте [www.mtas.ru](http://www.mtas.ru).

19. Смолян Г. Л., Тоболев К. В. Человеческий фактор в системах управления. М.: Знание, 1974.
20. Шибанов Г. П. Количественная оценка деятельности человека в системах человек-техника. М.: Машиностроение, 1983. 263 с.
21. Aleskerov F., Monjardet B. Utility maximization, choice and preference. Berlin: Springer, 2002.
22. Burkov V. N., Lerner A. Ya. Fairplay in control of active systems // Differential games and related topics. Amsterdam, London: North-Holland Publishing Company, 1971. P. 164–168.
23. Hart O. D., Holmstrom B. Theory of Contracts // Advances in economic theory. 5-th world congress. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1987. pp. 71–155.
24. Kahneman D., Tversky A. Judgment under uncertainty: heuristics and biases. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.
25. Mas-Collel A., Whinston M. D., Green J. R. Microeconomic theory. N. Y.: Oxford Univ. Press, 1995.

### ***Сведения об авторе:***

Новиков Дмитрий Александрович — доктор технических наук, профессор, заместитель директора Института проблем управления РАН, 334-79-65, novikov@ipu.ru, www.mtas.ru

# Субъективность в стратегическом управлении

---

*Э. А. Трахтенгерц*

Рассматривается роль субъективных оценок руководителей в выборе и осуществлении стратегий, вызванными эволюцией требований рынка, ростом сложности задач, развитием систем управления и связанными с этим изменениями в менталитете руководителей.

Нет ничего более трудного, чем браться за новое, ничего более рискованного, чем направлять и более неопределенного, чем возглавлять создание нового порядка вещей, потому что яростными противниками нововведений будут выступать те, кому хорошо жилось при старом порядке вещей, а робкими защитниками — те, кому будет хорошо при новом.

*Н. Маккиавели*

## 1. Введение

В XVI веке, когда экономическая ситуация в мире была относительно стабильная, Маккиавели мог давать своему государю такие советы. Но чрезвычайный динамизм экономических, политических и социальных процессов современного мира, все возрастающая сложность этих процессов часто требует изменения порядка вещей и модернизации методики принятия управленческих решений.

Одна из составляющих этой модернизации — умение достаточно быстро принять чрезвычайные для организации меры при резком и неожиданном изменении обстановки.

При этом скорость и адекватность принятия решений, а также их реализация в фирме (или любой другой организации) должна

соответствовать скорости и глубине изменений, происходящих в мире.

Эти изменения могут носить такой характер, что чисто оперативными воздействиями в русле принятых правил (например, небольшим снижением продажной цены, некоторым улучшением качества и т. п.) противостоять им уже невозможно. Необходимы решения о кардинальных изменениях, например: введение новых технологий, смена моделей или типов продукции, перевод своих магазинов из центра в пригородные районы (сегодня это обычное явление, а в конце 70-х годов было революционным) и т. п.

Для принятия подобных решений необходимо, чтобы:

- система мониторинга и анализа его результатов своевременно предупреждала руководство о возникающих изменениях или неожиданном резком изменении обстановки, которые могут потребовать серьезных изменений в деятельности организации;
- руководство сумело вовремя провести прогностический анализ, понять характер возникающих или неожиданно возникших угроз и на основании его результатов сгенерировать возможные меры противодействия, оценить их, проранжировать, выбрать наиболее эффективные и реализовать их.

Решения о кардинальных изменениях деятельности фирмы, вызванные изменениями во внешней среде и внутри фирмы (или организации другого типа), в настоящее время называют стратегическими решениями.

Понятие «стратегия» вошло в управленческую терминологию западного бизнеса в 50-е годы прошлого века, когда проблема реакции на неожиданные изменения во внешней среде стала приобретать все большее значение. Вначале оно вызывало недоумение, т. к. общеупотребительный смысл этого термина в то время был, согласно словарю Вебстера, «наука и искусство планирования боевых операций большого масштаба». Постепенно термин стал общеупотребительным в бизнесе и других видов деятельности [1].

Для перехода от термина «стратегия» к понятию «стратегическое управление» руководству бизнеса потребовалось более 20 лет. Под стратегическим стали понимать управление фирмой (или организацией другого типа):

- учитывающее в процессе мониторинга существующие и возникающие угрозы, требования к организации и открывающиеся новые возможности сложного внешнего мира;
- адаптирующее в процессе принятия и реализации управленческих решений функционирование фирмы к многообразным опасным и благоприятным изменениям, происходящим как во внешнем мире, так и в самой фирме.

Сущность перехода от оперативного управления к стратегическому заключалась в переносе центра внимания высшего руководства на сложную внешнюю среду для того, чтобы соответствующим образом и своевременно реагировать на происходящие в ней изменения.

Стратегическое управление определяет в каждый данный момент, какие решения должна принимать и реализовывать организация в настоящем, чтобы достичь поставленной цели в будущем, исходя из того, что как окружающая среда, так и условия функционирования организации будут изменяться.

При стратегическом управлении необходимо учитывать следующие опасности:

- резко усиливаются негативные последствия ошибок в выборе стратегии и ее реализации. В условиях, когда в сжатые сроки создаются совершенно новые продукты, кардинально меняются направления вложений и возникают новые возможности, а старые, существовавшие много лет, исчезают, цена расплаты за ошибки в выборе и реализации стратегии может быть роковой;
- не срабатывают рутинные, привычные процедуры и схемы;
- возникает серьезное сопротивление переменам, вызывающим непредвиденные отсрочки, дополнительные расходы и нестабильность процесса стратегических изменений. Как заметил еще Маккиавели: «Сопротивление переменам пропорционально силе ломки культуры и структуры власти, происходящей из-за перемен».

Несмотря на эти опасности метод, стратегического управления оказался мощным, хотя и сложным оружием, с помощью которого фирма может противостоять быстро меняющимся условиям внешнего и внутреннего (для фирмы) мира. Возрастающая сложность и



изменчивость происходящих в нем процессов привела к возникновению тесной динамической связи между оперативным и стратегическим управлением и их взаимовлиянию.

Естественно, что в условиях стратегического управления при резко возрастающем факторе неопределенности субъективные оценки руководителя при принятии управленческих решений могут сыграть решающую роль.

## ***2. Эволюция требований рынка и сложности задач, возникающих перед фирмами***

Начало современного предпринимательства обычно относят к первой трети XIX в. Технической основой для его быстрого развития была так называемая промышленная революция: появление паровой машины, бессемеровский процесс выплавки стали, вулканизация резины и т. п. В это же время сформировалась новая форма экономической организации — деловое предприятие, получившее название фирмы. В дальнейшем, по мере своего развития, группы фирм объединялись в более крупные экономические системы: корпорации, холдинги и т. п.

Дальнейшее развитие промышленности привело к тому, что начало XX века до 30-х годов получило название эпохи массового производства. Фирмы стремились выпускать как можно больше в основном типовой продукции по наиболее низкой цене. Характеристики и номенклатура продукции менялись относительно медленно. Внутренние связи и условия работы внутри фирмы были достаточно стабильны. Победителем, завоевавшим большую долю рынка, становился тот, кто при стандартном качестве продавал свою продукцию дешевле. Государство вмешивалось в предпринимательскую деятельность относительно редко, хотя во многих странах уже существовало трудовое и протекционистское законодательство.

Однако к началу 30-х годов спрос на основные потребительские товары стал близок к насыщению. По мере роста благосостояния потребитель стал искать большего, чем удовлетворения основных потребностей. Спрос на типовую, массовую стандартную

продукцию начал падать и баланс успеха стал склоняться в сторону фирм, приступивших к изучению потребностей рынка и начавших выпускать продукцию, отвечающую его запросам. В фирмах, выпускающих технологически сложную продукцию, появились лаборатории для научных исследований и опытных разработок, т. е. для завоевания рынка фирмы начали создавать качественно новую продукцию. Естественно, это вызвало усложнение методов управления фирмой.

С середины 50-х годов началось ускоренное изменение структуры, границ и динамики предпринимательства. Эти изменения оказались такими серьезными, что некоторые авторы начали называть этот период «эпохой без закономерностей», но устоявшимся названием периода стало «постиндустриальная эпоха». Эта эпоха характеризовалась совершенно новой обстановкой: ростом инфляции, возрастающими ограничениями со стороны государства, все более высокими требованиями потребителей, вторжением иностранных конкурентов, технологическими прорывами, меняющейся трудовой моралью и т. п.

Накопленный научный и промышленный потенциал позволил относительно быстро разрабатывать новые высокоэффективные технологии, изменяющие характер производства. Усилилась конкуренция, усилилась роль государственного управления, возросло значение и влияние социального фактора. Все это привело к резкому усложнению как производственных процессов, так и внешнего мира, в котором функционирует фирма. Мир стал нестабилен и опасен в связи с крайней уязвимостью мегаполисов, техносферы, глобальными климатическими изменениями и т. п.

После Второй мировой войны все большую роль в экономике стал играть военно-промышленный комплекс (ВПК), поглощая значительные ресурсы экономически развитых государств. Кажется, первым из крупных государственных деятелей, публично заявивших об опасности ВПК для развития своих стран, был президент США Эйзенхауэр.

Роль ВПК в XX веке была так велика, что основной задачей науки XX века многие авторы [2] считают создание систем вооружения и средств защиты. Бурное развитие большинства естественных наук связано в первую очередь с созданием новых видов вооружений. По оценкам ученых в XX в. более половины фундаментальных исследований в развитых странах инициирова-

лось потребностями военно-промышленных комплексов этих государств.

Технический прогресс, большую роль в котором сыграли так называемые двойные технологии, т. е. технологии, которые могут использоваться как для военных, так и для гражданских целей, коренным образом изменил как спрос, так и предложение. Огромные инвестиции в научно-технические исследования и разработки породили множество отраслей, основанных на новых технологиях, подавлявших устаревающие производства.

Мир стал настолько сложен и опасен, что, по мнению многих специалистов, в XXI веке одной из главных задач науки будет управление риском и безопасностью сложных систем [2]. Изменилась и цель промышленности. Если в XX веке промышленность стремилась производить больше и разнообразней, то в XXI веке она будет стремиться производить дешевле и экономичнее [3]. Стратегия расширенного воспроизводства, под знаком которой прошли два предыдущих века, себя исчерпала. В XXI веке на первый план выходит стабилизация [2].

Все это, естественно, резко усложнило мониторинг и анализ обстановки на рынке, не говоря уже об адаптации фирм к требованиям внешней среды.

Фундаментальной причиной перемен стало изменение уровня обеспеченности общества: от удовлетворения основных потребностей и удобства физического существования в эпоху массового производства до наступившего благосостояния в постиндустриальный период [1].

В этот последний период потребители ждут от своих покупок большего удовольствия, наемные работники хотят высокого удовлетворения запросов личности, а общество в целом — большей социальной ответственности фирм (например, в области экологии, безопасности производимых товаров и т. п.). Под влиянием интернационализации предпринимательской деятельности, нехватки ресурсов и ускорения технического прогресса конкуренция ожесточается. Из-за появления новых незнакомых технологий, неожиданных конкурентов, непривычных запросов потребителей и новых рамок государственного и социального контроля проблемы производства и сбыта усложняются.

В таблице 1 показана эволюция некоторых задач производства в разные периоды его развития.

Таблица 1

Задачи производства в период		
промышленной революции	массового производства	постиндустриальный
Производственные критерии эффективности	Рыночные критерии эффективности	Рыночно-производственные критерии эффективности
Стабильное удовлетворение спроса на предметы первой необходимости	Удовлетворение дифференцированного спроса	Реализация стратегии неожиданностей
	Развитие отраслей на базе новых технологий	
	Насыщение спроса для отраслей периода промышленной революции	Использование двойных технологий
	Рынки индустрии досуга	Ограничение роста производства
	Развитие международных рынков	Удовлетворение возросших требований рынка
		Адаптация к изменению характера труда
	Борьба с загрязнением среды отходами производства	Передача функции принятия решений на низшие уровни системы управления
		Адаптация к глобализации экономики

В табл. 2 показано изменение задач, возникающих перед фирмой, рассмотренных с точки зрения трех критериев: степени прибыльности, темпа изменений и прогнозируемости [1].

Из сказанного напрашиваются следующие выводы. Число новых задач, обусловленных все убыстряющимися изменениями внешней среды и внутреннего состояния фирмы, неуклонно возрастает. Многие из них имеют принципиальный характер и не могут быть решены на основе имеющегося опыта, что приводит к даль-

нейшему усложнению управленческих проблем и порождает увеличение нагрузки на всех уровнях управления фирмой, резко увеличивает роль субъективности в принимаемых решениях.

Таблица 2

Характеристики	Периоды				
	1900	1930	1950	1970	1990
Степень привычности задач фирмы	Привычные	В пределах экстраполяции опыта	Неожиданные, но имеющие аналогии в прошлом		Неожиданные и совершенно новые
Темп изменений требований рынка	Медленнее, чем реакция фирмы	Сравнимый с реакцией фирмы		Быстрее, чем реакция фирмы	
Предсказуемость будущего	По аналогии с прошлым	Путем экстраполяции		Предсказуемость серьезных проблем и новых возможностей	Частичная предсказуемость

Новые задачи возникают все чаще и могут требовать для своей реализации не только оперативных, но и стратегических решений. Поскольку сохранение существующей экономико-технологической системы может привести к деградации и катастрофе, как в результате истощения ресурсов, так и вследствие загрязнения окружающей среды, то возможно создание новых в некоторых случаях гигантских отраслей промышленности, в частности связанных с рекультивацией земли и переработкой уже накопленных отходов [4]. Отсутствие опыта в новых областях усиливает влияние роли субъективных оценок на всех уровнях принятия решений.

Для преодоления уже возникших и вновь возникающих трудностей необходимо ускорить процесс внедрения вычислительной техники в системе управления.

### ***3. Неопределенность ситуаций, субъективность оценок и индивидуальность руководителя***

Одной из серьезных трудностей, возникающих при практической реализации систем поддержки принятия решений, является проблема неопределенности [5]. Смысл термина заключался в том, что руководитель не знает или не может точно оценить состояние окружающей среды и результаты, проистекающие из нахождения среды в этом состоянии.

С этой точки зрения задачи принятия решений, можно подразделить на [6]:

- задачи, для которых характерна возможность объективной оценки результата решения или хотя бы сравнительной оценки двух решений, например, выбор аэродинамических форм летательных аппаратов;
- задачи, для которых такая объективная оценка результатов решения отсутствует, и ее заменяют экспертные оценки специалистов. Это связано с появлением в этих задачах фактора неопределенности, который «объективно» измерить трудно или невозможно.

Примерами задач второго типа являются принятие экономических и политических решений, большинство задач предварительного проектирования (хотя там есть расчеты, но лишь ориентировочные) и т. п. Для этих задач характерна субъективная оценка человеком качества решения и участие человека в выработке решения. В задачах этого типа необходимо обеспечить выбор решения  $d$  (или комбинации решений) из возможного множества решений  $D$  при условии, что последствия принятия решения  $d$  зависят от неизвестной величины  $w$  состояния мира  $W$  [7]. В этом случае неопределенность порождает как субъективность восприятия и оценки ситуации человеком, так и неполнота его знаний о

ситуации. Таким образом, неопределенность является неотъемлемой частью процессов принятия решений.

Неопределенности часто разделяют на три класса [8]: неопределенности, связанные с неполнотой наших знаний о проблеме, по которой принимается решение; неопределенность, связанная с невозможностью точного учета реакции окружающей среды на наши действия, и, наконец, неточное понимание своих целей лицом, принимающим решения. Свести задачи с подобными неопределенностями к точно поставленным целям нельзя в принципе [8]. Для этого надо «снять» неопределенности. Способом снятия этих неопределенностей в процессе принятия решений является субъективная оценка руководителем (экспертом) создавшейся ситуации (варианта решения) на основе его знаний, опыта и интуиции.

Неопределенность, связанную с невозможностью точного учета реакции окружающей среды на наши действия, можно подразделить на внешнюю, внутреннюю [9] и личную [10].

Внешняя неопределенность связана с факторами, находящимися в очень слабой степени зависимости от воли руководителя или вне его контроля. Точная оценка и прогноз влияния этих факторов на решаемую проблему затруднительна. Это поведение конкурентов, в некоторых случаях, действия властных структур, характер спроса и т. п. Правильная оценка этих факторов имеет важнейшее значение. Как правило, она производится с учетом (или на основе) субъективного опыта и интуиции руководителя.

Внутренняя неопределенность связана с факторами, на которые руководитель может оказать достаточно сильное влияние. Сюда относятся: эффективность системы управления в организации, количество и качество ресурсов, квалификация специалистов и т. п. Оценка каждой из этих составляющих в значительной степени также производится на основе субъективных оценок и предпочтений руководителя.

Личная неопределенность связана с колебаниями в выборе средств достижения цели, сомнениями в выборе и оценке критериев, выбором математических моделей и т. п. Этот вид неопределенности преодолевается руководителем или экспертом на основе своего субъективного опыта, образования и привычек, а выражается в субъективных оценках и предпочтениях.

Личная неопределенность может быть связана:

- с сомнениями одного руководителя. Она может быть уменьшена оценками вариантов решений (вариантов средств достижения цели), сделанными по его предпочтениям. Некоторые методы таких оценок и возникшие при этом неопределенности рассмотрены ниже;
- с необходимостью принятия групповых решений, вызванную различными взглядами членов группы на проблему. Этот вид неопределенности может быть снят согласованием решений.

Явление неопределенности породило понятие «неопределенного» числа, позволяющего характеризовать степень неопределенности. Известно три типа таких чисел: случайные, нечеткие и интервальные [11].

Чем больше степень неопределенности, тем большее значение в процессе принятия решений имеет субъективная оценка руководителя. Субъективная оценка руководителя — это оценка, сделанная им на основе собственного опыта, интуиции, предпочтения или интереса, а не на основе абсолютно точного знания.

Таким образом, руководитель или эксперт вынужден исходить из своих субъективных представлений об эффективности возможных альтернатив и важности различных критериев. Эта субъективная оценка оказалась в настоящее время единственно возможной основой объединения разнородных физических параметров решаемой проблемы в единую модель, позволяющую оценивать варианты решений [12]. В этой субъективности нет ничего плохого. Опытные руководители хорошо осознают сколько личного и субъективного они вносят в принимаемые стратегические решения. С другой стороны, об успехах и неудачах большинства решений люди могут судить исходя только из своих субъективных предпочтений и представлений. Таким образом, субъективные оценки должны восприниматься формальным анализом в качестве входных данных. При этом, естественно, полученные результаты также должны восприниматься как субъективные. Поясню это примером.

Хорошо известно, что когда войска Юлия Цезаря перед решительным боем оказались прижатыми к водной преграде, он приказал сжечь корабли, перевозившие войска через водную преграду. Тем самым Цезарь показал войску, что отступления не будет, и у воинов остался выбор «победа или смерть». Смею предположить, что если бы на месте Цезаря войсками командовал Кутузов, он при-



казал бы создать дополнительные средства переправы, чтобы в случае неудачи сохранить остатки армии, впоследствии усилить ее и снова ударить по врагу. Его концепция заключалась в том, чтобы не допустить уничтожения своей армии противником. Примеры таких различных оценок вариантов решений в одной и той же ситуации очень крупными и опытными специалистами можно видеть достаточно часто. Давая диаметрально противоположные оценки, оба руководителя могут быть по-своему правы. Каждый из них мог бы достичь успеха, используя свой метод, свои возможности свои особенности мышления.

Признанием фактора субъективности оценки руководителя в принятии решения нарушен фундаментальный принцип методологии исследования операций: поиск объективно оптимального решения. Признание права на субъективность решения в рамках данной модели и аксиоматики есть признак появления новой парадигмы, характерной для другого научного направления — принятия решений при многих критериях и оценке субъективной функции полезности или, как ее часто называют, функцией предпочтения [12].

Однако при принятии решений по многим критериям существует и объективная составляющая. Обычно эта составляющая включает в себя ограничения, накладываемые внешней средой на возможные решения (наличие ресурсов, временные ограничения, экологические требования, социальная обстановка и т. п.) и объективные законы развития управляемого процесса, если они известны.

Сегодняшняя политическая и экономическая жизнь страны дает яркий пример того как, провозглашая одни и те же цели, различные лидеры предлагают для их достижения самые противоречивые стратегии. Во многих случаях это значит, что за одними и теми же словами скрывается различное понимание целей и средств их достижения.

#### ***4. Субъективность в выборе стратегии реализации цели***

Процесс выработки стратегии не завершается каким-либо немедленным действием. Обычно он заканчивается установлением

общих направлений, продвижение по которым обеспечит рост и укрепление позиций фирмы.

Роль стратегии состоит в том, чтобы, во-первых, помочь сосредоточить внимание на определенных последовательностях действий (сценариях), условиях и возможностях; во-вторых, отбросить все сценарии, несовместимые с выбранной стратегией. Необходимость в реализуемой стратегии может отпасть, как только реальный ход развития выведет организацию на желательные результаты.

Выработке стратегий, их реализации и смене в современных системах управления уделяется все большее внимание [13].

Успешность выполнения цели в значительной степени зависит от правильности выбора стратегии ее реализации. Связь между целью (или целями) и реализующими их стратегиями покажем на примере американского плана Comprehensive National Energy Strategy [14]. В документе указано пять целей и стратегий их достижения. Остановимся на первых двух.

*Цель А. Повышение эффективности энергетических систем.*

*Стратегии:*

- 1) улучшение законодательства по реструктуризации электроэнергетики;
- 2) развитие передовых средств добычи угля и газа;
- 3) совершенствование существующих атомных станций;
- 4) создание более эффективных промышленных и строительных технологий, а также технологий транспортировки товаров;
- 5) повышение эффективности Федерального использования энергии за счет использования новых и усовершенствования существующих технологий.

*Цель В. Защита экономики от внешних угроз срыва поставок или отказа инфраструктуры.*

*Стратегии:*

- 1) стабилизация отечественного производства;
- 2) поддержание уровня стратегических резервов нефти;
- 3) диверсификация импортных источников нефти;
- 4) сокращение потребления;
- 5) повышение надежности, гибкости и толерантности энергосистемы к чрезвычайным ситуациям.

В табл. 3 [15] приведен список возможных стратегий, считающихся, по мнению авторов, типичными в бизнесе, и показана мотивация их применения.

Таблица 3

№ п/п	Наименование стратегии	Мотивация применения стратегии
1	Освобождение от одного или нескольких видов деятельности	1. Концентрация на оставшихся видах 2. Отказ от конкурентной борьбы в этих видах деятельности 3. Сокращение расходов 4. Перераспределение средств
2	Занятие одним или несколькими новыми видами деятельности	1. Следование политики конкурентов 2. Потеря конкурентоспособности на занимаемом сегменте рынка 3. Стремление к захвату новых сегментов рынка 4. Диверсификация деятельности 5. Диверсификация расходов
3	Усиление специализации в успешных видах деятельности	1. Концентрация сил и средств на относительно узком виде деятельности
4	Приобретение фирм, действующих в других областях экономики или рынка	1. Диверсификация производства 2. Диверсификация рисков 3. Поиск новых рынков
5	Приобретение фирм-поставщиков и/или фирм-посредников	1. Завоевание монопольного положения у конечных потребителей 2. Снижение стоимости продукции
6	Освоение новых технологий	1. Улучшение качества продукции 2. Освоение новых областей деятельности
7	Применение освоенных или разработанных технологий в новых областях экономики	1. Борьба с конкурентами 2. Завоевание новых секторов рынка 3. Выпуск продукции более дешевой и/или качественной, чем у конкурентов

Окончание таблицы 3

№ п/п	Наименование стратегии	Мотивация применения стратегии
8	Приобретение фирм, обладающих новыми для приобретающей компании знаниями и умением (технологиями)	1. Использование приобретенных знаний и технологий в традиционных отраслях экономики
9	Приобретение фирм, занимающихся теми же видами деятельности, что и приобретающая их компания	1. Борьба с конкурентами 2. Захват новых секторов рынка или его монополизация

Такие списки могут оказаться полезными, напоминая руководителям о стратегиях, использовавшихся раньше и, расширяя поле выбора за счет стратегий, которые вносились в этот список в процессе анализа действий конкурентов и партнеров. Этот список может быть расширен за счет новых стратегий, предложенных руководителем и экспертом.

Для выбора стратегии по каждой цели система поддержки принятия решений (СППР) преобразует табл. 3 к виду, представленному в табл. 4.

Правый столбец табл. 4 повторяет второй столбец табл. 3, а левый вводит набор идентификаторов, которые будут использованы при построении грамматических правил.

Обратим внимание, что в табл. 3 одни и те же мотивы могут определять выбор различных стратегий. Этот факт нашел отражение и в табл. 4, в которой аналогичные мотивы выбора различных стратегий обозначены одними и теми же идентификаторами. В нашем случае идентификаторами  $r_1$  и  $r_2$ .

В табл. 3 выбор большинства стратегий определяется несколькими мотивами. Но руководитель или эксперт, выбирая стратегии, как на основе своих субъективных оценок, так и объективных данных, может исходить не из всех перечисленных в табл. 3 мотивов, а только из их части. Например, при выборе стратегии «освобождение от одного или нескольких видов деятельности» руководитель или эксперт возможно предпочтет мотивы, обозна-

ченные в табл. 4 как  $q_1$  и  $q_4$ , не учитывая мотивы  $q_2$  — «отказ от конкурентной борьбы в этих видах деятельности» и  $q_3$  — «сокращение расходов».

Таблица 4

Идентификаторы	Мотивация выбора стратегии
$q_1$ $q_2$ $q_3$ $q_4$	1. Концентрация на оставшихся видах 2. Отказ от конкурентной борьбы в этих видах деятельности 3. Сокращение расходов 4. Перераспределение средств
$p_1$ $p_2$ $p_3$ $p_4$ $p_5$	1. Следование политики конкурентов 2. Потеря конкурентоспособности на занимаемом сегменте рынка 3. Стремление к захвату новых сегментов рынка 4. Диверсификация деятельности 5. Диверсификация расходов
$m$	1. Концентрация сил и средств на относительно узком виде деятельности
$v_1$ $v_2$ $v_3$	1. Диверсификация производства 2. Диверсификация рисков 3. Поиск новых рынков
$s_1$ $s_2$	1. Завоевание монопольного положения у конечных потребителей 2. Снижение стоимости продукции
$u_1$ $u_2$	1. Улучшение качества продукции 2. Освоение новых областей деятельности
$r_1$ $r_2$ $r_3$	1. Борьба с конкурентами 2. Завоевание новых секторов рынка 3. Выпуск продукции более дешевой и/или качественной, чем у конкурентов
$t$	1. Использование приобретенных знаний и технологий в традиционных отраслях экономики
$r_1$ $r_2$	1. Борьба с конкурентами 2. Захват новых секторов рынка или его монополизацию

Исходя из этих соображений, грамматические правила, описывающие табл. 3, и сворачивающие мотивы выбора стратегии к определению стратегии могут иметь следующий вид:

1. Освобождение от одного или нескольких видов деятельности  
 $\leftarrow q_1 q_2 q_3 q_4 \mid q_1 q_2 q_4 \mid q_1 q_3 \mid q_2 q_3 \mid q_2 q_3 q_4 \mid \dots$
2. Занятие одним или несколькими новыми видами деятельности  
 $\leftarrow p_1 p_2 p_3 p_4 p_5 \mid p_1 p_3 p_4 p_5 \mid p_1 p_3 p_4 \mid p_1 p_3 \mid p_2 \mid p_3 p_4 p_5 \mid p_3 p_4 \mid p_3 p_5$
3. Усиление специализации в успешных видах деятельности  $\leftarrow m$ .
4. Приобретение фирм, действующих в других областях экономики или рынка  $\leftarrow v_1 v_2 v_3 \mid v_1 v_2 \mid v_1 v_3 \mid v_2 \mid v_3$ .
5. Приобретение фирм-поставщиков и/или фирм-посредников  $\leftarrow s_1 s_2 \mid s_1 \mid s_2$ .
6. Освоение новых технологий  $\leftarrow u_1 u_2 \mid u_1 \mid u_2$ .
7. Применение освоенных или разработанных технологий в новых областях экономики  $\leftarrow r_1 r_2 r_3 \mid r_1 r_2 \mid r_1 r_3 \mid r_1 \mid r_2 \mid r_3$ .
8. Приобретение фирм, обладающих новыми для приобретающей компании знаниями и умением (технологиями)  $\leftarrow t$ .
9. Приобретение фирм, занимающихся теми же видами деятельности, что и приобретающая их компания  $\leftarrow r_1 r_2 \mid r_1 \mid r_2$ .

Методы построения и применения анализирующих грамматик хорошо известны и рассмотрены во многих работах, например, в [16]. Поэтому алгоритмы грамматического анализа и методы построения грамматик здесь не рассматриваются.

В качестве примера использования вычислительной техники рассмотрим выбор стратегии с помощью компьютерной системы поддержки принятия решений. Список стратегий для различных целей может совпадать (полностью или частично), но, возможно, что каждая цель будет реализовываться своими стратегиями. Поэтому для каждой цели СППР представляет директорам на дисплеях отдельную таблицу типа табл. 5 (табл. 5 — пример для цели «Увеличение прибыли») и просит сделать в каждой из них отметку об его выборе мотивов. Допустим, что директор отмечает два мотива: «Стремление к захвату новых сегментов рынка» и «Диверсификация

деятельности». СППР находит в списке правил выбора грамматическое правило, в котором есть правая часть  $p_3p_4$ , свертывает правую часть к названию стратегии «Занятие одним или несколькими новыми видами деятельности», и высвечивает его на дисплее директора. Аналогично могут быть определены другие стратегии.

Таблица 5

Мотивация применения стратегий для цели «Увеличение прибыли»	Отметка о выборе
1. Концентрация на оставшихся видах 2. Отказ от конкурентной борьбы в этих видах деятельности 3. Сокращение расходов 4. Перераспределение средств	
1. Следование политики конкурентов 2. Потеря конкурентоспособности на занимаемом сегменте рынка 3. Стремление к захвату новых сегментов рынка 4. Диверсификация деятельности 5. Диверсификация расходов	
1. Концентрация сил и средств на относительно узком виде деятельности	
1. Диверсификация производства 2. Диверсификация рисков 3. Поиск новых рынков	
1. Завоевание монопольного положения у конечных потребителей 2. Снижение стоимости продукции	
1. Улучшение качества продукции 2. Освоение новых областей деятельности	
1. Борьба с конкурентами 2. Завоевание новых секторов рынка 3. Выпуск продукции более дешевой и/или качественной, чем у конкурентов	
1. Использование приобретенных знаний и технологий в традиционных отраслях экономики	
1. Борьба с конкурентами 2. Захват новых секторов рынка или его монополизация	

Таким образом, исходя из мотивов выбора, СППР подсказывает руководителю или эксперту стратегию, которая соответствует этим мотивам. Конечно, руководитель может и сам, без помощи СППР назвать нужную ему стратегию.

Еще одно замечание. Правые части грамматических правил 7 и 9 частично совпадают. Это совпадение является отражением совпадений мотивов выбора этих двух стратегий. В тех случаях, когда руководитель указывает совпадающие мотивы, СППР выдает названия всех стратегий, у которых есть идентичные составляющие правых частей грамматических правил. Таким образом, пока еще на чисто интуитивном уровне формируется список возможных стратегий реализации каждой цели в соответствии с мотивами, которые выбрал руководитель.

Список стратегий должен быть согласован руководителями или экспертами. Согласование списка может осуществляться и различными процедурами:

- правом каждого эксперта вычеркивать любую стратегию;
- выбором стратегий, набравшим более 50 % голосов экспертов;
- запретом вычеркивания стратегий, но правом каждого эксперта расширять список стратегий и т. п.

Конечно, стратегии выбираются не только на интуитивном уровне. Обязательно учитываются экономические, производственные и т. п. факторы.

Основными показателями экономической эффективности, используемыми при оценке стратегий на основе денежного потока, являются:

- чистый дисконтированный доход — ЧДД (английская аббревиатура NPV — Net Present Value);
- внутренняя норма прибыли — ВНП (английская аббревиатура IRR — Internal Rate of Return);
- срок окупаемости с учетом дисконтирования — СО (английская аббревиатура PP — Payback Period);
- индекс доходности дисконтированных затрат — ИДДЗ (английская аббревиатура PI — Profitability Index).

Смысл основных показателей и «требований» к ним (критериев положительной оценки значения показателя) приведены в табл. 6 [17].



Таблица 6

Показатель	Смысл показателя	Критерий положительной оценки показателя	Алгоритм расчета
$NPV$	Превышение суммарных денежных поступлений над суммарными затратами для данной стратегии с учетом дисконтирования	$NPV > 0$	$NPV = -K + \sum_{t=1}^T \frac{R(t) - C(t)}{(1+E)^t}$
$IRR$	Такое положительное число $IRR$ , что при норме дисконта $E = IRR$ чистый дисконтированный доход от применения стратегии обращается в 0, при $E > IRR$ — отрицателен, при $E < IRR$ — положителен	$IRR > 0$	$-K + \sum_{t=1}^T \frac{R(t) - C(t)}{(1+E)^t} = 0$ <p><math>IRR</math> — положительный корень уравнения</p>
$PP$	Продолжительность временного периода от момента начала реализации стратегии до момента, начиная с которого величина текущего чистого дисконтированного дохода становится и в дальнейшем остается не отрицательной	$PP \leq T$ , $T$ — приемлемый для инвестора срок окупаемости инвестиционных ресурсов	<p>Минимальный отрезок времени <math>T</math>, начиная с которого выполняется неравенство:</p> $\sum_{t=1}^T \frac{R(t) - C(t)}{(1+E)^t} \geq 0$ $\geq \sum_{t=1}^T \frac{K_t}{(1+E)^t}$
$PI$	Отношение суммы дисконтированных денежных притоков к сумме дисконтированных денежных оттоков, показывает относительную величину $NPV$	$PI > 1$	$PI = \left( \sum_{t=1}^T \frac{R(t) - C(t)}{(1+E)^t} \right)$

В табл. 6  $K = \sum_{t=1}^T \frac{K_t}{(1+E)^t}$  — сумма дисконтированных капиталовложений;  $K_t$  — капиталовложения на  $t$ -м шаге;  $C(t)$  — затраты на  $t$ -м шаге при условии, что в них не входят капиталовложения;  $R(t)$  — результаты, достигаемые на  $t$ -м шаге,  $t$  — номер шага расчета;  $T$  — срок окупаемости;  $E$  — норма дисконта.

В [18] предлагается использовать комплексный показатель интегрированной экономической эффективности совместно с условием оптимальности срока окупаемости  $T$ , определяемым руководителем или экспертом:

$$\begin{cases} \mathfrak{D} = \sum_{t=1}^T (m_1 NPV + m_2 IRR + m_3 PI); \\ T — \text{optimum}, \end{cases} \quad (1)$$

Предполагается, что посредством весовых коэффициентов  $m_1$ ,  $m_2$  и  $m_3$  варьируется степень важности показателя. Значения коэффициентов эксперты и руководители часто определяют, исходя из своих субъективных представлений.

В табл. 7 [19] приведены результаты опроса крупнейших нефтегазовых компаний США о методах оценки финансовой эффективности. В ней поясняется смысл коэффициентов  $m_i$  в формуле (1).

Таблица 7

Наименование показателя, применяемого в методе расчета	Число компаний, применяющих метод	
	как основной	как вспомогательный
Внутренняя норма прибыли $IRR$	69	14
Чистый дисконтированный доход $NPV$	32	39
Другие критерии	12	21

Если метод применяется как основной, то значение соответствующего коэффициента  $m_i$  — большое, если метод применяется как

вспомогательный  $m_i$  — меньше, и если не применяется соответствующий  $m_i = 0$ . Конкретные значения  $m_i$  требуют согласования.

При оценке стратегии по экономическим показателям табл. 7, казалось бы, необходимо переходить от критериальных оценок к параметрическим данным. Хотя данные, обычно используемые в экономических оценках, по своей природе «объективные» и выражаются в денежных единицах и процентах, но коль скоро говорится о применении будущих стратегий, они, естественно, гипотетические. Их неопределенность и неизбежно связанная с ней субъективность оценок финансовых параметров позволяет использовать как параметрические данные, так и критериальные оценки экспертов с последующим согласованием. Ясно, что чем оригинальней стратегия в избранной области приложения, тем больше неопределенность исходных значений  $C(t)$ ,  $R(t)$ ,  $T$  и  $E$ , используемые в формулах табл. 6.

Окончательное решение по выбору стратегий руководитель может сделать, только оценивая конкретную ситуацию с учетом своих стратегических предпочтений. Поясним это положение на примере производства хорошо известных печатающих устройств. Первые принтеры на небольших вычислительных машинах были типа телеграфных печатающих аппаратов или просто аналогов пишущих машинок, а на больших — часто использовались принтеры барабанного типа. Барабанов было столько, сколько позиций символов на листе бумаги. На поверхности каждого барабана были нанесены все символы, которые могли быть воспроизведены в этом печатающем устройстве. В это же время в различных организациях в разных странах началась работа над игольчатыми, струйными и лазерными принтерами. Это были новые технологии. Некоторые фирмы в качестве стратегии своего развития осваивали один тип принтера, другие два или даже все три типа. Были фирмы, избравшие в качестве стратегии последовательное освоение разных типов принтеров. Завоевав значительный сектор рынка относительно дешевыми игольчатыми принтерами и сделав на них себе имя, они начали выпускать другие типы печатающих устройств. Понятно, что, выбирая ту или иную стратегию, фирма исходила из своих возможностей (кадровых, финансовых, производственных и т. п.), своих оценок секторов рынка и стратегий возможных конкурентов. Различие значений этих параметров и определило различие стратегий фирм. При этом, ко-

нечно, нельзя исключить ошибки в расчетах, оценках и выборах стратегий.

С точки зрения смены стратегий любопытна история известной фирмы SAAB. Ее аббревиатура происходит от шведского названия фирмы Svenska Aeroplan Aktive Bolag (Шведская авиастроительная корпорация). Она была создана в 1938 г. в предвидении опасности второй мировой войны для производства боевых самолетов шведских BBC. Этим она и занималась. В 1944 г. производство фирмы, предвидя близкое окончание войны, стало думать о диверсификации производства. Были выбраны две стратегии: производство пассажирских самолетов и производство легковых автомобилей.

К концу войны были запущены в производство две модели гражданских пассажирских самолетов и несколько позднее найден сектор на рынке автомобилей, в котором фирма стала успешно конкурировать, производя высококачественные автомобили.

Таким образом, своевременно и успешно меняя стратегию производства, фирма SAAB смогла завоевать заметное место в мировой экономике.

## **5. Эволюция систем управления**

Для крупных фирм, корпораций и ряда организаций другого типа характерны черты, которыми определяют сложные системы [20, 21]. Это вложенность, открытость, нелинейность взаимодействия их элементов, невозможность сосредоточить всю информацию о системе в одном элементе, наличие обратных связей, согласование элементами системы интегральной реакции на внешние и внутренние возмущения, непредсказуемость поведения в некоторых ситуациях и т. п.

Если рассматривать фирму как открытую систему, то можно прийти к выводу, что в период массового производства внутренне она была достаточно устойчива и могла систематически получать сильные внешние управляющие воздействия только от потребителей и поставщиков сырья и полуфабрикатов. Они казались достаточно стационарными. От государства воздействия приходили относительно редко и не всегда оказывали на фирму сильное влияние.

В постиндустриальную эпоху положение резко изменилось. Усилилась конкуренция, возникновение новых технологий стало

массовым явлением, появились товары с совершенно новыми свойствами, усилилось влияние государства и общества, в некоторых случаях кардинально снижающие эффективность работы фирм. Поэтому их положение стало менее стабильным, а роль руководителей и значение их субъективных оценок резко возросла.

Анализ эволюции задач, возникающих перед фирмами, и методов управления фирмами показал, что как задачи, так и методы постоянно усложнялись. Поэтому периодически возникали задачи преодоления этих барьеров сложности. Эта борьба «снаряда с броней» — сложности задач и сложности управления — привела в конце концов к созданию компьютерных систем поддержки принятия управленческих решений.

Эволюцию сложности систем управления фирмой можно очень схематично представить в виде рис. 1, на котором показаны как элементы управления, так и элементы производственной деятельности.

В правом столбце рис. 1 обратим внимание на блоки «Формирование стратегий» и «Оптимизация функционирования». Это новые шаги в деятельности фирм, представляющие особый интерес. О стратегиях уже говорилось в предыдущем разделе, а к оптимизации функционирования дадим краткое пояснение.

После второй мировой войны в экономике все шире стали применяться математические методы оптимизации, позволяющие найти лучшее решение при заданных ресурсных, экологических, социальных и других ограничениях. Были разработаны мощные экономико-математические модели, с помощью которых не только находились оптимальные решения при заданных исходных данных, но в тех случаях, когда это возможно, варьировались сами исходные данные в поиске лучших стартовых условий. Толчком к широкому применению этих методов послужило привлечение впервые в истории ученых к оптимальному выбору целей англо-американской авиации и решению некоторых военных задач.

Управление фирмой в быстроменяющемся мире в условиях жесткой конкуренции и все усложняющихся маркетинговых, производственных и экономических процессов стало невозможно без использования компьютерных средств. Во второй половине XX века в системы управления стала интенсивно внедряться вычислительная техника. Сегодня трудно себе представить организации от маленькой фирмы до транснациональной корпорации, в которых бы в том

или ином виде не использовались вычислительные комплексы для решения управленческих задач.



Рис. 1

На рис. 2 показана схема компьютерной обработки информации в небольшой современной фирме.

Цифры обозначают: 1 — отдел продаж; 2 — финансовый отдел, 3 — бухгалтерия, 4 — договорной отдел, 5 — склад, 6 — производственный цех. Остальные подразделения не обозначены. Стрелкой с одной линией показаны информационные связи, стрелкой с двумя линиями — воздействия, оказываемые на фирму и фирмой.

Использование компьютерных систем для задач управления породило два взаимно проникающих процесса:

- все усложняющиеся задачи управления представляют все большие требования к аппаратным и программным средствам;
- вычислительные комплексы, используемые в системах управления, оказывают все большее влияние на структуры и методы управления фирм и корпораций.

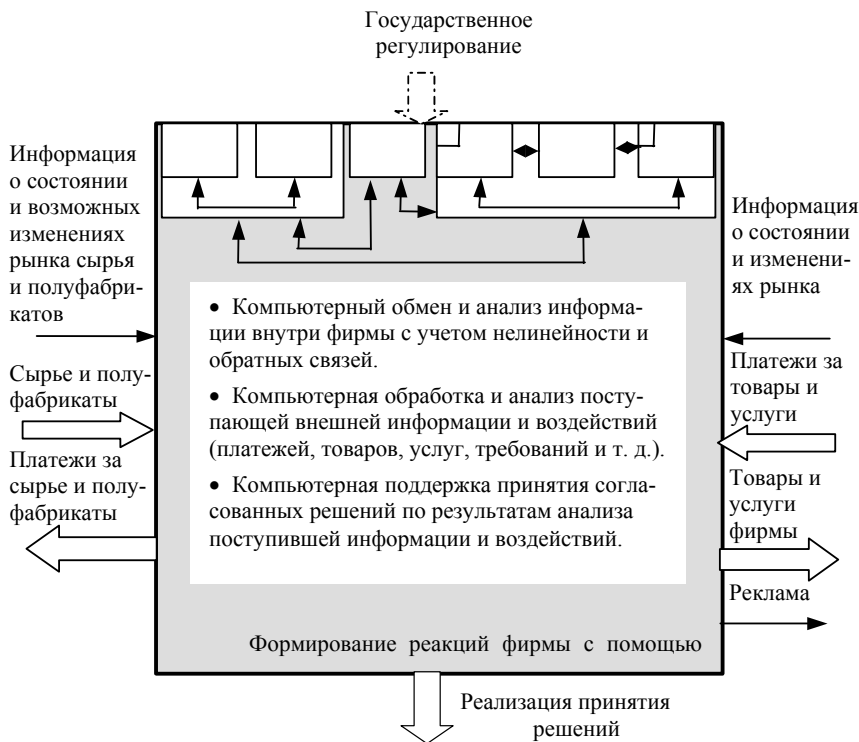


Рис. 2

Эволюция методов управления показана в табл. 8 [1].

Из таблицы видно, что сменявшие друг друга системы рассчитывались на растущий уровень нестабильности и, в особенности, на все большую непривычность событий и все меньшую предсказуемость будущего.

Как следует из таблицы, можно выделить четыре этапа в развитии этих систем.

Таблица 8

Периоды	1900	1930	1950	1970	1990
Предсказуемость будущего	Привычно		Поддается экстраполяции	Неожиданно, но узнаваемо	Неожиданно и неузнаваемо
Будущее есть повторение прошлого	<b>Управление на основе контроля</b>				
Будущее предсказуемо			<b>Управление на основе экстраполяции</b>		
Предсказуемы только проблемы и новые возможности				<b>Управление на основе предвидения изменений</b>	
Частично предсказуемы слабые сигналы из внешней среды фирмы					<b>Управление на основе гибких/экстренных решений</b>
Уровень нестабильности	1 Стабильность	2 Реактивность	3 Предвидение	4 Исследование	5 Творчество

1. *Управление на основе контроля* за исполнением (постфактум).
2. *Управление на основе экстраполяции*, когда темп изменений ускоряется, но будущее еще можно предсказывать путем экстраполяции прошлого.



3. *Управление на основе предвидения изменений*, когда начали возникать неожиданные явления, и темп изменений ускорился, однако не настолько, чтобы нельзя было вовремя предусмотреть будущие тенденции и определить реакцию на них. Эта ситуация усиливает роль интуиции руководителя при принятии решения.
4. *Управление на основе гибких экстренных решений*, когда многие важные задачи возникают настолько стремительно, что их невозможно вовремя предусмотреть. Естественно, что в этих условиях личность руководителя, его опытность, знания и умение использовать современные компьютерные средства управления играют все большую роль.

Методы управления, характеризующиеся первыми двумя этапами, разрабатывались и реализовывались до появления вычислительной техники. Но в первых компьютерных системах управления они использовались.

Управление на основе предвидения изменений, включая стратегическое планирование по периодам и выбор стратегических позиций, внедрялось медленно и трудно в течение 20 лет, но теперь и оно входит в практику фирм.

Управление на основе гибких экстренных решений уже широко используется в ряде стран, в том числе в Японии и США [1].

## **6. Эволюция менталитета руководителей**

Изменения внешней среды серьезно влияют на характер мышления руководства и методы управления. (Это относится не только к коммерческой, но и любой другой организации). В табл. 9 схематично показана связь между характером изменчивости внешней среды и соответствующим ему типом мышления руководства, необходимым ему для достижения успеха [1].

Как правило, руководитель обладает одним типом мышления. Так, Г. Форд, добившийся огромного успеха в условиях бурно расширяющегося рынка, по мнению автора работы [1], мог бы стать препятствием в развитии компании «ПолярOID» в период дискретного изменения спроса на рынке фотографической про-

мышленности, когда она создала аппаратуру для моментальной фотографии.

Таблица 9

<b>Характер изменчивости среды</b>	не меняется	расширяется	изменяется эволюционно, без скачков	изменяется дискретно, скачками
<b>Тип мышления</b>	консервативный	производственный	рыночный	стратегический
<b>Краткое описание типа мышления</b>	устойчивость, периодичность повторений процессов	стремление к росту, экономия на масштабе производства	адекватная реакция на изменение внешней среды, дифференциация производства	гибкость в изменении характеристик продукции, возможная смена долгосрочных планов

Методы управления определялись требованиями меняющейся внешней среды и ее влиянием на внутреннее состояние фирмы. При этом главные задачи управления фирмами стали смещаться в сторону продвижения товаров на рынок.

Кажется, американская фирма «Дженерал Моторс» была первой очень крупной фирмой, переключившей внимание руководства с производства на рынок [1], введя принцип ежегодной смены моделей выпускаемых автомобилей и их модификаций в соответствии со стремлением покупателей приобретать новые типы машин.

В большинстве случаев управленцы сопротивлялись таким переменам, так как они требовали тягостной необходимости переучиваться, менять установки и примиряться с тем, что будущее характеризовалось все более высоким уровнем неопределенности. Характерным примером такого сопротивления является корпорация Форда, долго не желавшая переходить от массового производства одной модели к ее модификациям в соответствии с требованиями рынка. Эта ошибка привела к потере ее лидерства в автомобильной промышленности.

## 7. Заключение

Неопределенность, возникающая при оценке ситуации и выборе стратегий достижения цели, принуждает руководителя использовать субъективные оценки в анализе ситуаций и вариантах выбора стратегий, основанные на его знаниях, опыте и интересах.

Правильность выбора анализируемой информации играет решающую роль в оценке ситуации. Главным может оказаться не объем выборки, а правильность ее составления, и здесь решающую роль играет опыт и квалификация эксперта.

Ключом успешного выбора и реализации стратегии является глубокое понимание как объектной области, так и методов обработки информации при принятии управленческих решений.

## Литература

1. Ансофф И. Стратегическое управление. М.: Экономика, 1989.
2. Малиницкий Г. Г. Сценарии, стратегические риски, информационные технологии // Информационные технологии и вычислительные системы. 2002. № 4. С. 83–108.
3. Вейцзекер Э., Ловинс Э., Ловинс Л. Фактор четыре. Academia. 1997.
4. Егоров В. А., Каллистов Ю. Ш., Митрофанов В. П., Пионтковский А. А. Математические модели глобального развития. Л.: Гидрометеиздат, 1980.
5. Трахтенгерц Э. А. Субъективность в компьютерной поддержке управленческих решений. М.: СИНТЕГ, 2001.
6. Ларичев О. И. Некоторые проблемы искусственного интеллекта // Сборник трудов ВНИИСИ 1990. № 10. С. 1–9.
7. de Groot M. H. Optimal statistical decisions Mc Craw-Hill. 1970. Chapter 6.
8. Моисеев Н. Н. Предисловие к книге Орловского С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.: Наука, 1981.
9. Кононов Д. А., Косяченко С. А., Кульба В. В. Модели и методы анализа сценариев развития социально-экономических систем в АСУ // АиТ. 1999. № 9.
10. Трахтенгерц Э. А. Неопределенность в математических моделях компьютерной оценке решений. М. ИПУ. 1998.

11. Левин В. И. Интервальная математика и изучение неопределенных систем // Информационные технологии. 1998. № 6. С. 27–33.
12. Ларичев О. И. Объективные модели и субъективные решения. М.: Наука, 1987.
13. Трахтенгерц Э. А. Компьютерная поддержка формирования целей и стратегий. М.: СИНТЕГ, 2005.
14. National Energy Policy Plan. Department of Energy Organization. Washington, D. C. USA. 1998.
15. Randoy T., Oxelheim L., Stonehill A. Corporate financial strategies for global competitiveness // European Management Journal. V. 19. 2001. № 6. P. 659–669.
16. Трахтенгерц Э. А. Компьютерная поддержка принятия решений. М.: СИНТЕГ, 1998.
17. Карибский А. В., Шишорин Ю. Р., Юрченко С. С. Финансово-экономический анализ и оценка эффективности инвестиционных проектов и программ I // АиТ. 2003. № 6. С. 40–60.
18. Шумилов В. В. Многокритериальная оценка инвестиционных проектов // Техника машиностроения. 2000. № 6 (28). С. 93.
19. Boyle H. F., Schenck G. K. Investment Analysis: US Oil and Gas Producers Score High in University Survey // Proc. Hydrocarbon Econom. Evaluat. Symp. Dallas. 1985.
20. Прангишвили И. В. Системный подход и общественные закономерности. М.: СИНТЕГ, 2000.
21. Черняк Л. Открытые системы и проблемы сложности // Открытые системы. 2004. № 8. С. 60–64.

### ***Сведения об авторе:***

Трахтенгерц Эдуард Анатольевич — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института проблем управления РАН, 334-88-40, tracht@ipu.rssi.ru

# Теоретико-игровое моделирование информационного управления в активных системах

---

*А. Г. Чхартишвили*

Предметом рассмотрения в настоящей работе является информационное управление — воздействие на информированность принимающих решение субъектов, осуществляемое с целью побуждения их к совершению требуемых действий.

## **1. Введение.**

### ***Модель информационного управления***

Теория игр относится к числу тех немногих наук, момент «оформления» которых в отдельную дисциплину известен достаточно точно. В 1944 г. вышла монография Дж. фон Неймана и О. Моргенштерна «Теория игр и экономическое поведение» (см. русский перевод [5]), в которой были изложены известные на то время результаты. Монография положила начало бурному развитию этой науки, не прекращающемуся и по сей день<sup>1</sup>.

Хотя и не сразу, но теоретико-игровое моделирование заняло прочное место в арсенале методов экономического анализа. Завершение этого процесса можно отнести, по-видимому, к 1990-м годам. В 1994 г. Нобелевскую премию по экономике получили Дж. Нэш, Дж. Харшаньи и Р. Зельтен, внесшие большой вклад в развитие теории игр. В 1995 г. вышел учебник по микроэкономике [13], который до сих пор признается одним из наиболее авторитет-

---

<sup>1</sup> Обзор теории игр, ее основных разделов — см., например, [3, 4, 16].

ных и в котором теории игр уделяется большое внимание. С тех пор это является необходимым требованием к любому изложению основ экономической теории (см., например, [8, 9]).

Интеграция теории игр в теорию управления социально-экономическими системами состоялась в конце 1960-х годов. Именно тогда на фоне бурного развития математической теории управления и интенсивного внедрения ее результатов при создании новых и модернизации существующих технических систем практически одновременно во многих научных центрах как в СССР, так и за рубежом, начали предприниматься попытки применения общих подходов теории управления для разработки математических моделей социальных и экономических систем.

Одним из направлений исследований, учитывающих при анализе и синтезе моделей и механизмов управления целенаправленность поведения участников организационной (*активной*) системы, стала теория активных систем (ТАС) [1–2], основным центром зарождения и развития которой является Институт проблем управления РАН (бывший Институт автоматики и телемеханики). Основным методом теоретического исследования в теории активных систем является как раз теоретико-игровое моделирование.

Задача управления активной системой (элементы которой способны к целенаправленному поведению) с теоретико-игровой точки зрения состоит в том, чтобы создать для управляемых субъектов (*агентов*) игру с такими правилами, чтобы ее исход (набор действий агентов) был как можно более благоприятным для управляющего органа (*центра*). Сам центр не входит в число игроков<sup>2</sup>, а лишь формирует условия их взаимодействия («правила игры»)<sup>3</sup>. В дальнейшем понятия «игрок» и «агент» будем считать синонимами (отметим, что первое характерно для теории игр, второе — для микроэкономики).

Предметом рассмотрения в настоящей работе является информационное управление, то есть воздействие на информированность принимающих решение субъектов — элементов активной системы, осуществляемое с целью побуждения их к совершению требуемых

---

<sup>2</sup> Отметим, что существует и другой подход, согласно которому центр является одним из игроков («метаигроком»). Сопоставление этих подходов выходит за рамки данной работы.

<sup>3</sup> Например, государство устанавливает правила игры для действующих на его территории юридических и физических лиц при помощи системы налогообложения (и, разумеется, многих других рычагов воздействия).

действий. Например, бизнесмен принимает решения о производстве того или иного товара в том или ином объеме на основе своей информированности о рынке (потребителях) и о конкурентах. Избиратель принимает решение проголосовать за того или иного кандидата на выборах на основании информированности об этом кандидате, о прочих кандидатах, о мнениях и предпочтениях других избирателей. Соответственно, любое целенаправленное воздействие на информированность бизнесмена в первом случае и избирателя во втором является информационным управлением. Как будет показано далее, рассмотрение информационных аспектов дает возможность в ряде случаев расширить множество рациональных исходов игры, что, в свою очередь, увеличивает эффективность управления.

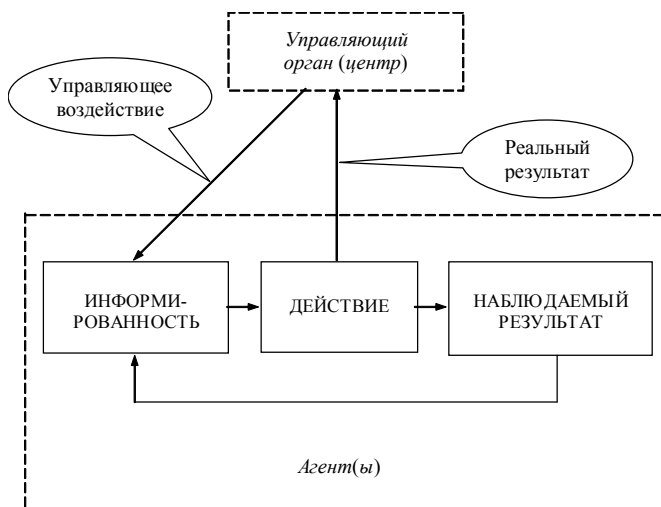


Рис. 1. Модель информационного управления

На рисунке 1 показана модель информационного управления, предложенная в работе [11]. Управляемый субъект (агент) выбирает действие на основе своей информированности о существенных параметрах. Совершив действие, агент наблюдает результат этого действия<sup>4</sup>, причем наблюдаемый результат зависит, вообще говоря,

<sup>4</sup> В данной работе мы рассматриваем лишь «одноходовые игры» (т. е. игры в нормальной форме), в которых игроки выбирают свои действия одновременно и независимо.

от действий остальных агентов. Продолжая пример с бизнесменом можно сказать так: он принимает то или иной решение, но результат (например, полученный им доход) зависит также и от действий конкурентов (и, косвенно, от их информированности). Наблюдаемый результат, естественно, оказывает влияние на информированность. На рисунке цикл «информированность — действие — наблюдаемый результат — информированность» обведен пунктирным прямоугольником, обозначающим управляемую подсистему. С другой стороны, информированность агента приводит, через его действие, к результату, более или менее желательному с точки зрения управляющего органа (центра). Поэтому центр стремится, путем осуществления управляющего воздействия, добиться той или иной информированности агента.

## **2. Общая технология постановки и исследования задач информационного управления**

Опираясь на приведенную выше модель, опишем общую технологию постановки и исследования задач информационного управления (см. [11]). Она состоит из трех этапов.

*Предварительный этап* включает, во-первых, формализацию ситуации в терминах теории игр — описание множества агентов, их допустимых действий и целевых функций<sup>5</sup>. Во-вторых, формализацию неопределенности, присутствующей в ситуации. В третьих, определение множества информационных структур, которые могут быть сформированы центром исходя из особенностей ситуации.

На *этапе теоретико-игрового анализа* вычисляются информационные равновесия, то есть выявляется связь между информированностью и действием (п. 3)<sup>6</sup>. Далее, проверяется стабильность

---

<sup>5</sup> В теории игр предполагается, что, целевая функция (или, иначе, функция выигрыша) каждого агента зависит, вообще говоря, от действий всех агентов. При этом каждый агент стремится максимизировать свою целевую функцию, и именно из этих соображений выбирает свое действие.

<sup>6</sup> Наиболее распространенной идеей решения игры (т. е. выявления того, какие действия выберут в игре рациональные агенты) является концепция равнове-



равновесий, то есть неизменность информированности после наблюдения агентом результата своего выбора (п. 5).

На *этапе синтеза* решается собственно задача информационного управления — определяется наилучшая для центра информационная структура, то есть такая структура, при которой результат действий агентов является наиболее желательным для центра (п. 6). Наконец, заключительный шаг — разработка информационного воздействия на агентов. В (п. 7) приведены и классифицированы виды информационных управляющих воздействий центра.

### 3. Рефлексивные игры

Перейдем к более систематическому изложению результатов исследований информационного управления. Начнем с описания информированности агентов и связи информированности с их действиями. Собственно говоря, именно эта задача является ключевой для любой теоретико-игровой модели — описание зависимости между «правилами игры» и ее результатом при условии рационального поведения участников.

Как известно, игра с полной информированностью в нормальной форме задается перечислением множества игроков (агентов), множеств их допустимых действий и набором их целевых функций. Однако существенным является вопрос: известно ли само это описание участникам игры? Долгое время в теории игр «по умолчанию» предполагалось, что игра известна всем ее участникам и, более того, она является общим знанием среди участников. Этот технический термин — общее знание — был введен философом Дэвидом Льюисом (1969), а в теорию игр Робертом Ауманном (1976) для обозначения факта, о котором известно всем агентам, и всем агентам известно, что о нем известно всем агентам и т. п.

Ясно, что далеко не всегда игра является общим знанием. Для моделирования таких ситуаций введено понятие *рефлексивной игры* [7].

---

сия — ситуации, от которой никому из игроков не выгодно (с точки зрения максимизации целевой функции) отклоняться в одностороннем порядке (т. е. если остальные игроки выбирают равновесные действия).

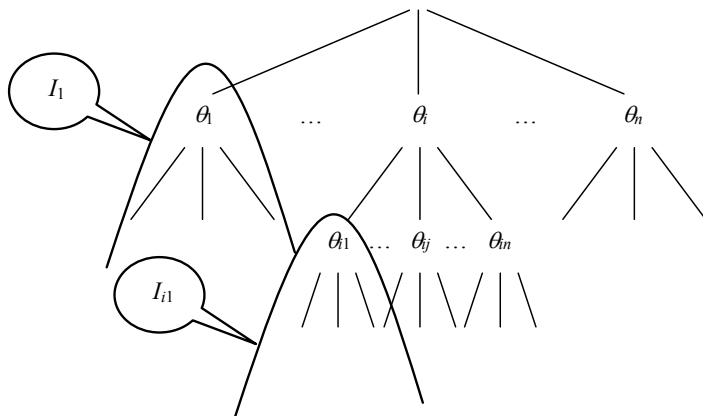


Рис. 2. Структура информированности

В отличие от игры с общим знанием целевые функции агентов в рефлексивной игре зависят (кроме набора действий агентов) от неопределенного параметра, называемого также состоянием природы. У каждого из агентов, вообще говоря, может быть свое представление о том, какое состояние природы имеет место (на рис. 2 эти представления обозначены  $\theta_1, \dots, \theta_n$ ). Далее, у каждого агента может быть свое представление о представлениях оппонентов (параметры вида  $\theta_{ij}$  на рис. 2), о представлениях о представлениях и т. п. Совокупность всех этих представлений образует структуру информированности игры — бесконечное  $n$ -арное дерево. Структура информированности каждого агента представляет собой некоторое поддерево структуры информированности игры  $I$ . Это дерево можно интерпретировать следующим образом: наряду с  $n$  реальными агентами — участниками ситуации — для анализа необходимо учитывать образы этих агентов в сознании оппонентов — *фантомные агенты*<sup>7</sup>. На рис. 2 выделены реальный первый агент (его структура информированности —  $I_1$ ) и его образ в сознании  $i$ -го агента (обозначается  $I_{i1}$ ). Эти два дерева, две структуры информированности могут как совпадать, то есть быть тождественными, так

<sup>7</sup> Говоря неформально, фантомный агент (не совпадающий с реальным) присутствует в ситуации тогда, когда один агент заблуждается насчет другого. Например, в комедии Н. Гоголя «Ревизор» герои общаются с фантомным агентом — ревизором, а не с реальным агентом — Хлестаковым.

и различаться. Если они тождественны, то  $i$ -й агент адекватно информирован о первом агенте, если нет — неадекватно.

Таким образом, описание рефлексивной игры отличается от описания «обычной» игры в нормальной форме наличием структуры информированности  $I$ .

Если общее число попарно-различных фантомных агентов конечно, то структура информированности игры имеет конечную *глубину* — уровень, при превышении которого каждое поддерево совпадает с одним из поддеревьев менее глубокого уровня. Например, если каждое поддерево  $I_{ijk}$  совпадает с одним из поддеревьев  $I_{ijmk}$ , то глубина структуры информированности не более двух. Если имеет место общее знание, то все фантомные агенты тождественны реальным (в смысле совпадения соответствующих поддеревьев) и глубина равна единице. В общем случае глубина может принимать любое конечное значение, а также быть бесконечной.

В зависимости от глубины структуры информированности игры мы получаем, вообще говоря, различные теоретико-игровые модели. «Классическая» теория игр рассматривала ситуацию с полной информированностью, что соответствует единичной глубине. В конце 60-х годов Джон Харшаньи [12] рассмотрел модель с информированностью глубины 2. В 1985 году Мертенс и Замир [15] рассмотрели максимально общую модель информированности бесконечной глубины. Предложенная ими конструкция обладает большой общностью, однако слишком громоздка для моделирования каких-либо реальных ситуаций. При этом вопрос о моделях с промежуточной (между двумя и бесконечностью) глубине рефлексии оставался открытым, если не считать статьи Жозефа Саковича [17], где анализировалась модель глубины три с двумя агентами. Рефлексивные игры в некотором смысле заполняют «белое пятно» между двумя и бесконечностью, позволяя рассматривать ситуации с рефлексией произвольной конечной глубины.

## 4. Информационное равновесие

Описав структуру информированности игры, определим концепцию ее решения, то есть ответ на вопрос, какие действия выберут рациональные агенты в рамках своей информированности. Иными словами, какова связь между информированностью агента и

избранным им действием. Решением рефлексивной игры является *информационное равновесие* [7] — набор действий реальных и фантазных агентов, при котором каждый агент максимизирует свою целевую функцию в рамках своей информированности о состоянии природы и такого же выбора ожидает от оппонентов. При этом тождественные агенты выбирают одинаковые действия.

Информационное равновесие является обобщением равновесия Нэша — наиболее общераспространенной концепции решения некооперативной игры<sup>8</sup>. Глубина структуры информированности предполагается конечной. Это обусловлено как содержательными, так и формальными соображениями. С содержательной точки зрения ограниченность глубины рефлексии агентов представляется достаточно естественной. Чем плоха бесконечная глубина с формальной точки зрения? Оказывается, что справедлив следующий результат [10]: при некоторых дополнительных условиях неограниченность глубины структуры информированности означает, что любое допустимое действие агента оказывается равновесным. Это обстоятельство, по-видимому, свидетельствует о нецелесообразности рассмотрения структур бесконечной глубины

## **5. Наблюдаемый результат и информированность. Стабильные информационные равновесия**

В «обычной» игре с полной информированностью равновесие имеет самоподдерживающий характер — если игра повторяется несколько раз, ни одному из агентов не выгодно отклоняться от равновесия в одностороннем порядке. Для рефлексивных игр это, вообще говоря, не так — если какой-либо агент наблюдает не тот

---

<sup>8</sup> Равновесие Нэша — это такая ситуация (набор действий игроков), от которой никому из участников игры невыгодно отклоняться в одностороннем порядке. Иными словами: «Если все оппоненты выбирают именно эту ситуацию, то и я ничего не выигрываю, отклоняясь от нее» — и так для каждого игрока. Как и равновесие Нэша, информационное равновесие может не существовать, либо быть неединственным. Обсуждение возникающих при этом сложностей и способов их решения выходит за рамки данной работы.

результат, который ожидал увидеть, принимая решение, его представление о реальности может измениться. Поэтому представляется необходимым выделить те информационные равновесия, для которых свойство стабильности равновесия выполняется. Для этого дополним определение рефлексивной игры функциями наблюдения, отражающими ту информацию, которую каждый агент наблюдает в результате разыгрывания игры. Информационное равновесие будем называть стабильным, если каждый агент (как реальный, так и фантомный), наблюдает именно тот результат, на который рассчитывал.

## **6. Информационное управление. Рефлексивные отображения**

Следующий элемент модели информационного управления — зависимость между информированностью агентов и тем результатом, той полезностью, которую центр получает в результате игры.

Важным вспомогательным инструментом для исследования вопроса о том, чего может достичь центр в результате информационного управления, являются рефлексивные отображения. Областью значений рефлексивного отображения каждого агента является множество его всевозможных наилучших ответов при заданном состоянии природы и заданной обстановке<sup>9</sup>. Если начать с равновесия при единичной глубине структуры информированности (это параметрическое равновесие Нэша), можно при помощи рефлексивных отображений получать множество всевозможных равновесий при данной глубине структуры. Справедлив следующий факт: с увеличением глубины множество равновесий не сужается. Это означает, в свою очередь, что не сужаются возможности центра по управлению.

Особым случаем являются стационарные рефлексивные отображения, когда множество равновесий не расширяется с увеличением глубины структуры информированности. Оказывается, что если рефлексивные отображения стационарны, то при осуществлении информационного управления увеличение ранга рефлексии

---

<sup>9</sup> Обстановкой для данного агента называется набор действий остальных агентов.

свыше первого не приводит к появлению новых информационных равновесий.

## **7. Информационные воздействия**

Следующий элемент представленной в (п. 1–2) модели информационного управления — информационное управляющее воздействие. Вопрос состоит в следующем: как формируется информационная структура игры в зависимости от тех или иных информационных воздействий центра. Здесь необходимо признать, что сколько-нибудь исчерпывающий ответ на этот вопрос, по-видимому, невозможно получить, оперируя исключительно математическими (и, в частности, теоретико-игровыми) моделями. Это обусловлено, в первую очередь, тем, что процесс усвоения человеком той или иной информации в очень большой степени обусловлен факторами социально-психологического порядка. Тем не менее, можно выделить и формализовать некоторые виды информационных воздействий.

Первым, наиболее простым видом управляющего воздействия является однородное информационное регулирование — центр сообщает агентам значение неопределенного параметра. Данное значение становится общим знанием среди агентов.

Следующий вид воздействия — неоднородное информационное регулирование. Каждому агенту сообщается значение неопределенного параметра, однако, каждому — свое. Для каждого агента данное значение субъективно становится общим знанием.

Следующий вид воздействия — рефлексивное управление. Каждому агенту сообщается значение неопределенного параметра и представления других агентов. В результате формируется более сложная структура информированности, вообще говоря — глубины 3.

Более тонким видом информационного воздействия является активный прогноз. Агентам сообщается некая величина, зависящая от состояния природы и действий агентов (например, суммарное действие агентов). Центр как бы сообщает агентам: «Если вы будете действовать рационально, то есть выберете равновесные действия, то результат будет таким, как я прогнозирую». Далее каждый агент на основании прогноза может «восстановить» информацию о состоянии природы и использовать эту информацию (как и при информационном регулировании) при вычислении равновесных действий (в том

числе и собственного действия). Классический пример активного прогноза: эксперт по фондовому рынку дает прогноз «цены на акции резко упадут». Услышав это, все держатели акций начинают спешно их продавать, и цены действительно резко падают.

## 8. Рефлексивная неманипулируемость

Одной из классических задач теории управления организационными системами является задача исследования манипулируемости механизма планирования (см., например, [1, 2]). Агенты сообщают центру свои индивидуальные характеристики (*типы*), центр на основе этих сообщений назначает каждому агенту план. Неманипулируемый механизм планирования характеризуется следующим: сообщение своих истинных типов является равновесным действием каждого агента. Если типы агентов не являются общим знанием, и центр может влиять на информированность агентов о типах оппонентов, то возможно построение *рефлексивно неманипулируемого* механизма планирования: сообщение агентами своих истинных типов является информационным равновесием.

## 9. Граф рефлексивной игры

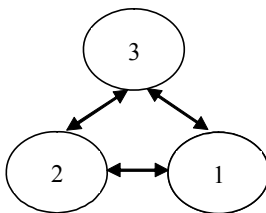
Удобным инструментом исследования рефлексивных игр является *граф рефлексивной игры*, в котором вершины соответствуют реальным и фантомным агентам, и в каждую вершину входит ровно  $(n - 1)$  дуга (здесь  $n$  — число реальных агентов), идущая из вершин-агентов, от действий которых субъективно зависит выигрыш данного агента.

Граф рефлексивной игры может быть построен и без конкретизации целевых функций агентов. При этом он отражает не соотношение интересов (которые моделируются при помощи целевых функций), а взаимную информированность рефлексизирующих агентов. Приведем иллюстративные примеры<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> Центр в этих примерах отсутствует, равно как и управление. Для моделирования управления (в частности, информационного) задание целевых функций необходимо.

**Пример 1.** Пусть в ситуации участвуют три агента: два государства (А и В) и высокопоставленный чиновник государства А.



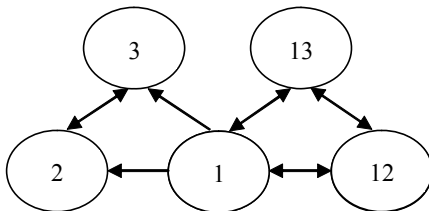
**Рис. 3.** Граф рефлексивной игры в примере 1

Граф рефлексивной игры описанной ситуации изображен на рис. 3. Вершинам графа соответствуют следующие реальные агенты:

- 1 — государство А;
- 2 — государство В;
- 3 — чиновник.

Двунаправленные стрелки показывают взаимную информированность агентов, каждый из которых адекватно информирован о двух других.

**Пример 2.** Предположим теперь, что чиновник был завербован государством В и теперь является осведомителем. Государству А это неизвестно, поэтому его представления об оппонентах (государстве В и чиновнике) перестают быть адекватными. В силу этого «возникает» два фантомных агента — «чиновник с точки зрения государства А» и «государство В с точки зрения государства А». Граф рефлексивной игры описанной ситуации изображен на рис. 4.



**Рис. 4.** Граф рефлексивной игры в примере 2



Вершинам графа соответствуют следующие реальные и фантомные агенты:

- 1 — государство А;
- 2 — государство В;
- 3 — чиновник;
- 12 — государство В, которое считает, что чиновник верен государству А;
- 13 — чиновник, верный государству А.

На рис. 4 имеются две однонаправленные стрелки (от 1 к 3 и от 1 к 2), которые отражают следующий факт: взаимная информированность государства А и государства В, а также государства А и чиновника является асимметричной. Если, например, чиновник адекватно информирован о государстве А (стрелка от 1 к 3), то государство А заблуждается в отношении чиновника.

Пример 3. Предположим теперь, что ситуация из примера 2 изменилась следующим образом: чиновник, снедаемый муками совести, добровольно рассказал о своем предательстве государству А (точнее, конечно же, его конкретным представителям). Граф рефлексивной игры этой, более сложной, ситуации изображен на рис. 5.

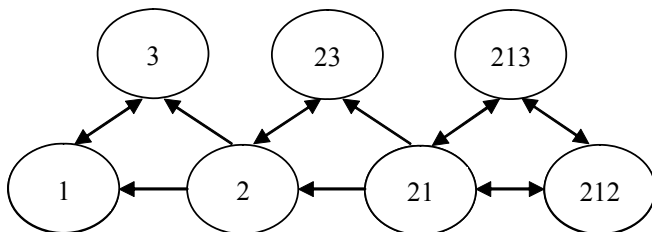


Рис. 5. Граф рефлексивной игры в примере 3

Вершинам графа соответствуют следующие реальные и фантомные агенты:

- 1 — государство А;
- 2 — государство В;
- 3 — чиновник;
- 21 — государство А, которое полагает, чиновник все время был ему верен и не входил ни в какие незаконные контакты с государством В;

23 — чиновник, завербованный работающий в пользу государства В;

212 — государство В, которое не вербовало чиновника;

213 — чиновник, верный государству А и не входивший ни в какие незаконные контакты с государством В.

В работе [11] при помощи концепции рефлексивных игр исследован ряд прикладных задач информационного управления в области экономики, маркетинга, политики и т. п.

## 10. Заключение

Введение структуры информированности, информационного равновесия и графа рефлексивной игры позволяет при помощи единого математического аппарата описывать и анализировать разнообразные ситуации коллективного принятия решений агентами, обладающими различной информированностью, в том числе информированностью друг о друге. Рассмотрение взаимной информированности агентов дает возможность, во-первых (с нормативной точки зрения), расширить множество рациональных исходов их игры, что, в свою очередь, увеличивает эффективность управления (а также иногда позволяет достичь достоверности сообщаемой агентами информации). Во вторых (с дескриптивной точки зрения), многие наблюдаемые на практике ситуации, которые не могут быть интерпретированы как «обычные» равновесия Нэша в условиях общего знания, являются информационным равновесием.

В контексте настоящей статьи человеческий фактор в управлении проявляется в том, что

- человек принимает решение на основании имеющейся у него информированности, поэтому одним из типов управления людьми является влияние на их информированность (информационное управление);
- информированность человека в конфликтной ситуации есть информированность как об объективных параметрах, так и о представлениях других людей об этих параметрах (информационная рефлексия).

В заключение отметим, что перспективным представляется дальнейшее развитие формальных моделей информационного управления, в том числе исследование динамики формирования информационной структуры под воздействием последовательности целенаправленных сообщений.

## *Литература*

1. Бурков В. Н. Основы математической теории активных систем. М.: Наука, 1977.
2. Бурков В. Н., Ириков В. А. Модели и методы управления организационными системами. М.: Наука, 1994.
3. Бурков В. Н., Новиков Д. А. Теория активных систем: состояние и перспективы. М.: СИНТЕГ, 1999.
4. Губко М. В., Новиков Д. А. Теория игр в управлении организационными системами. М.: СИНТЕГ, 2002.
5. Данилов В. И. Лекции по теории игр. М.: Российская экономическая школа, 2002.
6. Нейман Дж. фон, Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение. М.: Наука, 1970.
7. Новиков Д. А., Чхартишвили А. Г. Активный прогноз. М.: ИПУ РАН, 2002.
8. Новиков Д. А., Чхартишвили А. Г. Рефлексивные игры. М.: СИНТЕГ, 2003.
9. Олейник А. Н. Институциональная экономика. М.: ИНФРА-М, 2000.
10. Пиндайк Р., Рубинфельд Д. Микроэкономика. М.: Дело, 2001.
11. Чхартишвили А. Г. Равновесие Байеса—Нэша: точечные структуры информированности бесконечной глубины // *АиТ*. 2003. № 12. С. 105–111.
12. Чхартишвили А. Г. Теоретико-игровые модели информационного управления. М.: ПМСОФТ, 2004.
13. Harsanyi J. Games with incomplete information played by «Bayesian» players // *Management Science*. Part I: 1967. Vol. 14. № 3. P. 159–182. Part II: 1968. Vol. 14. № 5. P. 320–334. Part III: 1968. Vol. 14. № 7. P. 486–502.
14. Mas-Colell A., Whinston M. D., Green J. R. Microeconomic theory. N. Y.: Oxford Univ. Press, 1995.

15. *Mertens J.-F., Zamir S.* Formulation of Bayesian analysis for games with incomplete information // *Int. J. Game Theory*. 1985. № 14. P. 1–29.
16. *Myerson R. B.* Game theory: analysis of conflict. London: Harvard Univ. Press, 2001. — 4<sup>th</sup> printing.
17. *Sakovics J.* Games of incomplete information without common knowledge priors // *Theory and decision*. 2001. № 50. P. 347–366.

### ***Сведения об авторе:***

Чхартишвили Александр Гедеванович — доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник Института проблем управления РАН, 334-90-51, [sandro\\_ch@mail.ru](mailto:sandro_ch@mail.ru)

# Электрические методы оценки теневой экономики

---

*Б. М. Шум*

Работа посвящена одному из вопросов разработки активных систем противодействия теневой экономике — анализу «электрического» метода оценки теневой экономики и различных его модификаций. Приведено описание ряда методов оценки и полученных с их помощью результатов. Дана оценка возможности применения «электрического» метода для оценки объема теневой экономики.

## **1. Введение**

В связи с необходимостью повышения эффективности рыночной экономики в стране задачи, связанные с разработкой организационных систем управления в экономике, которые позволяют эффективно противостоять теневой экономике, приобретают особое значение. Задачами этих систем является выявление активных участников теневого сектора и методов противодействия им. Для целей управления необходимо ответить на ряд вопросов: каков размер теневого сектора, как теневая экономика влияет на экономический рост и развитие, как учесть «человеческий фактор» в теневой экономике для снижения ее объема и др. Оценка характеристик теневой экономики, в частности, ее объема в различных ее секторах: в промышленности, сельском хозяйстве, строительстве, энергетике является первым этапом при разработке системы противодействия ей.

В переходных экономиках при наличии избыточного государственного вмешательства в экономику, барьеров для входа на рынок, высоких налогов, высокого уровня бедности участники эконо-

мической деятельности предпочитают уйти в «тень», т. е. в той или иной форме не платить налоги. Оценка объема теневой экономики является крайне важной задачей, поскольку ее наличие приводит к ряду макроэкономических, микроэкономических и социальных проблем и оказывает серьезное влияние на функционирование экономики в целом. Особенно сильным это влияние является в переходные периоды развития экономики.

Государство не может собрать налоги с теневой деятельности. При недостаточных налоговых сборах оно не может производить общественное благо эффективно. Как следствие, оно вынуждено облагать более тяжелым налоговым бременем фирмы, работающие «прозрачно», или финансировать бюджет инфляционным путем.

Наличие теневой экономики искажает экономические и статистические показатели (например, искажает данные о доходах, занятости и т. п.). Такая дезинформация приводит к тому, что решения экономической политики основываются на неправильных показателях. Для переходных экономик, в частности, в этом случае труднее достичь макроэкономической стабильности.

Теневая деятельность увеличивает непосредственные затраты производства, требует времени и денег для осуществления коррупционных сделок, избежания налогов.

Для политиков очень важно знать, успешны их реформы или нет, а теневая экономика — это индикатор неэффективной экономической политики и избыточного регулирования. Однако политики не могут адекватно оценить рост экономики, если значительная часть экономической активности сосредоточена в теневом секторе. Знание масштабов теневой активности позволяет намного точнее оценить рост экономики и эффективность проводимых реформ и, как следствие, принимать более эффективные решения. Более того, сама динамика теневой активности может служить индикатором успешности реформирования. Кроме того, ВВП страны после корректировки на теневой сектор увеличивается в соответствующих масштабах. Это — преимущество для переходных экономик, так как ВВП страны и рост ВВП — очень важные составляющие в переговорах с международными кредиторами.

Проявлением теневой экономики в энергетике являются хищения электрической энергии. Человеческий фактор, как воздействие, снижающее эффективность использования электроэнергии, влияет на цены на производимую продукцию и тарифы на электроэнер-

гию. Это влияние также проявляется в виде нерационального использования энергии, как промышленными и сельскохозяйственными потребителями, так и населением (отсутствие энергосбережения). Все это приводит к снижению темпов развития экономики и замедлению роста ВВП. В [1], отмечается, что в 2003 г. потери электроэнергии достигли 107 млрд. кВт.ч, что соизмеримо с выработкой всех атомных электростанций РФ. По отношению к отпуску электроэнергии в сеть потери составили 13,14 %. Часть потерь составляют коммерческие потери (27 %), составной частью которых являются хищения электрической энергии.

Энергетика является одной из важнейших отраслей экономики, условия ее функционирования существенным образом влияют на развитие экономики в целом, вследствие чего в данной области проведено множество экспериментальных исследований [13,16,18–20], и разработан целый ряд моделей, определяющих взаимосвязь экономики и энергетики, такие как: МЭНЭК (Россия) [5], модель, разработанная в ВЦ РАН [6], ENPEP (International Atomic Energy Agency, Австрия), EFOM-ENV (Бельгия), ENERPLAN (Япония), MESAP (Германия), MESSAGE-MACRO (IIASA, Австрия) [15] и другие.

Такая тесная взаимосвязь энергетики и экономики инициировала разработку ряда методов, позволяющих судить об объеме теневой экономики по показателям, связанным с производством и потреблением электроэнергии; анализу этих методов и посвящена данная работа.

## ***2. Электрический метод и его модификации***

### **2.1. Подход Кауфмана—Калиберды**

Для оценки теневой экономики в странах с переходной экономикой Д. Кауфманом и А. Калибердой [14] в 1996 году впервые был разработан метод, основанный на использовании величины объема потребленной электроэнергии. В дальнейшем этот метод стал использоваться исследователями довольно широко. Суть метода основывается на том эмпирическом наблюдении, что в краткосрочном

периоде эластичность отношения электропотребление/ВВП (или промышленное электропотребление/промышленный выпуск, когда рассматривается отдельно промышленное производство) постоянна и приближенно равна единице.

Таким образом, чтобы оценить динамику теневой экономики в соответствии с методом [14], достаточно официальных показателей ВВП (промышленного выпуска) и показателей электропотребления в регионе (промышленного электропотребления в регионе). При этом можно легко оценить относительный размер теневой экономики, при наличии его оценки в некоторый начальный период.

Метод Кауфмана—Калиберды (или так называемый «электрический метод») [14] позволяет оценить объем теневой экономики, исходя из предположения, что отношение объема потребления электрической энергии ( $E$ ) к общей деловой активности ( $TA$ ) (представляющей собой сумму легальной и нелегальной деятельности) постоянно. Тогда суммарный рост потребления электроэнергии отражает рост деловой активности в регионе. После того, как рост деловой активности оценен, определяется разница между уровнем роста деловой активности и уровнем роста официального ВВП. Эта разница как раз и отражает уровень роста теневой экономики. При наличии данных об уровне теневой экономики в какой-либо начальный период метод позволяет оценить объем теневой экономики в различные промежутки времени.

Итак,

$$\frac{TA_n}{E_n} = \frac{TA_{base}}{E_{base}}, \quad (1)$$

где  $n$  — обозначает текущий год, а  $base$  — соответственно некоторый базовый год.

Объем теневой экономики ( $SE$ ) в % от ВВП можно оценить следующим образом:

$$SE = \frac{TA - Y}{Y} = \frac{TA}{Y} - 1. \quad (2)$$

Обозначим объем теневой экономики в базовом году  $SE_{base} = x$ , тогда из (2) следует



$$TA_{base} = Y_{base}(1 + x). \quad (3)$$

Из выражений (1)-(3), имеем:

$$SE_n = (1 + x) \left( \frac{TA_n}{TA_{base}} : \frac{Y_n}{Y_{base}} \right) - 1 = (1 + x) \frac{\Delta TA}{\Delta Y} - 1. \quad (4)$$

Формула (4) позволяет оценить объем теневой экономики при наличии оценки теневой экономики в год, считаемый базовым.

Одно из преимуществ метода электропотребления в том, что он основывается на физических характеристиках, и он достаточно прост в применении (особенно в региональном разрезе). Кроме того, этот метод хорошо себя зарекомендовал именно для переходных экономик: технология производства электрической энергии и структура электропотребления не претерпели серьезных изменений на ранней стадии переходного периода.

Основная критика метода электропотребления сводится к следующему:

- метод электропотребления учитывает только теневой сектор в производстве и не учитывает, например, теневую сферу услуг и теневой рынок кредитов;
- технический прогресс и модернизация производства (это особенно характерно для государств с переходной экономикой) увеличивают энергоэффективность выпуска и, следовательно, влияют на эластичность отношения ВВП /электропотребление (промышленный выпуск/электро-потребление). Эта эластичность может меняться со временем;
- структурные изменения производства, изменения цен, либерализация рынка электроэнергии в переходной экономике могут влиять на эластичность отношения ВВП /электропотребление (промышленный выпуск/электро-потребление);
- данные по потреблению электроэнергии могут быть ненадежными;
- не всякая деятельность требует одинакового объема электроэнергии. Возможны случаи, когда нелегальное производство практически не использует электроэнергию (например, используется керосин вместо электроэнергии).

Недооценку теневой экономики по методу электропотребления могут вызвать следующие факторы:

- повышение эффективности использования электроэнергии (особенно если эта эффективность была низкой, а затем в результате реформ энергетического сектора возросла);
- переход от более электроемкого к менее электроемкому производству (внутри уже существующих предприятий и при создании новых фирм);
- недооценка электропотребления;
- рост цен на электричество.

Очевидно, что получающиеся оценки теневой экономики сильно зависят от исходных предположений. Необходимость начальных оценок размера теневой экономики рассматриваются, как один из недостатков метода. Однако, необходимо отметить, что многие методы оценивания теневой экономики требуют таких начальных предположений.

Д. Кауфман и А. Калиберда внутри метода электропотребления рассматривают три подхода, или три сценария:

- сценарий единичной эластичности, когда эластичность ВРП (валовой региональный продукт)/электропотребление (промышленный выпуск/электропотребление) равна 1;
- сценарий занижающей эластичности, предполагающий эластичность больше 1 (Кауфман и Калиберда оценивают ее как 1.15), когда ВРП (или промышленный выпуск соответственно) увеличивается и меньше 1 (согласно Кауфману и Калиберда она равна  $0,87 = 1/1.15$ ), когда ВРП (промышленный выпуск) падает;
- сценарий общей эластичности.

Метод *единичной* эластичности предполагает, что перечисленные выше переоценивающие и недооценивающие факторы взаимно компенсируют друг друга. Сценарий *занижающей* эластичности рассчитан на энергонезэффективную экономику и учитывает эффекты задержек или отсутствия платежей за электроэнергию [4].

Сценарий общей эластичности построен на предположении, что в переходный период каждая единица продукции производится со снижением энергоэффективности (на 5 %) для стран СНГ, для стран Балтии энергоэффективность производства остается посто-

янной; для стран Восточной Европы энергоэффективность повышается на 5 % на единицу продукции. Таким образом, этот сценарий также основан на дифференциации энергоэффективности производства в различных странах, но концентрирует свое внимание на общей динамике энергоэффективности, а не на ее эластичности.

Как было отмечено, несмотря на определенные неплохие результаты, полученные Кауфманом и Калибердой при оценке объема теневой сектора стран с переходной экономикой, «электрический» метод обладает множеством слабостей. Во-первых, не во всякой теневой деятельности используется энергия, особенно электрическая. Во-вторых, технологический прогресс, изменяющий эффективность использования электроэнергии, может серьезно повлиять на отношение электроэнергия/общая деловая активность, как на различных временных промежутках, так и в масштабах различных государств. Также на это отношение может повлиять ряд других факторов, таких, как изменение уровня индустриализации, цены на электроэнергию, изменение доли промышленности в ВВП. Эти проблемы особенно ярко проявляются в странах с переходной экономикой, где доля промышленности в ВВП часто значительно снижается, а объем не энергозатратного сельского хозяйства возрастает. Кроме того, либерализация рынка электроэнергии может приводить к значительным изменениям цен на электроэнергию и ее использования. Массированные инвестиции в развитие новых технологий также значительно влияют на эффективность использования электроэнергии.

Электрический метод также обсуждается в работах [10,11]. В [10] также исследуется зависимость объема теневой экономики от различных факторов, таких как степень регулирования экономики, уровень налогообложения, коррупция. Утверждается, что объем теневой экономики тем выше, чем выше степень регулирования, уровень налогообложения, уровень коррупции. При этом утверждается, что чем больше свободы в экономике, тем меньше ее теневая составляющая. При этом авторы подчеркивают, что низкий уровень соблюдения действующих законов и высокая бюрократизированность экономики являются стимулом для ухода многих фирм в тень.

Электрический метод использовался рядом авторов для оценки объема теневой экономики в различных странах. Например, в [7] «электрический метод» использовался для оценки теневой

экономики в Болгарии. Отличие при применении электрического метода в этой работе от стандартного алгоритма заключается в том, что оценка деловой активности производится не по значению объема потребления электрической энергии, а по объему все потребленной энергии в целом. Также в этой работе электрический метод применяется отдельно для различных отраслей болгарской экономики, что позволяет провести сравнительный анализ объема теневой экономики по отраслям и четче представить структуру теневого сектора.

В связи с вышеперечисленными недостатками «электрического метода», в ряде последующих работ был разработан ряд дополнений и модификаций метода, позволяющий улучшить результаты его работы.

## 2.2. Подход Ласко

В 1996 году М. Ласко (Lasko M) предложила модификацию «электрического» метода. Обзор данного метода и полученных с его помощью результатов приведен в работах [2,17]. М. Ласко предположила, что нелегальная деятельность домашних хозяйств имеет те же тенденции, что вся теневая экономика. Модель Ласко состоит из двух уравнений; уравнение (5) связывает потребление электроэнергии с группой факторов, среди которых присутствует и теневая экономика, второе уравнение описывает причины, заставляющие владельцев домашних хозяйств осуществлять часть своей деятельности нелегально.

Уравнения имеют следующий вид:

$$\ln E = \alpha_1 \ln C + \alpha_2 \ln PR + \alpha_3 N + \alpha_4 H + \alpha_5 Q + \varepsilon, \quad (5)$$

$$\alpha_1 > 0, \quad \alpha_2 < 0, \quad \alpha_3 > 0, \quad \alpha_4 > 0, \quad \alpha_5 > 0,$$

$$H = \beta_1 T + \beta_2 (S - T) + \beta_3 D + \varepsilon, \quad (6)$$

$$\beta_1 > 0, \quad \beta_2 < 0, \quad \beta_3 > 0.$$

В (5) величина  $E$  — потребление электроэнергии на душу населения;  $C$  — потребление на душу населения домашними хозяйствами без учета потребления электроэнергии в других отраслях экономики;  $PR$  — цена электроэнергии;  $N$  — относительная частота месяцев, в которых было необходимо подключать отопление;  $Q$  — отношение количества источников энергии отличных от электриче-

ской к количеству всех источников энергии в домашнем хозяйстве;  $H$  — объем теневой экономики на душу населения в денежном выражении (который необходимо оценить).

Факторами, влияющими на теневую экономику (уравнение (6)) являются налоговое бремя ( $T$ ), разница расходов на социальные нужды и ВВП ( $S-T$ ) и сумма иждивенцев, не работающих более 14 лет, и временно не работающих на 100 работающих ( $D$ ).

В процессе вычислений уравнение (6) подставляется в (5), и оцениваются коэффициенты регрессии. Единственная проблема состоит в том, что величина коэффициента  $\alpha_3$  не может быть оценена, если ничего не известно о величине  $H$ . Поэтому данная модель позволяет оценить лишь изменение объема теневой экономики, чтобы можно было оценить ее величину, необходимо знать значение объем теневой экономики в какой-либо начальный период.

Несмотря на простоту, этот метод вызывает серьезную критику, связанную с основным предположением, заключающемся в том, что объем нелегальной деятельности в домашнем и сельском хозяйстве численно изменяется в том же направлении, что и теневая экономика в целом.

## 2.3. Подход Эйлата–Зиннеса

Я. Эйлат и К. Зиннес [8] разработали так называемый «измененный электрический метод» (modified total-electricity approach), основанный на базе «электрического» метода и устраняющий наиболее серьезные его недостатки. В модели [8] рассчитывается ряд факторов, влияющих на изменение объема потребления электроэнергии, такие как цена электроэнергии, изменяющиеся технологии, структура себестоимости продукции и т. п. Утверждается, что на изменение объема потребления электроэнергии значительное влияние оказывают цена на электроэнергию, доля промышленности в ВВП, доля частного сектора в ВВП и вычисляется остаточное изменение объема потребленной электроэнергии, не объясняемое вышеперечисленными факторами.

Предполагается, что это остаточное изменение объема потребленной электроэнергии  $\Delta E_t^{resid}$  имеет место вследствие наличия теневой экономики и, соответственно, позволяет оценить ее динамику. Эйлат и Зиннес утверждают, что объем теневой экономики в предыдущем периоде зависит от ее объема в предшествующем пе-

риюде и оценивают влияние на объем теневой экономики цены на электроэнергию, доли промышленности в ВВП. В [8] оценен объем теневой экономики и ее динамика в 1990–1997 годы для 24 пост-социалистических государств.

В [8] объем теневой экономики в году принятом за базовый принимается равным 100 % (и обозначается  $TEA_{Base}$ ). Уровень деловой активности в последующие годы ( $TEA_{t/Base}$ ) определяется по формуле (7):

$$TEA_{t/Base} = TEA_{(t-1)/Base} \times \left[ 1 + \eta \times \frac{\Delta E_t^{resid}}{100\%} \right], \quad (7)$$

где  $\eta$  — выходная эластичность электроэнергии по цене. Для стран Балтии этот коэффициент принимается равным 1, для стран бывшего Советского Союза и восточной Европы  $\eta = 0.9$  [10]. Эйлат и Зиннес определяют объем теневой экономики ( $MTE_t$ ) в текущий период следующим образом:

$$MTE_t = \left[ \frac{TEA_{t/Base}}{GDP_{t/Base}} \right] \times [1 + MTE_{Base}] \times 100\% - 100, \quad (8)$$

где  $MTE_{Base}$  — уровень теневой экономики в году, принимаемом за базовый.  $GDP_{t/Base}$  — отношение ВВП за текущий период, к ВВП за период, считаваемый базовым,  $TEA_{t/Base}$  — отношение объема теневой экономики за текущий период к объему теневой экономики за базовый период,  $\Delta E_t^{resid}$  — часть изменения объема потребления электроэнергии объясняемая изменением объема теневой экономики.

Помимо оценки теневой экономики в [8] приводятся также оценки степени корреляции объема теневой экономики и множества различных факторов, таких как уровень коррупции, уровень демократии, степень давления государства на экономику, объем экспорта, уровень образования населения, уровень развития инфраструктуры, уровень инвестиций, показатель квалификации рабочей силы, объем приватизации крупных предприятий, отношение объема экспорта природных ресурсов к ВВП, степень открытости экономики, средний уровень инфляции, доля частного сектора в ВВП, качество публичного управления, уровень свободы экономики, капитализация фон-

дового рынка, характеристики фондовой биржи, налоговые ставки, уровень безработицы, уровень заработной платы и др.

Метод Эйлата—Зиннеса [8] положен в основу оценки объема теневой экономики Таджикистана, рассматриваемой в работе [3]. Здесь принимается во внимание то, что в официальные значения ВВП уже включена определенная часть теневой экономики. Отмечается, что имеющиеся статистические данные зачастую искажаются и не отражают реальное положение вещей. Поэтому, в исследовании используются скорректированные значения ВВП.

## **2.4. Оценка электрического метода в различных работах**

Анализу, сравнению и оценке рассмотренных выше методов оценки объема теневой экономики посвящена работа [9]. Здесь применяются описанные выше методы для оценки объема теневой экономики на более широких базах данных, включающих данные за период 1989–2001 г. В [9] проведено сравнение полученных результатов с результатами оценки объема теневой экономики, полученными другими (не электрическим) методами, в частности разработанным в 2002 году методом национального бухгалтерского учета (OECD, 2002). Авторы обнаружили, что вышеописанные методы не только крайне чувствительны к начальным и условиям, но и для многих стран дают отрицательное значение объема теневой экономики в различные годы.

В [9] приводится оценка объема теневой экономики, с использованием непосредственно «электрического метода» [1], при различных начальных данных, а также метод, предложенный Эйлатом и Зиннесом [8]. Авторы обнаружили ошибку в вычислениях Эйлата и Зиннеса; более того, они обнаружили, что результаты оценки теневой экономики, полученные с учетом большего числа данных, значительно отличаются от оценок, полученных на меньшем по объему наборе данных. Здесь также сделана попытка улучшить метод Эйлата—Зиннеса, исключив из рассмотрения долю промышленности в ВВП и объем частного сектора в ВВП, поскольку по их оценкам эти параметры практически не влияют на объем теневой экономики. Таким образом, при оценке теневой экономики учитывается только динамика цен на электроэнергию. Авторы утверждают, что сделанная ими коррекция метода Эйлата—Зиннеса позволяет несколько улучшить получаемые оценки, однако для Польши,

Румынии и Словакии все равно получают отрицательные значения объема теневой экономики за некоторые годы. Кроме того, утверждается, что за исключением результатов полученных для Казахстана и Армении оценки, полученные любыми модификациями электрического метода, значительно отличаются от результатов, полученных другими методами.

На основании вышеизложенных аргументов в [9] утверждается, что электрический метод и любые его модификации являются ненадежными и не позволяют получить достоверных даже приблизительных оценок объема теневой экономики. При этом авторы полагают, что электрический метод может быть весьма полезен для определения тенденций изменения объема теневой экономики и взаимосвязи изменения объема теневой и легальной экономики в переходный период.

Аналогичные выводы делаются и в [12]. В этой работе использовались различные методы оценки теневой экономики для ряда стран восточной Европы (Чехии, Венгрии, Польши, Словакии). Отмечаются значительные различия в результатах, полученных разными методами, а также различия, полученные при применении одного и того же метода на разных временных интервалах.

Наибольшую критику в [12] вызывает основная идея электрического метода, состоящая в том, что имеется взаимно-однозначное соответствие или вообще стабильная взаимосвязь между потреблением электроэнергии и ВВП, а также предположение, что эффективность использования электроэнергии в странах с переходной экономикой постоянно растет, то есть эластичность потребления электроэнергии снижается с постоянной скоростью. Авторы утверждают, что их данные по странам восточной Европы не подтверждают данные гипотезы и также утверждают, что с помощью «электрического» метода не возможно получить объективную оценку величины объема теневой экономики для стран с переходной экономикой.

## **2.5. Результаты оценок объема теневой экономики в постсоциалистических странах при помощи электрического метода**

Оценки объема теневой экономики, полученные с помощью метода Ласко, приведены в [2]. Отмечается различие в оценках,



полученных с помощью методов Ласко и Кауфмана—Калиберды. Оценки теневой экономики в % от общего уровня деловой активности, полученные с помощью методов Кауфмана—Калиберды, Ласко, Зиннеса—Эйлата, приведены соответственно в табл. 1, 2, 3.

**Таблица 1**

Масштабы теневой экономики в постсоциалистических странах  
(согласно методу Д. Кауфмана — А. Калиберды)

Страны	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Азербайджан	12,0	21,9	22,7	39,2	51,2	58,0	60,6
Беларусь	12,0	15,4	16,6	13,2	11,0	18,9	19,3
Болгария	22,8	25,1	23,9	25,0	29,9	29,1	36,2
Чехия	6,0	6,7	12,9	16,9	16,9	17,6	11,3
Эстония	12,0	19,9	26,2	25,4	24,1	25,1	11,8
Грузия	12,0	24,9	36,0	52,3	61,0	63,5	62,6
Венгрия	27,0	28,0	32,9	30,6	28,5	27,7	29,0
Казахстан	12,0	17,0	19,7	24,9	27,2	34,1	34,3
Латвия	12,0	12,8	19,0	34,3	31,0	34,2	35,3
Литва	12,0	11,3	21,8	39,2	31,7	28,7	21,6
Молдова	12,0	18,1	27,1	37,3	34,0	39,7	35,7
Польша	15,7	19,6	23,5	19,7	18,5	15,2	12,6
Румыния	22,3	13,7	15,7	18,0	16,4	17,4	19,1
Россия	12,0	14,7	23,5	32,8	36,7	40,3	41,6
Словакия	6,0	7,7	15,1	17,6	16,2	14,6	5,8
Украина	12,0	16,3	25,6	33,6	38,0	45,7	48,9
Узбекистан	12,0	11,4	7,8	11,7	10,1	9,5	6,5

Таблица 2

Масштабы теневой экономики в постсоветских странах  
(согласно методу М. Ласко)

Страны	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Россия				37,8	36,0	39,1	39,2
Украина			28,1	37,4	47,0	54,6	52,8
Азербайджан			31,2	43,9	47,9	50,5	52,8
Беларусь			21,2	33,7	40,3	44,3	46,4
Эстония	16,9	22,0	32,0	37,4	38,4	38,1	35,8
Грузия			33,3	58,0	61,3	67,1	57,0
Казахстан	12,0	13,9	22,4	33,8	33,1	38,5	37,9
Кыргызстан	12,9	14,8	16,9	27,7	36,8	39,2	35,1
Латвия	17,3	19,4	22,6	41,7	45,5	43,1	43,7
Литва	17,6	21,0	31,7	47,4	52,2	47,6	46,0
Узбекистан	12,0	15,7	23,7	26,4	27,5	29,4	29,5

Таблица 3

Масштабы теневой экономики в постсоветских странах  
(согласно методу Эйлата—Зиннеса)

Страны	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Армения	31	50	143	108	80	74
Азербайджан	28	22	16	52	79	103
Беларусь	18	21	20	18	23	28
Болгария	34	34	34	34	32	44
Хорватия	30	39	28	36	34	31
Чехия	7	18	18	23	24	24

Окончание таблицы 3

Страны	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Эстония	25	34	33	45	66	75
Грузия	33	45	112	153	116	126
Венгрия	37	43	36	38	34	38
Казахстан	20	35	32	41	30	46
Киргизия	20	30	53	91	142	261
Латвия	15	21	49	40	35	38
Литва	13	19	23	36	43	38
Македония	30	44	48	75	89	108
Молдова	22	45	88	41	130	127
Польша	24	30	23	21	17	15
Румыния	29	21	24	19	11	12
Россия	17	18	30	35	45	53
Словакия	6	15	14	19	16	11
Словения	30	35	33	30	33	35
Таджикистан	20	20	61	70	105	111
Туркменистан	20	25	–7	–3	2	22
Украина	19	23	34	46	71	96
Узбекистан	13	10	5	0	12	6

Средние оценки, полученные Файгом и Урбаном [9] электрическим методом, методом Эйлата—Зиннеса, а также модифицированным методом Эйлата—Зиннеса (без учета доли промышленности в ВВП и долю частного сектора в ВВП) приведены<sup>1</sup> в табл. 4.

<sup>1</sup> Электрический метод использовался для двух различных наборов исходных данных.

Таблица 4

Средние оценки объема теневой экономики

Страна	Электрический метод (набор данных 1)		Электрический метод (набор данных 2)		Метод Эйлата— Зиннеса		Улучшенный метод Эйлата— Зиннеса	
	Период	Объем теневой экономики	Период	Объем теневой экономики	Период	Объем теневой экономики	Период	Объем теневой экономики
Эстония	89–01	21.3	89–01	30.3	90–01	27.2	89–01	31.1
Латвия	89–01	14.9	89–01	24.6	90–01	23.3	89–01	25.4
Литва	89–01	14.3	89–01	24.1	90–01	13.8	89–01	24.2
Беларусь	89–01	10.6	89–01	27.5	90–01	11.6	89–01	27.8
Молдова	89–01	36.4	89–01	48.4	90–99	43.0	89–01	47.0
Россия	89–01	30.9	89–01	35.6	90–00	36.5	89–00	35.4
Украина	89–01	37.9	89–01	47.3	90–00	40.3	89–01	47.2
Армения	90–01	4.3	90–01	26.9	90–01	25.2	90–01	30.4
Азербайджан	89–01	43.5	89–01	56.8	90–01	45.2	90–97	55.3
Грузия	89–01	41.5	89–01	55.3	90–00	48.3	89–01	55.4
Казахстан	89–01	10.3	89–01	31.5	90–01	15.8	89–01	29.9
Киргизия	90–01	45.8	90–01	58.6	90–01	50.8	90–01	59.2
Таджикистан	90–01	41.3	90–00	55.2				
Туркмения	90–01	0.3	90–01	23.9	90–00	6.3	90–00	24.6
Узбекистан	89–01	11.9	89–01	32.7	90–99	12.9	89–00	34.0
Хорватия	90–01	24.6	90–01	24.6	90–01	25.6	90–01	24.0
Чехия	89–01	13.2	89–01	13.2	90–01	14.7	89–01	13.2

Окончание таблицы 4

Страна	Электрический метод (набор данных 1)		Электрический метод (набор данных 2)		Метод Эйлата— Зиннеса		Улучшенный метод Эйлата— Зиннеса	
	Период	Объем теневой экономики	Период	Объем теневой экономики	Период	Объем теневой экономики	Период	Объем теневой экономики
Венгрия	89–01	25.0	89–01	25.0	90–00	25.9	89–01	25.1
Польша	89–01	4.7	89–01	4.7	90–01	8.6	89–01	4.9
Словакия	89–01	2.2	89–01	2.2	90–01	3.0	89–01	2.5
Словения	90–01	21.6	90–01	21.6	90–01	23.3	90–01	21.3
Албания	89–01	49.9	89–01	49.9	90–01	47.3	89–01	49.3
Болгария	89–01	23.8	89–01	23.8	90–99	33.4	89–99	29.6
Македония	90–01	36.4	90–01	36.4	90–99	37.2	90–01	36.2
Румыния	89–01	4.8	89–01	4.7	90–00	15.6	89–01	5.5

Видно, что оценки объема теневой экономики, полученные с помощью различных методов, различаются. Более того, оценки, полученные одним и тем же методом для различных временных интервалов, также разнятся. Это связано с тем, что различные методы в разной степени учитывают те или иные факторы, влияющие на теневую экономику в различные периоды ее развития. Особенно это касается экономик переходного периода.

### 3. Заключение

Учитывая результаты, которые удается получить, электрический метод и различные его модификации, уточняющие и разви-

вающие методику расчета, обеспечивают серьезную основу для оценки теневой составляющей экономики и особенно динамики ее развития и взаимодействия с легальным сектором экономики, а также ее влияние на динамику изменения ВВП. Электрический метод позволяет также оценить степень влияния различных факторов и институциональной деятельности государства на тенденции изменения объема теневой экономики и, соответственно, реакцию бизнеса на те или иные действия государства.

## Литература

1. *Броерская Н. А.* Мониторинг потерь электроэнергии в электрических сетях Российской Федерации.  
<http://www.elektroinfo.ru/magazine/?id=312&nid=12>
2. *Иванова Н. Н.* Масштабы и динамика развития теневой экономики в постсоциалистических государствах Евразии (обзор зарубежных исследований) // Экономическая теория преступлений и наказаний. № 4.  
<http://corruption.rsuh.ru/magazine/4-2/n4-07.html>
3. *Кайл С.* Теневая экономика в постсоветском Таджикистане. Отчет о выполненной работе под эгидой Баренц группы/KPMG, Проект совершенствования бюджета, IBTA-2 Корнельский Университет, Сентябрь 2002.  
<http://www.kyle.aem.cornell.edu/russianversion.htm>
4. *Комарова Т. В.* Теневая экономика в российских регионах. Дипломная работа. Москва, 2003. Российская экономическая школа.  
<http://www.iet.ru/guest/concurs/Komarova.pdf>
5. *Малахов В. А., Шанот Д. В.* Методика исследования влияния динамики регулируемых цен на энергоносители на развитие экономики России // Известия Академии Наук, Энергетика. № 4. 2004. С. 17–25.
6. *Обросова Н. К., Шананин А. А.* Исследование альтернативных вариантов развития экономики и энергетики России с помощью математической модели // Математическое моделирование. 2004. Т. 16. № 2. С. 3–22.
7. *Alexandrova S., Stanchev K., Warner A., Kyle S., Krystev R., Dimitrov L.* Shadow economy in Bulgaria., 2000.  
<http://www.ime-bg.org or www.cornell.edu>.
8. *Eilat Y., Zinnes C.* The Shadow Economy in Transition Countries: Friend or Foe? A Policy Perspective, 18 December 2000.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VC6-45MDRWD-4/2/c726e3ff1021b57c3ef17d909e3f429c>.

9. *Feige E. L., Urban I.* Estimating the Size and Growth of Unrecorded Economic Activity in Transition Countries: A Re-evaluation of Electric Consumption Method Estimates and their Implications. The William Davidson Institute at the University of Michigan Business School. William Davidson Institute Working Paper No 636 December 2003.  
[www.bus.umich.edu/KresgeLibrary/Colletions/Workingpapers/wdi/wp636.pdf](http://www.bus.umich.edu/KresgeLibrary/Colletions/Workingpapers/wdi/wp636.pdf)
10. *Johnson S., Kaufmann D., Zoido-Lobaton P.* Regulatory Discretion and the Unofficial Economy//, *American Economic Review*, May 1998.  
<http://www.worldbank.org/wbi/governance/pdf/unofficial.pdf>
11. *Johnson S., Kaufmann D. and Schleifer A.* (1997) The Unofficial Economy in Transition, *Brookings Papers on Economic Activity* 2 (1997). P. 159–239. Washington, D. C.
12. *Hanousek J., Palda F.* Mission implausible III: measuring the informal sector in a transition economy using macro methods. Discussion Paper No. 2004 — 124, Charles University, Center for Economic Research and Graduate Education, Academy of Sciences of Czech Republic, Economics Institute, Discussion paper Series, April 2004.  
[www.cerge-ei.cz/pdf/dp/DP124\\_2004.pdf](http://www.cerge-ei.cz/pdf/dp/DP124_2004.pdf)
13. *Hirschhausen Ch., Andres M.* Long-term electricity demand in China — From quantitative to qualitative growth? // *Energy Policy* 28 (2000). P. 231–241.
14. *Kaufmann D., Kaliberda A.* Integrating the unofficial economy into the dynamics of post — socialist economies: a framework of analysis and evidence. Policy Research Working Papers, World Bank, 1996.  
[http://econ.worldbank.org/files/672\\_wps1691.pdf](http://econ.worldbank.org/files/672_wps1691.pdf)
15. *Messner S., Schrattenholzer L.* MESSAGE-MACRO: linking an energy supply model with a macroeconomic module and solving it iteratively. *Energy* 25 (2000). P. 267–282.
16. *Sajal Ghosh.* Electricity consumption and economic growth in India. *Energy Policy* 30 (2002), p. 125–129.
17. *Schneider F.* The Value Added of Underground Activities: «Size and Measurement of the Shadow Economies and Shadow Economy Labor Force all over the World», July 2000, revised version.  
[http://www.lex.unict.it/eurolabor/ricerca/dossier/dossier7/cap1/studi\\_schneider/schneider2000\\_mondo.htm](http://www.lex.unict.it/eurolabor/ricerca/dossier/dossier7/cap1/studi_schneider/schneider2000_mondo.htm)
18. *Shiu A., Pun-Lee Lam.* Electricity consumption and economic growth in China// *Energy Policy* 32 (2004). P. 47–57.
19. *Soytas U., Sari R.* Energy consumption and GDP: causality relationship in G-7 countries and emerging markets // *Energy Economics* 25 (2003). P. 33–37.

- 
20. *Wankeun Oh, Kihoon Lee*. Causal relationship between energy consumption and GDP revisited: the case of Korea 1970–1999 // *Energy Economics* 26 (2004). P. 51–59.

### ***Сведения об авторе:***

Шит Борис Михайлович — инженер Института энергетики Академии Наук Молдовы, (37322)73-81-35, [ieasm@cc.acad.md](mailto:ieasm@cc.acad.md).



# Игровое моделирование активных систем

---

*А. В. Щепкин*

Проводится анализ результатов исследования активных систем, полученных при проведении имитационных игр и имитационных экспериментов. Определяются условия, когда имитационная игра может быть заменена имитационным экспериментом.

## **1. Введение**

Исследования, проводимые в рамках теории активных систем [1–4], в первую очередь, учитывают присутствие в системе управления человека. И, именно человек — активный элемент (АЭ), определяет характер поведения активной системы. АЭ в ответ на управляющее воздействие ведут себя целенаправленно, то есть формируют свои действия, стремясь удовлетворить свои собственные интересы (оптимизировать значение своей целевой функции). В общем случае, управляющий орган в системе (Центр), может и не знать или просто не учитывать наличие интересов у АЭ. От степени учета интересов АЭ Центром при принятии управленческих решений зависит эффективность функционирования всей активной системы. Здесь следует отметить, что если Центр знает целевые функции элементов системы, ему этого далеко не достаточно для выбора наилучшего решения. Центру необходимо знать, какие решения принимает элемент для оптимизации значения своей целевой функции. При исследовании функционирования моделей активных систем формулируются гипотезы о поведении АЭ и строятся соответствующие модели поведения. Поэтому результаты исследований существенно зависят от того, насколько модель поведения АЭ отражает его поведение в исследуемой ситуации. Естественно, что имитация многообразия человеческой лич-

ности, ее неповторимой индивидуальности, разнообразных мотивов ее деятельности — задача в полном объеме практически неразрешима. Однако, в случае «экономического поведения» людей в различных хозяйственных ситуациях проблема значительно упрощается, так как формализуется главным образом то, что объясняет это поведение.

По мнению авторов [5], среди многочисленных подходов к моделированию экономического поведения человека условно можно выделить несколько основных направлений. В первом направлении экономическое поведение людей в рамках модели «человека экономического» или «homo economicus» предполагает использование постулата о рациональном поведении человека. В его основе, согласно этому постулату, лежит стремление индивидуума получить максимальный результат при минимальных затратах в условиях ограниченности используемых возможностей и ресурсов. Модели человека в рамках второго направления включают в себя стремление не только к материальным благам, но и определенные элементы психологического характера — милосердие, цели, связанные с традициями, соображениями престижа, использованием свободного времени и т. п. Для третьего направления доминирующей является мотивация, обеспечивающая реализацию не столько материальных, сколько духовных потребностей личности.

Анализируя перечисленные направления моделирования экономического поведения человека авторы [5] заключают, что стремление человека минимизировать свои затраты и максимизировать выгоду явно просматривается во всех подходах к моделированию человеческой деятельности. Отсюда они делают вывод, что принцип рационального экономического поведения является универсальным экономическим принципом при моделировании «человека экономического». Наряду с этим, в теории активных систем при исследовании механизмов функционирования широко применяется метод деловых или имитационных игр [6–9] для обоснования гипотез поведения АЭ.

## **2. Имитационная игра как имитационный эксперимент**

Эксперимент — один из наиболее распространенных методов исследования в естественных науках. Проведение экспериментов с

активными системами требует значительных затрат времени и средств. Многолетний опыт проведения экспериментов с реальными системами указывает на необходимость разработки методов, позволяющих сократить затраты на проведение экспериментов и предсказать возможные изменения в функционировании систем, связанных с вводимыми нововведениями. Ускорить и удешевить эксперимент позволяет проведение исследований на соответствующих моделях. Применение теории эксперимента позволяет еще больше уменьшить стоимость и время эксперимента, увеличить точность и надежность результатов.

Задача теории активных систем — анализ и синтез механизмов функционирования этих систем. Поэтому задачи, решаемые экспериментами с моделями активных систем, в общем виде формулируются так: исследовать зависимость критерия эффективности функционирования системы от механизмов функционирования и параметров модели активной системы.

Возможность такого применения теории эксперимента еще не достаточно исследована, хотя статистические методы к исследованию реальных организационных систем применяются давно. В частности, статистические методы использовались для исследования организационных систем еще в работах Фишера Р. А. [10, 11]. В последние годы широко используется метод игрового имитационного моделирования. Имитационная игра — это эксперимент над моделью системы, в котором роль АЭ играют люди.

Исследования организационных систем методом имитационного игрового моделирования отличаются от статистических исследований. Основные отличия заключаются в следующем:

1. имитационная игра — это, в отличие от пассивных наблюдений, активный эксперимент, в котором функционирование исследуемой системы существенно зависит от действий лиц, принимающих решения (Центра и АЭ), являющихся также объектом исследований;
2. количество информации, получаемое из имитационной игры, существенно меньше, чем при проведении экспериментов на реальных объектах;
3. акцент в имитационной игре смещен от исследования состояния системы в сторону исследования принятых решений или стратегии поведения игроков.

Названные черты приводят к тому, что по результатам имитационной игры можно сделать не только интересные выводы об активных системах, но и оценить эффективность их функционирования. Характер задач делает удобным применение дисперсионного анализа для их решения. Однако, дисперсионный анализ основывается на предположениях, выполнимость которых для имитационных игр никогда не исследовалась. Кроме того, теория эксперимента и дисперсионный анализ основаны на понятии распределения вероятности. По отношению к решению и поступкам людей эти понятия кажутся не совсем корректными. Хотя стоит заметить, что И. Сталь в [12] употреблял понятие «средняя стратегия» в имитационной игре, считая стратегию конкретного игрока отклонением от средней стратегии.

Определяющей характеристикой человека, как участника эксперимента, является его способность к целенаправленной деятельности (активности), которая является одним из важнейших факторов, влияющих на функционирование организационной системы. Вообще говоря, активность может быть представлена группой факторов, назовем ее группой *A*. Существенное влияние на функционирование также оказывают условия функционирования (или параметры модели). Эту группу факторов назовем группой *B*. Однако целью игрового имитационного моделирования является исследование активных систем, поэтому основной интерес для экспериментатора представляют механизмы функционирования, этот фактор обозначим через *C*.

Имитационное моделирование может решать задачу исследования без учета факторов группы *A*. В лучшем случае может быть разработана некоторая, о степени адекватности которой трудно что-нибудь сказать. Поэтому функционирование реальной системы может значительно отличаться от теоретически предсказанного, именно в связи с отличием реального поведения лица принимающего решения от поведенческой модели АЭ.

В то же время имитационная игра решает задачу исследования без учета параметров модели, то есть без учета факторов группы *B*. Это связано с тем, что для проведения игровых имитационных экспериментов невозможно привлечь участников на достаточно длительное время, а недостаток времени ограничивает количество проводимых партий. В силу ограниченности количества партий имитационная игра может решать задачу только в не-

большой области параметров. Как будет осуществляться функционирование организационной системы в моделях с другими параметрами остается неизвестным.

Решить задачу в полной постановке, не пренебрегая ни активностью, ни влиянием параметров модели, может совместный эксперимент [13, 14]. Совместный эксперимент состоит из имитационной игры и имитационного моделирования, связанных друг с другом общим планом и совместной обработкой данных. Таким образом, получается более полная модель организационной системы, в которой варьируются все факторы групп:  $A, B, C$ .

### **3. Разработка экспериментов с игровыми моделями активных систем**

Исследование функционирования активных систем, начинается с разработки модели этой системы. Это, прежде всего, описание структурной схемы, информационных и материальных потоков, локальных и глобальных ограничений и механизма функционирования системы. Эксперимент над моделью является частью общей задачи исследования. Например, общая задача может быть сформулирована так: исследовать зависимость критерия эффективности системы от ее параметров и найти максимум критерия эффективности. Задачу эксперимента можно сформулировать следующим образом:

I. Задача исследования: найти зависимость критерия эффективности функционирования моделируемой активной системы от действующих в системе факторов, или, в формальной постановке, исследовать функционал  $\Psi$ :

$$K = \Psi(F_1, F_2, \dots, F_n), \quad (1)$$

где  $K$  — критерий эффективности функционирования системы,  $F_i, i=1, \dots, n$  — действующие в системе факторы. Одним из факторов в задаче может быть механизм функционирования системы  $S$ . Если общий вид зависимости (1) не известен, то задача ставится в виде

$$K = a_1 F_1 + a_2 F_2 + \dots + a_n F_n$$

II. Задача управления: найти механизм функционирования, максимизирующий значение критерия эффективности функционирования системы. В формальной постановке задача имеет вид

$$K(\pi, w, \Phi) \xrightarrow{G} \max,$$

где  $\pi$  — процедура планирования;  $w$  — система стимулирования;  $\Phi$  — целевая функция Центра.

Тройка  $(\pi, w, \Phi)$  определяет механизм функционирования системы.  $G$  — множество механизмов функционирования.

Использование имитационных игр для решения таких задач предполагает, что этот метод отвечает определенным требованиям: результаты экспериментов должны быть объективны, надежны и воспроизводимы. Вопросом, как выполнить эти требования, для экспериментов во многих областях науки занимается теория эксперимента.

Математическая модель эксперимента, принятая в теории эксперимента, в общем случае имеет вид

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) + \varepsilon, \quad (2)$$

где  $x_i$ ,  $i = 1, \dots, n$  — действующие факторы,  $y$  — наблюдаемая величина,  $\varepsilon$  — случайные отклонения наблюдаемой величины. Относительно модели (2) предполагается, что

- а.  $f$  представляет собой аддитивную линейно параметризованную функцию, то есть (2) имеет вид

$$y = b_1 f_1(x) + b_2 f_2(x) + \dots + b_n f_n(x) + \varepsilon, \quad (3)$$

где  $f_i(x)$ ,  $i = 1, \dots, n$  — известные базисные функции от факторов  $x$ .

Наблюдаемая величина  $y$  представляет собой отражение точки факторного пространства  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  в пространство откликов.

- б.  $\varepsilon$  — нормально распределенная случайная величина. Задачи эксперимента, для решения которых разработаны методы теории эксперимента, ставятся следующим образом:

Эксперимент, в котором исследуется влияние нескольких факторов на изменение значения наблюдаемой величины, обычно

проводится по факторному плану. Чаще используются планы, в которых факторы имеют два уровня. Уровни факторов обозначены «+» и «-». В эксперименте по такому плану можно оценить эффекты факторов  $x_1$  и  $x_2$  и смешанный эффект  $x_1x_2$ . Количество испытаний —  $2^2$  два фактора по два уровня, количество различных эффектов  $m = 2^2 - 1 = 3$ .

Полный факторный эксперимент  $N$ -й степени обычно обозначается как ПФЭ  $2^N$ . В ПФЭ  $2^N$  число испытаний равно  $2^N$ , число различимых эффектов  $2^{N-1}$ , из которых  $N$  — главные, то есть  $x_1, x_2, \dots, x_N$  и  $2^N - N - 1$  — смешанные, то есть  $x_1x_2, x_1x_3, \dots$ .

Выше было отмечено, что факторы, действующие в имитационных играх условно можно разделить на три группы  $A, B$  и  $C$ . Влияние факторов группы  $A$  — принципиальное и существенное отличие имитационных игр от естественнонаучных экспериментов. Исследования, направленные на анализ поведения людей в игровых моделях к настоящему времени позволяют выделить следующие факторы, входящие в группу  $A$ . Так И. Сталь в работе [12] что на стратегии игроков влияют их индивидуальные различия. Ремус В. Е. в [15] говорит о влиянии номера партии игры на ее результаты. В частности, здесь же утверждается, что игроки устают к последним партиям. Гастелло С. Ж. в [16] делает вывод о существовании суточного цикла в человеческой деятельности, а в работе [17] содержится вывод о существовании недельного цикла. Ефимов В. М. и Комаров В. Ф. считают [8], что результаты имитационной игры зависят от личности экспериментатора. В [13,14] на основе статистического анализа данных имитационных игр показано, что на результаты игры оказывает влияние количество партий в игре, номер проводимой партии, состав групп игроков, а также существование отличий мотиваций в действиях игроков от целевых функций принятых в игре. Таким образом, группу  $A$  составляют следующие факторы:

$x_1$  — различия игроков по уровню образования, роду занятий, способностям и т. п.;

$x_2$  — отличия мотиваций в действиях игрока от целевой функции, принятой в игре, и от мотиваций других игроков;

$x_3$  — неопределенность в положении игроков;

$x_4$  — личность экспериментатора;

$x_5$  — влияние порядка проведения партий игры;

$x_6$  — влияние дня недели и времени суток.

Кроме шести факторов группы  $A$ , существует, как минимум, два фактора группы  $B$  — параметры модели двух участников игры (минимальное число участников игрового эксперимента — два) Центр или ведущий и, соответственно, сам игрок и, наконец, фактор группы  $C$ . Итого не менее девяти факторов. Общее число факторов обозначим через  $n_1$ . Положим, что в эксперименте также могут встречаться взаимодействия между факторами числом  $n_2$ . Тогда общее число эффектов в эксперименте  $n_{об}=n_1+n_2$ . Из математической модели эксперимента (3) получается система уравнений для оценки эффектов:

$$y = X'b.$$

Известно, что система уравнений однозначно разрешима, если она полного ранга. Следовательно, в плане эксперимента должно быть не менее  $n_{об}+1$  комбинаций уровней факторов. Если добавить сюда некоторое количество репликаций (повторений игры) для оценки флуктуаций  $\varepsilon$  (ошибки эксперимента), по которой оценивается значимость эффектов, то общее количество наблюдений в эксперименте увеличится:  $n_{полн} > n_{об}+1 = n_1+n_2+1$ . Понятно, что это число может быть довольно большим. Например, полный девятифакторный эксперимент содержит  $2^9=512$  наблюдений. К счастью, эффекты взаимодействий высоких порядков (трех-четырефакторные и т. п.), обычно, не значимы, их в эксперименте можно не учитывать. Тем не менее, общее число наблюдений остается все равно очень большим и для имитационной игры не реальным. Сделанные здесь оценки количества наблюдений иллюстрируют сложность применения теории эксперимента к игровому имитационному моделированию. К выбору плана имитационной игры и количества наблюдений (репликаций) предъявляются требования, которые в ряде случаев могут стать противоречивыми:

1. эксперимент должен решать свою задачу, то есть количество наблюдений должно быть достаточным;
2. количество необходимых наблюдений должно быть не слишком большим, чтобы не сделать эксперимент непомерно дорогим или невыполнимым.

Для экспериментаторов в естественнонаучных исследованиях эти требования, как правило, не являются противоречивыми. Противоречивость требований для имитационных игр происходит из-за



их специфичности: небольшая возможность повторений — с одной стороны и многофакторность — с другой стороны.

Есть два пути непротиворечивого удовлетворения этих требований:

1. ограничить до минимума число исследуемых эффектов;
2. создать особый вид эксперимента.

Выбор способа удовлетворения стоящих требований зависит от конкретно поставленной задачи. Если выбирается первый путь, то в этом случае подробно разбираются присутствующие в имитационной игре эффекты, выделяются наиболее существенные и разрабатываются планы малофакторного исследования. В противном случае для многофакторного исследования разрабатывается особый вид эксперимента — сложный эксперимент.

Опыт проведения имитационных игр со студентами ВУЗов, слушателями системы повышения квалификации, практическими работниками предприятий показывает, что в имитационных играх количество наблюдений колеблется от 20 до 200 [9,14,18–20], поэтому включать в эксперимент все факторы групп  $A$ ,  $B$  и  $C$  невозможно. Приходится жертвовать группой  $B$  и проводить эксперимент только в факторных подпространствах  $A$  и  $C$ . Математическая модель эксперимента в этом случае имеет вид

$$y = A + C + AC + \varepsilon,$$

где  $A$  и  $C$  — группы факторов. Такую задачу целесообразно выбирать в том случае, когда задачу исследования и управления организационной системы нужно решить в одной точке подпространства факторов  $B$ .

Если необходимо исследовать факторы группы  $A$ ,  $B$  и  $C$  одновременно, то факторное пространство необходимо расширить — включить группу  $B$ . Это можно сделать следующим способом. Проводя исследования с чисто имитационной моделью можно исследовать факторы групп  $B$  и  $C$ . Но в чисто имитационном эксперименте нет факторов группы  $A$ , так как нет людей — участников эксперимента. В лучшем случае их могут заменить имитационные модели — автоматы, имитирующие (иногда очень приближенно поведение АЭ). Следовательно, в имитационном эксперименте исследование групп  $A$ ,  $B$  и  $C$  одновременно также невозможно. Однако, если имитационную игру и имитационный эксперимент

объединить и проводить по одному плану, такое исследование станет возможным. Соответствующий эксперимент получил название сложного эксперимента [14]. Количество повторений имитационной игры в сложном эксперименте не больше, чем количество повторений в самостоятельной имитационной игре с учетом факторов групп  $A$  и  $C$ . Поэтому затраты на проведение сложного эксперимента сопоставимы с затратами на имитационную игру. Значительное увеличение возможностей исследования происходит за счет увеличения размерности факторного пространства.

Для планирования *имитационных* игр и сложных экспериментов могут использоваться планы, разработанные в теории эксперимента. План эксперимента представляет собой набор точек в факторном пространстве, в каждой из которой необходимо измерить отклик.

По факторному плану, который соответствует выбранной математической модели эксперимента, исследуется модель с игроками — автоматами. В результате находится решение задачи эксперимента (например, максимум критерия эффективности системы). Но в исходной задаче нужно было найти это решение при помощи имитационной игры, так как имитационная игра более адекватна реальной системе, чем имитационная модель. Поэтому необходимо экспериментально подтвердить, что замена имитационной игры игрой с автоматами правомерна, то есть отклик имитационной игры совпадает с откликом игры с автоматами или, как принято говорить в статистике, отклики статистически неотличимы. Это соответствует тому, что различие откликов имитационной игры и игры с автоматами не больше ошибки эксперимента. Для этого из полного факторного плана выбираются некоторые варианты (т. е. комбинации уровней факторов), в которых проводится имитационная игра. Потом отклики имитационной игры сравниваются с откликами игры с автоматами в соответствующих вариантах. По сути, имитационная игра и игра с автоматами являются двумя частями одного эксперимента, между которыми испытания распределяются не поровну, как обычно в теории эксперимента, а неравномерно.

## 4. Заключение

Вопрос о правомерности замены имитационной игры игрой автоматов сводится к вопросу об отсутствии значимой разницы меж-

ду средними отклонениями откликов в имитационной игре и в чисто имитационном эксперименте.

При интерпретации результатов игрового эксперимента на любом этапе необходимо брать во внимание качественный состав групп игроков. Несогласование результатов имитационного эксперимента с результатами имитационных игр может быть вследствие того, что игроки плохо ориентируются в ситуации и принимают нерациональные решения. Игра с группой игроков, имеющих представление о теории активных систем, ее задачах и целях, а также хорошо представляющих моделируемую в игре ситуацию и вследствие этого поступающих более рационально, может дать лучшее согласование чисто имитационного эксперимента и имитационной игры.

## Литература

1. Бурков В. Н. Основы математической теории активных систем. М.: Наука, 1977.
2. Бурков В. Н., Кондратьев В. В. Механизмы функционирования организационных систем. М.: Наука, 1981.
3. Бурков В. Н., Новиков Д. А. Теория активных систем: состояние и перспективы. М.: Синтег, 1999. 128 с.
4. Новиков Д. А., Петраков С. Н. Курс теории активных систем. М.: Синтег, 1999. 108 с.
5. Курс экономической теории. Под редакцией Чепурина М. М., Киселевой Е. А. Киров: АСА, 1995.
6. Емельянов С. В., Бурков В. Н. и др. Метод деловых игр. Международный центр научно-технической информации. М., 1976.
7. Бириштейн М. М. Производственные игры. Первые шаги. ЭКО. 1978. № 6.
8. Ефимов В. Н., Комаров В. Ф. Введение в управленческие имитационные игры. М.: Наука, 1980.
9. Бурков В. Н., Ивановский А. Г., Малевич А. А., Немцева А. Н., Щепкин А. В. Деловые игры в принятии управленческих решений. Учебное пособие. МИСИС, 1986.
10. Фишер Р. А. Статистические методы для исследователей. М.: Госстатиздат, 1958.
11. Fisher R. A. The Design of Experiments, Oliver and Boyd, Edinburgh, 1935.

12. *Stahl I.* Small Operational Games — Advantages And Drawbacks. — in Ed. by I. Stahl. Operational Gaming: An Internal Approach. IASA, Laxenburg, Austria, 1983.
13. *Чепрунова О. Ю., Щепкин А. В.* Разработка экспериментов с моделями организационных систем. Автоматика и телемеханика. 1988. № 8.
14. *Динова Н. И., Чепрунова О. Ю., Щепкин А. В.* Эксперимент на основе деловой игры «Бригадные формы оплаты труда» // Автоматика и телемеханика, 1990, № 4.
15. *Remus W. E.* Consistency in Business Games. Simulation & Games, 14 (1983). P. 155–162.
16. *Guastello S. J.* Color Matching And Shift Work: An Industrial Application of The Cusp-Difference Equation. Behavioral Science, 27 (1982). P. 131–139.
17. *Guastello S. J.* Color Matching Throughout The Work Week: An Industrial Application of The Swallowtail-Difference Equation. Behavioral Science, 30 (1985). P. 213–218.
18. *Бурков В. Н., Ивановский А. Г., Малевич А. А., Зайцев М. А., Щепкин А. В.* Методическое руководство к проведению деловой игры «План». Препринт. М.: Московский институт стали и сплавов, 1983.
19. *Бурков В. Н., Ивановский А. Г., Немцева А. Н., Щепкин А. В.* Организация и проведение деловых игр. Методические материалы. М.: Институт проблем управления, 1975.
20. *Бурков В. Н., Ивановский А. Г., Немцева А. Н., Щепкин А. В.* Деловые игры. Препринт. М.: Институт проблем управления, 1977.

## ***Сведения об авторе:***

Щепкин Александр Васильевич, доктор технических наук, профессор, заведующий сектором Института проблем управления РАН, 334-90-51, [sch@ipu.ru](mailto:sch@ipu.ru)

# **Модель взаимодействия сознания и подсознания при решении задач управления**

---

*С. А. Юдицкий*

Излагается точка зрения на один из механизмов, определяющих процесс творческой деятельности — процесс взаимодействия сознания и подсознания (знания и интуиции) при решении человеком задач управления.

## ***Введение***

Анализ процессов решения задач управления, проводимых человеком при поддержке компьютеров, позволяет выделить два вида деятельности: алгоритмизированные действия, реализуемые на базе компьютеров, и «эвристические» действия, реализуемые исключительно человеком. К последним, в частности, относятся:

- конструирование базовых схем, определяющих парадигмы, модели и методы управления (такие действия будем называть схемополаганием);
- экспертная оценка качественных (лингвистических) и количественных значений показателей процесса.

Выполнение эвристических действий определяется большим числом факторов, в первую очередь психологических и социальных, которые (применительно к процессам управления) еще недостаточно изучены. Тем не менее, не вдаваясь глубоко в эти вопросы, автор хотел бы изложить сложившееся у него представление о важнейшем для понимания роли человека в процессах управления психологическом механизме — взаимодействии сознания и подсознания человека.

## **1. *Взаимодействие сознания и подсознания (знания и интуиция)***

Как известно из психологии и психиатрии, разум человека подобен айсбергу с относительно небольшой надводной частью- сознанием и огромной подводной частью- подсознанием, в котором сознание и подсознание непрерывно информационно взаимодействуют между собой. Можно предположить, что осознанная (осмысленная) информация соответствует знаниям, накопленные знания — опыту, неосознанная информация проявляется как интуиция.

К сфере подсознательного относят ряд сущностей, в том числе:

- выработанную человеком и развиваемую им в течение всей жизни индивидуальную модель видения мира и поведения в этом мире;
- память о всех событиях, происшедших с человеком с момента его рождения (зачатия) и о генетически закодированной информации, переданной от предыдущих поколений;
- управление жизнедеятельностью организма человека на уровне всех его подсистем и их взаимодействия.

Многие ученые (психологи, философы, теологи) допускают наличие непосредственной связи подсознания человека с Природой (Вселенским Разумом, Ноосферой, Богом) по специальному информационному каналу, дополняющего известные пять органов чувств, но пока еще не изученного современной наукой («шестой канал»).

Взаимодействие сознания и подсознания проявляется в том, что сознание управляет подсознанием, а подсознание — сознанием. При этом осознанное воздействие на подсознательную модель видения мира способствует совершенствованию личности человека, его эволюции. А воздействие подсознательной модели видения мира на сознание определяет стереотипы образа мыслей, слова и действия человека.

В повседневной жизни в подсознание человека поступает вся внешняя и внутренняя информация (из внешнего мира — как через сознание, так и неосознанно, от организма — преимущественно

неосознанно). Реагируя на поступающую информацию, подсознание формирует эмоциональное состояние человека (спокойствие или беспокойство, радость или подавленность и т. д.).

Взаимодействие сознания и подсознания особенно важно при реализации творческих процессов, характерных для деятельности ученых, художников, композиторов и т. д. В творческих процессах активно участвуют сознание и подсознание (интуиция), с доминированием подсознания. Последнее настраивается на получение результата (у людей с холерическим типом психики — на скорейшее получение) и непрерывно, при бодрствовании и во сне, ищет пути решения проблемы. Для того чтобы избежать при этом «нервных срывов», необходимо управлять подсознанием, сознательно переключая его на отдых или на другую деятельность.

Философскому и этическому аспектам диалога сознания и подсознания посвятил трехтомную работу «Беседы с Богом» американский автор Нил Уолш [1]. Бог, по Уолшу, выражается через подсознание( по существу, тождественен подсознанию), подсознание обладает информацией воистину вселенского масштаба в самых различных областях науки и жизни.

Известно и использование взаимодействия «сознание — подсознание» в практической медицине. Так украинский психотерапевт В. В. Синельников разработал и успешно применяет на своих пациентах медитационную технику диалога сознания с подсознанием с получением от подсознания информации о его «точке зрения» [2].

Вернемся к вопросу использования знаний и интуиции при решении задач управления. Создание принципиально новых, не имеющих аналогов парадигм, моделей и методов управления (базовое схемополагание) является творческим процессом, в котором, как уже говорилось выше, доминирует интуиция. Использование же базовых схем при различных условиях, равно как оценка экспертами значений показателей процессов, основывается на знаниях, составляющих опыт экспертов. Более подробно об этом мы поговорим в разделе 3 на примере задачи, которой занимается автор — моделирование поведения сложных систем. Однако прежде рассмотрим языковые средства, используемые сознанием и подсознанием при решении задач управления.

## ***2. Языковые средства сознания и подсознания***

Сознание использует «естественные» языки, оперирующие символами и грамматическими правилами (универсальные языки), а также специализированные языки типа математических формул, графических изображений, нотной грамоты и т. п. Подсознание, которое в процессе эволюции возникло намного раньше сознания, «понимает» языки пяти органов чувств: зрительные (визуальные) образы, звуки, запахи, тактильные и вкусовые ощущения. Можно предположить, что передача информации из сознания в подсознание (а также обратная передача) сопровождается переводом с одного языка на другой. Например, текст на естественном языке транслируется в визуальные образы, и наоборот. Отсюда следует, что процесс взаимодействия сознания и подсознания ускорится, если на обоих уровнях информация будет представлена на одном и том же языке. Применительно к задачам управления таким языком, по мнению автора, являются графические образы: графы для описания статических и сети Петри [3] для описания динамических схем.

## ***3. Роль человека в процессах управления на примере моделирования сложных систем***

Рассмотрим распределение функций между человеком и компьютером при применении информационной технологии моделирования поведения сложных систем — производственных, организационных, государственного управления и др. [4]. Такое моделирование применяется как при реформировании существующих систем, так и (на уровне математических моделей) при оптимизации характеристик создаваемых систем. При моделировании поведения проверяется достижимость поставленных целей, исследуется динамика потоков ресурсов, прогнозируются кризисные ситуации, определяются риски и т. п.

Технология моделирования поведения включает решение ряда задач, в том числе:



- создание целевой модели системы, определяющей структуру и динамику показателей, на основе которых оценивается функционирование системы;
- построение и анализ сценариев достижения целей на основе «операционных» моделей, отображающих динамику процессов, протекающих в системе;
- построение и анализ динамических моделей потоков (финансовых, материальных, энергетических и др.), циркулирующих в системе и между системой и внешней средой.

«Человеко-компьютерные отношения» проиллюстрируем на примере первых двух задач.

**3.1 Построение целевой модели** системы производится человеком (при компьютерной поддержке). Считается заданной главная (глобальная) цель, которая должна быть достигнута при функционировании системы. Глобальная цель декомпозируется на подцели, находящиеся между собой в определенных отношениях (например, в отношении И: цель достигнута, если достигнуты **все** подцели; в отношении ИЛИ: цель достигнута, если достигнута **хотя бы одна** подцель; комбинации отношений И-ИЛИ). Далее подобным образом декомпозируем каждую подцель и продолжаем процесс декомпозиции до получения неразложимых (терминальных) подцелей.

В результате формируем графическую структуру типа дерева, дополненного описанием отношений. Движение по дереву от его листьев (терминальных подцелей) к корневой вершине (глобальной цели) определяет целевую динамику системы. Последняя может быть как позитивной, когда достигается глобальная цель, так и негативной, когда дерево «зависает» и глобальная цель не может быть достигнута.

Образ целевой схемы (в виде дерева, «нагруженного» отношениями И-ИЛИ) можно считать результатом подсознательного процесса, т. е. интуитивным результатом, конкретизация же этой схемы базируется на знаниях экспертов в соответствующих предметных областях и не является интуитивным результатом.

**3.2 Операционная модель** (операционная схема) отображает множество операций — компонентов процессов, протекающих в системе, порядок следования операций в процессе, возможные сценарии развертывания процессов.

Основной элемент схемы «операция» — это целенаправленное действие, где цель операции может не совпадать с целями и подцелями системы, требующее для своего выполнения затраты ресурсов. Порядок следования операций определяет их последовательное или параллельное выполнение, альтернативные разветвления, соединения ветвей и т. д. Переходы в процессе от одних операций к другим инициируются выполнением условий, описываемых логическими (булевыми) функциями. Сценарий процесса определен как упорядоченная последовательность переходов, ведущая из начальной операции в конечную.

Графический образ операционной схемы — это сеть Петри<sup>1</sup>, переходы которой «нагружены» логическими функциями (как и для целевой модели применен графический язык, «сближающий» сознание и подсознание). Правила работы сети Петри определяют операционную динамику системы.

При конкретизации операционной схемы человек задает:

- набор операций с указанием их ресурсов;
- для каждой операции экспертную оценку интенсивности затраты каждого ресурса (предполагается линейная зависимость затраты ресурсов от времени операции);
- сеть Петри, отображающую порядок следования операций;
- логические функции, «нагружающие» переходы сети Петри.

На основе этих данных компьютер:

- формирует набор всех возможных сценариев процесса;
- для каждого сценария по каждому ресурсу системы строит график зависимости затраты ресурса от условного времени;
- исходя из затраты ресурсов, выбирает оптимальный сценарий.

**3.3 Взаимодействие** целевой и операционной модели позволяет определить, достижима ли глобальная цель системы при выбранном сценарии процесса. Воздействие сценария на целевую динамику системы задает человек (с помощью специальной таблицы), просчет достижимости глобальной цели выполняет компьютер.

---

<sup>1</sup> Само понятие сети Петри, названной в честь предложившего ее немецкого математика, является показательным примером интуитивного результата.

Вышеизложенный пример показывает, что творческая (интуитивная) составляющая решения сложных задач управления (создание схем) сочетается с рутинной деятельностью (конкретизацией схем), т. е. имеет место взаимодействие сознания и подсознания. При этом конкретизация схем выполняется чаще всего в форме диалога человека и компьютера, причем ведущим в этом диалоге (пока) является человек, использующий свои знания и мощные возможности сознания (силу «естественного интеллекта»).

## ***Литература***

1. Уоли Нил Дональд. Беседы с Богом. К.: София, М.: Гелиос. Кн. 1 2002, кн. 2, 2001, кн. 3, 2002.
2. Синельников В.. Возлюби болезнь свою. М.: Центрполиграф, 2004. С. 39–46.
3. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. М.: Мир, 1984.
4. Юдицкий С. А., Владиславлев П. Н. Основы предпроектного анализа организационных систем. М.: Финансы и статистика, 2005.

## ***Сведения об авторе:***

Юдицкий Семен Абрамович — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института проблем управления РАН, 334-79-00, [lmik@ipu.ru](mailto:lmik@ipu.ru)