

**Научно-технический  
журнал  
Выходит 4 раза в год**

**УЧРЕДИТЕЛЬ**

**Институт проблем управления  
им. В.А. Трапезникова РАН**

**Главный редактор  
И.В. Прангишвили**

**Заместители главного  
редактора  
А.Н. Шубин, Ф.Ф. Пащенко**

**Научный редактор  
Л.П. Боровских**

**Издатель ООО «СенСиДат»  
Ген. директор Н.Н. Кузнецова**

Адрес редакции  
117997, ГСП-7, Москва,  
ул. Профсоюзная, д. 65, к. 104.  
Тел./факс (095) 330-42-66,  
тел.: (095) 334-92-00,  
334-90-20

E-mail: datchik@ipu.rssi.ru  
[www.ipu.ru/period/pu](http://www.ipu.ru/period/pu)

Оригинал-макет  
и электронная версия  
подготовлены ООО «АКИМ»

Отпечатано в типографии  
ООО «ЭЛИТ-ЮТЕРНА»

Подписано в печать  
13.05.2003 г.

Заказ № 03/05

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

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

© СенСиДат, 2003 г.

# **ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

**1.2003**

## **СОДЕРЖАНИЕ**

**От редакции . . . . . 2**

### **Общие вопросы теории управления**

**Прангишвили И.В. Системный подход, системное мышление  
и энтропизация фундаментальных знаний . . . . . 3**

**Бутковский А.Г. О единой геометрической теории  
управления . . . . . 8**

### **Информационные технологии в управлении**

**Трахтенгерц Э.А. Компьютерные системы поддержки принятия  
управленческих решений . . . . . 13**

**Эпштейн В.Л. Антропоцентрическое информационное  
взаимодействие (вопросы терминологии) . . . . . 28**

### **Управление развитием крупномасштабных систем**

**Цвиркун А.Д. Управление развитием крупномасштабных систем  
в новых условиях . . . . . 34**

**Пащенко Ф.Ф. Технопарковые структуры и инновационное  
развитие . . . . . 44**

### **Управление организационными структурами**

**Кара-Мурза С.Г. Проблемы управления наукой на новом  
этапе реформ . . . . . 53**

### **Информационная безопасность**

**Кульба В.В., Малюгин В.Д., Шубин А.Н. Информационное  
управление (предпосылки, методы и средства) . . . . . 62**

### **Хроника**

**Борис Николаевич Петров  
(к девяностолетию со дня рождения) . . . . . 68**

**Конференция по теории управления, посвященная памяти  
академика Б.Н. Петрова . . . . . 75**

---

---

## **ОТРЕДАКЦИИ**

Журнал «Проблемы управления» предназначен для широкого круга специалистов, работа и интересы которых связаны с вопросами управления в технических, организационных, социально-экономических, экологических и медико-биологических системах, для разработчиков систем управления и средств автоматизации, для преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Деятельность журнала строится на огромном информационном массиве, накопленном в научных коллективах и не всегда доступном именно тем ученым и специалистам, управляющим структурам, для которых разработаны теория и методы управления. Отсутствие у них зачастую современных знаний о методах и механизмах управления, о трудностях и возможных ошибках, хрестоматийных для современной науки об управлении, заставляют пропагандировать и распространять со всей возможной активностью накопленную и необходимую для практической деятельности информацию.

В новом журнале в доходчивой и понятной форме читателям будут предложены принципы и методы решения управленческих задач на основе относительно простых современных методов моделирования с учетом нестабильного, а иногда и агрессивного, поведения окружающей среды, ограниченной исходной информации и противоречивости целей, слабой структуризации и наличия многих критериев, т. е. таких задач, которые наиболее часто встречаются в реальной жизни.

Учитывая существующий характер развития общества, особое внимание будет уделяться взаимосвязи технических, социально-экономических, экологических и медико-биологических аспектов управления. Рассматривая общество как социально-экономическую систему, предполагается обсуждение главных причин происходящих в мире социально-экономических процессов с точки зрения управления.

В журнале будут публиковаться концептуальные статьи по наиболее актуальным проблемам управления в технике и обществе с анализом процессов становления в России рыночной экономики, прогнозированием их оптимального развития и возможных ошибок.

Основное внимание будет уделено системному анализу и общесистемным закономерностям функционирования и управления крупномасштабными объектами; теории и методам выбора и принятия решений в сложных системах; экспертным оценкам и анализу данных; моделям управления большими системами; математическим прикладным моделям управления в различных системах; методам и моделям прогнозирования; методам управления большими проектами; прикладным моделям и методам управления в рыночной экономике; моделям и методам анализа и управления финансовыми потоками; вопросам государственного и регионального управления. Будут публиковаться публицистические статьи, связанные с социальными проблемами управления в современном мире. Намечается выпуск тематических номеров.

Мы надеемся, что журнал поможет реализации современных механизмов управления и послужит развитию российской науки, техники, промышленности и социальных сфер.



УДК 001.8+007.5

## СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД, СИСТЕМНОЕ МЫШЛЕНИЕ И ЭНТРОПИЗАЦИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ЗНАНИЙ

И.В. Прангишвили

Рассматриваются различные аспекты системологии, обсуждаются особенности системного мышления, анализируются закономерности энтропизации научных знаний. Основные положения иллюстрируются примерами.

### СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД И СИСТЕМНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

**Системология** изучает методы системного исследования окружающего нас мира (объектов, явлений, процессов) с позиции целостности или интегрированности происходящих в мире процессов, общие или специальные закономерности, присущие системам, и применяется для анализа, познания и синтеза более сложных и более эффективных систем.

Системологический или целостный подход к различным проблемам базируется на едином или комплексном понимании существа, роли, значения и взаимозависимости важных факторов; позволяет комплексно и всесторонне изучить проблему, выделить приоритеты и оптимизировать основные параметры системы. Например, системология национальной безопасности страны развивается на стыке таких наук, как политология, военная наука, социология, информатика, экология, экономическая наука.

Системология признает, что системным кризисам могут быть противопоставлены лишь системная методология и системные методы борьбы с ними [1, 2].

Системология некоторой предметной области включает в себя системологии исследуемых подсистем. Так, например, подсистемами системологии национальной безопасности страны могут служить следующие системологии: экономическая безопасность, военная безопасность, информационная безопасность, экономическая безопасность, техногенная безопасность и т.п.

Системологический или системный подход к национальным интересам страны – главное условие ее возрождения и обеспечения безопасности.

Системологию особенно важно применять при изучении глобальных проблем, которые настолько комплексны, что необходимо воздействовать одновременно на многие параметры системы, чтобы получить положительный результат в их решении.

Системный или комплексный подход к решению проблем позволяет раскрыть характер системных противоречий, выявить сложную взаимосвязь разных проблем и выработать стратегию решения поставленных задач.

Системное осмысление глобальных проблем (экологических, социальных, экономических, военных, техногенных) имеет общечеловеческое значение.

Многие преобразования или **трансформации** различных систем сводятся, в первую очередь, к изменению **структур** системы и, в частности, к изменению числа элементов или связей между ее структурными элементами. Изменение числа элементов или связи между элементами системы приводит к изменению ее структуры. На практике часто происходит усиление, или ослабление, или даже разрыв некоторых или всех внутренних межэлементных связей и образование новых. Например, сильное ослабление межэлементных связей в структуре системы может привести к ослаблению устойчивости и далее – к распаду системы. С точки зрения системных преобразований как социальная реформа, так и революция являются структурными преобразованиями, но различного масштаба и глубины. Наиболее значимы и интересны те преобразования, которые ведут к образованию качественно новой системы. Количественные изменения системы, происходящие в результате процессов соединения и разделения, могут привести к общим качественным преобразованиям системы [2].

Для преобразования (трансформации) систем путем **внешнего** возмущения необходимо появление **спускового, или триггерного, механизма**. Если внутри системы уже имеется напряженное состояние, достаточно спускового механизма, чтобы систему перевести в другое состояние. В зависимости от уровня напряженности внутри системы требуется различный уровень срабатывания спускового механизма. Чем напряженнее система, тем меньший уровень требуется для освобождения внутренней энергии системы и ее преобразования. Очень велика роль спускового механизма в социальных системах. Собравшись в большом количестве, толпа людей теряет способность контролировать себя и потенциально представляет собой слепую разрушительную силу, а потому легко поддается воздействию спускового механизма. Многие крупные исторические события, включая революцию и геноцид, были проявлением массовой истерии через некие спусковые механизмы [2].

Если **сходные**, или тождественные, условия среды и сходные процессы приводят к сходным конечным результатам в преобразовании систем, то такие преобразования системы называются **конвергентными**. Так, например, сходная водная среда привела к таким конвергентным формам, как рыбы и киты или дельфины, а сходная оптическая среда в виде световых волн определенной длины – к сходным во многом конструкциям глаз у моллюсков, животных и людей. Конвергенция наблюдается не только в органическом, но и в неорганическом мире. Пример – независимое образование сходных астрономических форм в космической среде или минералов в земле.

**Системный прогресс** характеризуется возникновением таких структурных и функциональных изменений, которые ведут к усовершенствованию организации самой системы. Как правило, системный прогресс часто сопровождается усложнением организации, правда, бывает, когда прогресс социальных структур, научных теорий и других систем сопровождается их упрощением, а не усложнением. Но в целом продвинутые системы в виде современных технологий, современной экономики, общественных структур стали сложнее.

Системный прогресс обусловливается увеличением числа и разнообразием связей с окружающей средой. Он состоит в увеличении количества полезной информации, заключенной в структуре системы. Чем проще становится окружающая среда, тем более упрощаются связи системы с ней, тем проще становится и сама система. Если упрощение среды достигает крайних пределов, система регрессирует.

Известно, что свойство той или другой системы зависит от внешнего потребителя того или иного

свойства системы. Если у внешнего потребителя нет заинтересованности в определенном свойстве системы, по этому свойству она будет закрытой. Так, если во внешней среде нет потребности в умной и талантливой молодежи и нет потребности в фундаментальной науке, то у такой системы, вследствие отсутствия потребителя, исчезнет это свойство, и поэтому наука и образование ослабеют. Те или иные свойства системы проявляются, и система по этим свойствам становится открытой лишь тогда, когда появляется внешний потребитель этих свойств, иначе по этим параметрам она становится закрытой и эти свойства исчезают [1, 2].

Сегодня в России добываемые наукой как системой новые знания не воспринимаются отечественной экономикой. Она стремится к сиюминутной выгоде и не ориентирована на освоение результатов фундаментальных исследований и научно-технического прогресса. Сокращается число ученых и нарушается разумное соотношение учителей и учеников.

---

## СИСТЕМНОЕ МЫШЛЕНИЕ

---

Цель **системного мышления** – правильно и целиком (системно) воспринимать окружающий мир, **целостно осмысливать** наблюдения и осознавать **законы и закономерности** материального и нематериального миров, научиться пользоваться этими законами и закономерностями в своей деятельности и, в первую очередь, при создании и управлении сложными системами [2].

У многих крупных специалистов, у нас и за рубежом, сложилось свое системное мышление в виде привычки мыслить так, чтобы видеть **целостную картину** объекта или процесса. Системному мышлению значительно помогает человеческая интуиция и неявное знание.

Если для новых объектов исследования имеющиеся модели недостаточны, то системное мышление (целостный подход, интуиция и неявное знание) человека способствует разработке новых более эффективных моделей. Пока в науке отсутствует количественная мера оценивания уровня системного мышления человека, однако можно утверждать, что системное мышление достигло такого уровня развития, когда при существующих когнитивных моделях человек достаточно часто может справиться с качественным анализом сложных технических, социально-экономических, психологических проблем.

Системное мышление с преобладанием фактов интуиции и неявного знания применяет методы как **индуктивного**, так и **дедуктивного** системного мышления. Если более привычное дедуктивное мышление подразумевает, что сначала определя-



ются комплексные системные проблемы, а затем находятся их комплексные решения, то при индуктивном системном мышлении, наоборот, сначала находится **новая идея** или принципиальное новое комплексное решение, а затем это решение стремится применить к соответствующей проблеме.

Парадокс системного мышления заключается в парадоксах целостности и иерархичности. Парадокс целостности заключается в том, что решение задачи целостного описания данной системы возможно при решении задачи «целостного» разбиения исследуемой системы на такие минимальные элементы системы, которые еще сохраняют свойство целостности исследуемой системы. Тогда целостное свойство принадлежит как системе в целом, так и ее составным элементам.

Парадокс иерархичности заключается в том, что описание любой целостной системы возможно как элемента или подсистемы более высокого ранга системы (надсистемы).

Очевидно, что эффективность системного мышления тем выше, чем к более сложной и слабоформализуемой системе оно применяется. Системное мышление в наибольшей степени нашло отражение в современных методах программирования, в информатике, психологии, биологии, философии и др. [1, 2].

### **ЭНТРОПИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ И ЭНТРОПИЙНЫЙ БАЛАНС**

Целью научно-технического прогресса и инновационного развития является **антиэнтропийное** или **негэнтропийное** развитие природы и общества.

Природные и общественные объективные законы и закономерности функционирования сложных систем обнаруживаются и осознаются людьми и получают всеобщее признание и применение после накопления и анализа эмпирических данных.

Человек как часть природы, если он хочет жить с ней в согласии, должен руководствоваться объективными природными и общественными законами и закономерностями. Человек, как правило, во все времена безуспешно пытался создать **собственные законы** и закономерности, которые не зависели бы от природы, и в них он указывал не то, что **можно и возможно**, а что **хотелось бы**. К сожалению, свои материальные проблемы человек часто пытается и пытается решить не в соответствии с существующими помимо нас природными законами и закономерностями, а по своему усмотрению. В том числе субъективными средствами, прибегая к помощи идеологии социального устройства общества, сепаратизма, религиозного фанатизма и т. п.

Однако человек не может совершать ни одного управлеченческого акта с положительным результатом вопреки законам и закономерностям природы и общества.

Все системные законы и закономерности, включая энтропийный, как правило, являются ограничительными и предупреждают о том, чего заранее не следует добиваться, и поэтому оказывают направляющее влияние на нашу деятельность, что позволяет определить ориентиры, в первую очередь, в области управления системами. Знание и учет общесистемных закономерностей позволяет выявлять неправильные действия и ошибки людей, когда их управлеченческие действия направлены вопреки объективным законам и закономерностям, особенно при управлении сложными слабоструктурированными и слабоформализованными техническими, социально-экономическими и политическими системами. Правда, существует некий класс систем (так называемые, изменяющиеся системы), у которых периодически изменяются системные законы и закономерности функционирования [1–3].

Важнейшим средством предотвращения или ослабления роста энтропии, а иногда ее снижения, является рациональное управление, обеспечивающее целенаправленное воздействие на объект.

Энтропия, как мера беспорядка, хаоса жестко связана с понятием вероятности. Поэтому на практике действие энтропийных закономерностей проявляется, например, в том, что они **увеличивают вероятность событий** соответствующих им, т.е. эти события начинают происходить чаще других.

Существует системная закономерность **энтропизации** или обесценивания науки, которая приводит к тому, что прирост **истинно новых научных знаний** составляет все меньшую и меньшую величину на единицу затрачиваемых средств. Вместо истинно новых научных знаний имеем дело со знаниями, которые на самом деле не являются новыми, а представляют повторное произведение от известного или ложное знание или расчеты, описанные знания, конструирование и т. п. Поэтому критерием эффективности научной деятельности может служить отношение затрат на получение истинно новых научных знаний к затратам на получение каких-либо знаний, но не представляющих собой истинно новые научные знания.

Как показали исследования американского ученого Д. Праиса, расходы на науку в США будут пропорционально квадрату числа ученых или четвертой степени числа ведущих ученых [3]. Так, например, если в США число ведущих ученых возрастет в 2 раза, расходы на науку увеличатся в  $2^4 = 16$  раз, что тяжелым грузом ляжет на плечи налогоплательщиков. Из-за значительного роста затрат на науку возникает давление общественной среды, что приводит к некоторому «затуханию»

науки. Результаты исследования Д. Праиса показывают, что начальный экспоненциальный рост науки должен постепенно замедлиться, приближаясь к определенному пределу.

Важно уметь отличать действительно новое научное знание от повторного, являющегося производным от известного и вытекающего из него, и научиться каким-то образом измерять его.

После обработки большого фактического материала Д. Праис обнаружил, что с имеющимся экспоненциальным ростом числа статей, книг, журналов, изобретений, открытий и, следовательно, экспоненциальным ростом расходов на исследования вообще, **прирост** истинно новых знаний составляет все меньшую и меньшую величину на затрачиваемую единицу средств, что можно рассматривать как энтропизацию науки. Этот процесс энтропизации или обесценивания науки происходит вследствие появления огромного количества второстепенных научных работ, которые не создают истинно нового знания.

Обнаружена также закономерность, показывающая, что экспоненциальный рост числа научных работников приводит к снижению их общей творческой производительности (по затраченным средствам) и приводит также к энтропизации науки, что, со своей стороны, тормозит развитие фундаментальной науки.

С другой стороны, наука с каждым годом все более **обезличивается**, так как растет количество коллективных трудов, скрывающих вклад каждого из соавторов.

Одновременно с этим существует некий **нижний предел** уровня научной отдачи, при переходе которого наступает быстрая деградация научного коллектива [3].

Вместо истинно нового научного знания мы часто имеем дело с различными, часто нужными, но не столь новыми знаниями, в том числе:

- **описательное знание** – которое не открывает ни новых явлений, ни новых закономерностей, ни новых объяснений. Известно, что у некоторых людей имеются энциклопедические знания, но они не способны порождать новые знания;
- **ложное или мнимое знание** – не соответствующее истине (мистика, суеверия и т. д.);
- **техническое знание** – расчеты, конструкции, методы и т. п. – полезное, но не создающее истинно нового научного знания.

Сегодня перед человечеством стоит вопрос преодоления «**социальной энтропии**», порождающей недопустимое социальное неравенство, антагонизм, терроризм и т. п.

В природе существует закономерность **баланса энтропии**. Стремление к нулевой энтропии или к полному порядку в природе и обществе бессмысленно – это недопустимо дорого. Поэтому надо

искать рациональное соотношение порядка и беспорядка и обеспечить баланс между ними. Позитивная человеческая деятельность и управление **антиэнтропийна**, так как стремится к большему порядку. Однако беспорядок или энтропия, как отрицательная сторона деятельности людей, не исчезает бесследно, а выбрасывается вовне или в другую систему, правда, она может вернуться обратно совершенно неожиданной стороной. Всегда при уменьшении энтропии в данной системе лишняя энтропия выделяется вовне, чем увеличивается энтропия внешнего мира (окружающей среды) и обеспечивается баланс энтропии системы. Таким образом, всегда существует **противоречие** между развитием общества и генерируемым им беспорядком на разных структурных уровнях, не только международном, но и внутригосударственном. Отметим, что энтропия равна мере беспорядка (хаоса), дезорганизованности только при постулате **равновероятности** событий. При **неравновероятности** событий энтропия равна **сумме мер** беспорядка и порядка. Современная модель энтропийного равновесия рассматривает круговорот природы, где соотношение частей и целого описывается по правилу «золотой пропорции», которое иногда называют законом гармонии природы [1–3]. Закон «золотой пропорции» работает при описании ряда общих свойств живой и неживой природы, общества, экономики. Равенство мер порядка и беспорядка определяет равновесие (круговорот) природы и общества.

Известно, что при развитии систем энтропия по одним параметрам системы **растет**, а по другим – **уменьшается**. Обычного перехода всей системы от беспорядка к порядку по всем параметрам не происходит.

Таким образом, происходит энтропизация или обесценивание результатов развития общества из-за нехватки необходимых для всего населения материальных и энергетических ресурсов на планете.

Нарушение на планете закономерности энтропийного равновесия и **энтропийные колебания** вызывают различные конфликты в обществе, войны, терроризм, экологические и экономические катаклизмы. Для уменьшения количества и напряженности конфликтов необходимо рациональное управление обществом путем сокращения амплитуды и частоты энтропийных колебаний на планете и в отдельных странах [3].

Важно учесть, что существует также системная закономерность, по которой процесс развития различных **сложных** объектов, событий или процессов **значительно опережает** процесс **осознания** (понимания) людьми этих событий, и поэтому люди даже с хорошим аналитическим умом не успевают осознать и понять происходящее и не всегда мо-



гут принять правильное решение. Именно этим можно частично объяснить неудачное течение процесса перестройки (1985–1990 гг.), когда властная элита, ученые, интеллигенция не смогли во время понять или осознать быстро протекающие процессы, что помешало принятию правильных политических и экономических решений, а не потому, что они хотели сделать хуже.

Для социальных систем необходимо **информационное опережение**, означающее, что **информационное взаимодействие** должно обязательно опережать решение политических, социально-экономических и других проблем. Так, единое информационное пространство должно опережать создание единого экономического и правового пространства, которое, в свою очередь, должно опережать принятие решений в разных политических и социальных сферах.

Запаздывание необходимой информации, как правило, приводит к отставанию в других сферах социальной деятельности, что и наблюдается сегодня.

В области информационного потребления существует закономерность **принудительного отчуждения и обобществления информации**, что объясняется как нежеланием субъектов добровольно отдавать свою информацию, так и необходимостью обобществления информации в интересах построения информационного общества и сохранения и развития единого информационного пространства.

В области производства информационных и коммуникационных продуктов и высокотехнологических компонентов и телекоммуникаций в мире можно считать, что условно США и Канада лидируют в производстве новых компьютеров и программных продуктов, Япония, страны Юго-Восточной Азии и Китай – в области поставки электронных компонентов компьютерной техники, а Западная Европа и Финляндия – в области телекоммуникации и сотовой радиосвязи.

Очевидно, что информационный сектор как новый перспективный сектор экономики и основа управления весьма привлекателен для России, где имеются развитая наука, образование и высокоинтеллектуальная армия специалистов, способных к конкуренции на мировом информационном рынке.

Сегодня в экономике не обнаружено четкой системной закономерности по зависимости между денежной массой и уровнем инфляции, между уровнем инфляции и экономическим спадом или подъемом экономики. Распространенное представление, что чем меньше денежной массы в обращении по сравнению с ВВП, тем меньше уровень инфляции, не соответствует действительности и иногда наблюдается даже обратное. Так, самое маленькое отношение денежной массы к ВВП в

восточноевропейских странах, в Румынии оно составляло 23,2 %, но при этом была самая высокая инфляция. Сегодня обнаружена лишь следующая закономерность – в более успешно реформируемых странах, где экономика в большей степени подконтрольна государству и правительству, инфляционные процессы и объемы денежных масс приводят к подъему экономики.

В природе существует весьма важная системная закономерность **обратимости явлений**, изображением которой является метод **трех полей и трех течений** [2, 3]. Например, в электродинамике эта закономерность позволяет из двух уже известных в электродинамике законов получить известные или совсем новые (неизвестные) законы. Если определенной комбинацией I и II явлений получается III явление ( $I + II \rightarrow III$ ), тогда возможно и изменить варианты, например, комбинацией I и III явлений получим II явление ( $I + III \rightarrow II$ ), а комбинация II + III явлений дают явление I. Закономерность обратимости явлений в электродинамике позволяет относительно простым способом устанавливать **ранее неизвестные законы** и наметить пути создания новых конструкций машин, механизмов и элементов систем, необходимых для различных областей науки и техники. Подробный анализ и синтез закономерностей обратимости явлений в электродинамике представлен в работе [2].

В природе существует также закономерность **обратимости двух явлений**, когда I явление вызывает II, и наоборот, III явление вызывает I, например, нагревание тела вызывает его свечение, и наоборот, свечение вызывает нагревание тела. Другой пример – лечение организма, основанное на самовнушении. Самоизлечение организма вследствие самовнушения происходит по причине запуска в организме необходимых биохимических процессов.

Закономерность **обратимости** двух явлений нередко работает в медицине, биологии и в других областях и позволяет принципиально по-новому решать многие проблемы [2, 3].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Прангишвили И.В. Системный подход и общесистемные закономерности. – М.: СИНТЕГ, 2000.
2. Прангишвили И.В., Пащенко Ф.Ф., Бусыгин Б.П. Системные законы и закономерности в электродинамике, природе и обществе. – М.: Наука, 2001.
3. Прангишвили И.В. Энтропийный и другие системные закономерности и проблемы управления сложными системами. – М.: Наука, 2003.

(095) 334-89-10

E-mail: iveri@ipu.rssi.ru





# О ЕДИНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ

А.Г. Бутковский

В крайне сжатой форме излагаются некоторые основные положения программы создания «Единой геометрической теории управления».

Цель настоящей работы – в предельно сжатой тезисной форме обрисовать некоторые результаты и дальнейшие перспективы работ по реализации программы создания «Единой геометрической теории управления» (ЕГТУ) – «Теории структур управления» (ТСУ) [1].

Эта программа возникла как естественное развитие и обобщение работ по управлению системами с распределенными параметрами, начатыми в Институте проблем управления в конце 1950-х гг., и по фазовому портрету дифференциальных включений [3, 4]. Естественность этого процесса, автор надеется, будет ясна из дальнейшего. Первоначальную формулировку программы можно найти в работе [2].

С другой стороны, программа создания ЕГТУ-ТСУ возникла как стремление осмыслить достижения современной математики и теоретической физики путем их сопоставления с современным состоянием и перспективами развития кибернетики и перенесением в нее этих достижений.

1. Под кибернетикой понимают науку об управлении, системах и информации. В частности, в ЕГТУ-ТСУ показывается, что триада *управление – информация – система* в определенном смысле может быть сведена к монаде *управление*.

Из математики в ЕГТУ-ТСУ берется учение о структурах, развитое в трудах школы Н.Бурбаки. Оно соединяется с учением о симметрии, причем симметрия рассматривается как наиболее общий метод исследования структур. Подчеркнем, что в ЕГТУ симметрия выдвигается именно как всеобщий метод исследования любых структур, а не как один из методов. Таким образом, сама математика в ЕГТУ определяется не только как наука о структурах, но и как наука о структурах и их симметриях. Но в природе нет симметрий, точнее, точных симметрий. В лучшем случае мы находим приближенные симметрии с той или иной степенью точности.

Отметим, что понятия *управление* и *информация* связаны с понятием *система*, а сами понятия *сис-*

*тема и система с управлением* получают точную логическую основу. При этом имеет место следующая цепочка отождествлений:

*предикат – отношение – структура – пространство – система – модель.*

Далее, из теоретической физики в ЕГТУ берутся идеи и методы локальной калибровочной инвариантности и спонтанного нарушения симметрии, а также соответствующий этим методам математический аппарат современной геометрии, в частности, теории расслоений. Понятие «система с управлением» теперь описывается с помощью понятия *расслоение*. При этом роль пространства состояний системы с управлением играет база расслоения, управляющие параметры – это элементы слоев расслоения, связанные с точками (элементами) базы, управление – это связность в расслоении, т. е. правило перехода от слоя к слою, синтезирующая функция (обратная связь) системы с управлением – это сечение расслоения.

В таком отождествлении кибернетических и математических понятий получает «управленческий смысл» фундаментальная аксиома Э. Цермело или аксиома выбора [5]. Оказывается, что функцию выбора в этой аксиоме можно отождествить с синтезирующей функцией или обратной связью в системе с управлением. В этих терминах аксиома Э. Цермело формулируется следующим образом: «в любом расслоении существует его сечение» или, аналогично, «для любой системы с управлением существует ее синтез».

2. Не следует думать, что ЕГТУ-ТСУ носит только теоретический характер и имеет только отдаленное или косвенное отношение к актуальным практическим проблемам. Скорее наоборот! Потребность в создании ЕГТУ-ТСУ родилась из стремления решать именно очень актуальные проблемы новейших технологий, например:

- создание распределенных регуляторов для стабилизации объектов плазменного типа;



- создание методов и средств генерации и управления когерентными полями, например, лазерного излучения и управления системами на квантовом уровне;
- создание методов целенаправленного синтеза композитных материалов;
- создание активных и интеллектуальных распределенных сред типа нейронных сетей и др.

К сожалению, для решения всех этих проблем в настоящее время почти полностью отсутствуют какие-либо действенные общие подходы, методы и принципы, за исключением лишь отдельных, довольно разрозненных и весьма частных результатов, и каждый такой результат рассматривается как значительное изобретение.

Указанные проблемы являются очень трудными научно-техническими проблемами, но они имеют первоочередное значение для общества. Отсюда ясно, что задача построения соответствующих теорий очень важна, но, к сожалению, далеко нетривиальна. Например, качественная теория дифференциального включения (системы с управлением) второго порядка существенно сложнее теории дифференциального уравнения того же второго порядка, не говоря уже о более высоких порядках. Но сейчас определились хотя бы точные термины, в которых эти最难нейшие задачи могут описываться.

3. Другое практическое значение ЕГТУ-ТСУ связано с проблемой создания баз научных знаний для обучения школьников, студентов, аспирантов, преподавателей и для повышения уровня квалификации специалистов.

Уже сейчас намечается программа создания «структурированных энциклопедий» (СЭ) по теории управления и математике.

Идея СЭ основывается на возможности четкого выделения математических структур как элементарных блоков знания и указания четких связей-взаимодействий между ними, за счет чего можно строить более сложные структуры и вообще развивать их сколь угодно далеко.

Практическая реализация СЭ будет осуществляться путем создания соответствующего автоматизированного компьютерного обеспечения, например, в виде гипертекстовых сред.

В СЭ содержатся три концентра для трех уровней пользователей: 1) школьников, студентов, любителей; 2) аспирантов, преподавателей, специалистов; 3) профессионалов-разработчиков и исследователей высшего уровня.

4. Содержательный смысл ЕГТУ-ТСУ состоит в том, что она направлена на решение проблемы управления структурами и симметриями. Дело в том, что в природе структуры и симметрии меняются спонтанно, в обществе структуры также чаще все-

го меняются спонтанно (например, путчи и революции) с плохо предсказуемым исходом и реже — путем четкого планирования реформ и способов их реализации. Однако до сих пор теория управления в подавляющем большинстве своих задач занималась лишь управлением состояниями, причем в фиксированных, уже заданных, неизменных системах, т. е. в системах с фиксированными структурами и соответствующими фиксированными симметриями.

Так как структура во многих случаях может быть описана отображениями (функциями), то в ЕГТУ-ТСУ речь идет об управлении отображениями.

Отсюда понятна та естественность, о которой говорилось в п. 1. Ведь теория управления системами с распределенными параметрами как раз и занимается проблемами управления всевозможными распределениями тех или иных физических и других величин (температур, концентраций веществ, механических напряжений и т. д. и т. п.), которые математически описываются соответствующими функциями (отображениями).

5. Для разработки ЕГТУ-ТСУ отсюда, прежде всего, возникла задача заново пересмотреть и математически точно определить самые фундаментальные концепции современной теории управления: «Что такое управление?», «Что такое система?», «Что такое обратная связь?», «Что такое оптимальное управление?» и др. В ЕГТУ-ТСУ задачи ставятся так, что смысл ответов на эти вопросы должен состоять в том, чтобы указать, какие в точности математические структуры и симметрии ответственны или соответствуют терминам теории управления (ТУ). Задача оказалась непростая. Пришлось вникать в ряд «нетрадиционных» для ТУ разделов современной математики — от логики и теории множеств до современных инвариантных форм теории дифференциальных уравнений, теории интегрируемости, топологии и теории алгебраических систем (например, решеток в смысле Биркгофа и алгебраических систем в смысле Мальцева).

Конечно, в современной ТУ существуют определения всех упомянутых понятий, но они все «неинвариантны», т. е. зависят от конкретных способов их описания, целевого назначения и т. д. Другими словами, в ТУ эти фундаментальные понятия даются, по сути дела, лишь на примерах в рамках конкретного описания, например, с помощью обыкновенных дифференциальных, разностных или интегральных уравнений. Предыдущий опыт и примеры не экстраполируются на более сложные случаи, которые даже заранее трудно предусмотреть.

6. Чтобы понять, какого сорта конкретные исследования надо проводить, перечислим очень коротко некоторые результаты, уже полученные в рамках реализации программы создания ЕГТУ-ТСУ.

6.1. Открытие и разработка понятия «фазовый портрет дифференциального *включения*» как обобщения широко известного понятия «фазовый портрет обыкновенного дифференциального *уравнения*».

6.2. Представление уравнений с частными производными как включения для дифференциальных форм, что является практически неизученным объектом в математике.

Такое представление показало, что и сплошные среды могут быть рассмотрены как системы с управлением, хотя, на первый взгляд, в них не видно никаких управлений или управляющих параметров.

6.3. Для широкого класса уравнений математической физики и их подкласса – уравнений с частными производными – показано, что их изучение может быть сведено к изучению соответствующих систем управления, описываемых обыкновенными дифференциальными включениями в пространстве состояний малой размерности, всего 2–4, что соответствует размерности физического пространства – времени, где определена сплошная среда или поле.

В силу малой размерности для исследования таких систем можно применить наглядные графические методы теории фазового портрета дифференциальных включений, упомянутые выше.

6.4. Установлено, что для каждой системы из широкого класса систем с управлением, в частности, систем, описываемых дифференциальными включениями, имеются три её собственные структуры:

- собственная структура управляемости-достижимости (структура Калмана);
- собственная структура финитного управления (структура Монжа или структура фазового портreta дифференциального включения);
- собственная структура оптимального управления как вторичная метрическая структура.

Можно считать, что каждая последующая из этих структур вложена в предыдущую.

Выяснение свойств оптимального управления привело к установлению нового принципа распространения света:

«Свет в природе распределяется так, что, начав испускаться источником, в каждый последующий момент времени он (свет) занимает область пространства (область освещенности) наибольшего возможного объема (меры) по сравнению с объемом (мерой) того множества точек пространства, куда он бы мог попасть виртуально, т. е. без нарушения ограничений на скорость его распростране-

ния в любой точке пространства и в любом направлении.

Более того, скорость приращения объема (меры) области освещенности также максимальна в каждый момент времени по сравнению со всеми другими допускаемыми скоростями».

Здесь, вообще говоря, речь идет о возбуждениях очень широкого класса в природе в неоднородной и анизотропной среде, свойства которой подобны свойствам пространства состояний управляемых дифференциальных систем. Речь здесь идет о дальнейшем развитии принципа Гюйгенса.

Этот принцип замечателен тем, что в отличие от известного принципа Ферма, в нем не используются лучевые представления о свете, что может очень сильно повысить точность измерений в различных экспериментах со светом или другими возбуждениями в сплошных средах, ибо объемы могут измеряться точнее линейных размеров.

6.5. В терминах определенных алгебраических структур сформулирована аксиоматика понятия *управление*. Сформулирована абстрактная задача оптимального управления, охватывающая широкий класс известных задач. Для нее введено естественно возникающее понятие *вторичной метрики*, в терминах которой сформулирован и доказан ряд теорем, дающих необходимые и достаточные условия оптимальности.

6.6. В применении к системам управления, наделенным дифференциальной структурой, в инвариантном виде (с помощью дифференциальных форм) сформулированы теоремы о многомерном принципе максимума, дающие необходимое и отдельно достаточное условия оптимальности общей дифференциальной системы. Теорема о достаточных условиях доказана. Доказательство теоремы о необходимых условиях не окончено, и оно представляется очень трудным, по-видимому, из-за отсутствия принципиально необходимых для этого понятий, которые еще предстоит найти.

В работе над этими теоремами обнаружена связь с фундаментальным физическим тензором энергии поля (импульса, момента и т. д.), а именно: в оптимальном управлении след этого тензора достигает максимума на значении, равном нулю.

6.7. Поставлена и разрабатывается задача об интегрируемости дифференциально-форменного включения и о нахождении его областей интегрируемости. Это также новая и очень трудная задача.

6.8. Установлено, что геометрически понятие *система с управлением* можно отождествить с понятием *расслоение*, где множество локальных состояний – это база расслоения; множества значений управления (зависящие от локальных состояний) – это слои расслоения (возможно, не идентичные); управление – это связность в этом



расслоении; синтез (обратная связь) — сечение расслоения.

6.9. В рамках общефилософского и методологического осмысления ЕГТУ-ТСУ сформулированы два общих принципа.

- Первый принцип назван *принципом (законом) стопроцентной эффективности математики*, суть которого очень коротко состоит из двух утверждений — прямого и обратного:

«Для любой реальности (явления, процесса и т. д.) и любой наперед заданной (но не абсолютной) точности существует математическая структура, которая описывает эту реальность с этой точностью, и, *обратно*, для любой математической структуры и любой точности существует реальность, которая описывается этой структурой с этой точностью».

Иными словами, здесь утверждается, что существует своего рода «гомоморфизм», сколь угодно близкий к «изоморфизму» между реальностями и математикой, ее структурами.

Важно отметить, что этот принцип, по сути, выражает расхожее понятие «прикладная математика», которая не есть какая-то «другая» математика, отличная от «чистой», такой математики просто не существует, ибо математика — это единая наука. К сожалению, здесь еще происходят недоразумения и путаницы. Термин «прикладная математика» надо понимать как обозначение способов и видов применения математики к описанию реальности.

- Второй принцип назван нами *управленческой парадигмой мира*.

Коротко он состоит в следующем: «Все существующие в мире структуры поддерживаются (сохраняются), пока и поскольку их поддерживают (сохраняют) соответствующие им регуляторы обратной связи, при этом наблюдаемые флуктуации (присущие всем величинам) есть не что иное, как ошибки этого регулирования (в смысле теории регулирования)».

Таким образом, здесь еще дается толкование происхождения такого всеобщего и загадочного явления как *флуктуации*, которым подвержены все без исключения наблюдаемые величины.

Отсюда, в частности, следует, что «порядок надо не наводить», как часто мы слышим, а «порядок надо поддерживать» путем постоянного (перманентного) регулирования (управления).

Управленческая парадигма мира говорит нам о том, что любая искусственная структура может быть воссоздана. Для этого нужно создать лишь подходящую систему её поддержания, например, соответствующую активную сплошную среду. В этом смысле можно менять «законы природы». Правда, делать это надо весьма осторожно и осмотрительно, не забывая обеспечить еще ряд других, так называемых, «инфраструктур», которые должны со-

провождать работу «основной» структуры. Например, создав основную транспортную структуру (самолет, поезд, автомобиль), мы еще с необходимостью должны позаботиться о создании ряда сопровождающих её инфраструктур, обеспечивающих безопасность, комфортность и др.

В частности, в работе [1] показаны два замечательных применения принципа управляемческой парадигмы мира. Один старый принцип связан с построением решающих усилителей, основанных на глубокой обратной связи (!), применяемый, в частности, в моделирующих установках. Другой принцип — это относительно новый принцип [1], предназначенный для оригинального вычисления решений новых краевых задач для уравнений математической физики.

7. В связи с обсуждением ЕГТУ-ТСУ почти невозможно не упомянуть важнейшие категории, имеющие общечеловеческий и гуманистический смысл: философия, логика, математика, кибернетика, постиндустриальная эпоха, культура, цивилизация, воспитание, образование.

*Философия* — это наука о смысле всего сущего.

*Логика* — это наука о формах смысла и способах, языках его выражения.

*Математика* — это наука, доставляющая нам наиболее общий и точный научный язык для выражения форм смысла. Это определение математики, как сложной реальности, не исключает многие другие ее определения, в том числе и то ее определение, которым мы руководствовались при работе над ЕГТУ-ТСУ. По этому определению математика — это наука о структурах и симметриях, причем симметрия является наиболее общим и наиболее мощным способом изучения структур; более того, симметрия какой-либо структуры, в свою очередь, имеет свою собственную структуру, которая также может изучаться с помощью симметрии и т. д. Эту ситуацию можно отразить схемой:

структуре  $A \rightarrow$  симметрия  $B$  структуры  $A \rightarrow$   
 $\rightarrow$  структура  $A_1$  симметрии  $B$  структуры  $A \rightarrow$   
 $\rightarrow$  симметрия  $B_1$  структуры  $A_1$  симметрии  $B$   
 $\rightarrow$  структуры  $A \rightarrow$  и т. д.

*Кибернетика*, в том смысле, как мы ее рассматривали выше, — это наука об управлении, информации и системах.

В философии ЕГТУ-ТСУ принимается, что всё сущее, называемое реальностью, невообразимо и неисчерпаемо сложно и является выражением Божественного начала и не является познаваемым «до конца». «Бог — везде» — гласит старая латинская поговорка. Другая латинская поговорка гласит, что «Бог сохраняет всех». Управленческая парадигма мира говорит нам о том, что это сохранение осу-

ществляется путем автоматического регулирования как действия обратной связи.

8. Постиндустриализация, глобализация, цивилизация, культура, образование, воспитание.

*Постиндустриализация и глобализация* стали важными, часто решающими факторами жизни от государств до отдельного человека. Они характеризуются появлением чрезвычайно мощных усилителей различных воздействий. Например, небольшая группа людей может терроризировать весь мир. Из теории управления известно, что большие коэффициенты усиления способствуют неустойчивости системы. Возникает трудная задача — стабилизировать большую и сложную систему.

У людей образуется много свободного времени и возможностей, которые могут использоваться не на благо и не с добрыми намерениями. Поэтому возникают очень важные проблемы культуры и воспитания детей. Здесь надо очень хорошо понимать смысл этих понятий и дополнительных к ним понятий: цивилизации и образования. Очень кратко можно сказать следующее.

*Цивилизация* — это сумма знаний, технологий производств, включая ремёсла, искусства, науку.

*Культура* — цели и способы применения и использования достижений цивилизации. Важно подчеркнуть, что цивилизация и культура — это разные вещи, но в идеале они должны быть согласованы, ибо, например, высокий уровень цивилизации при низком уровне культуры — опасен.

Условно можно указать следующие пропорции:

$$\frac{\text{культура}}{\text{цивилизация}} = \frac{\text{воспитание}}{\text{образование}};$$

$$\frac{\text{культура}}{\text{воспитание}} = \frac{\text{цивилизация}}{\text{образование}}.$$

Самое главное производство в человеческом обществе — это воспроизведение самого человека. Его воспитание соотносится с культурой, а образование — с цивилизацией.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бабичев А.В., Бутковский А.Г., Похиолайнен С. К единой геометрической теории управления. — М.: Наука, 2001.
2. Butkovskiy A.G. Towards the Unified Geometric Theory of Differential Systems with Control. // XI Herbstschule «Variationsrechnung, optimale Prozesse und Anwendungen. Plenary Session». (13–18 Sept. 1993, Stralsund Germany «Variationsrechnung, Optimale Prozesse und Anwendungen»). Preprint-Reihe Mathematik Greifswald, Germany. 1994. № 1. P. 5–8.
3. Бутковский А.Г. Фазовые портреты управляемых динамических систем. — М.: Наука, 1985. — 137 с.
4. Butkovskiy A.G. Phase Portraits of Control Dynamical Systems (Differential Inclusions). Dordrecht (Boston) London: Kluwer Academic Publishers. 1991. — 170 p.
5. Бутковский А.Г. Что такое управление с точки зрения аксиомы выбора Цермело // Автоматика и телемеханика. 2000. № 7. С. 182 – 185.

☎ (095) 334-76-90

E-mail:butkovsk@ipu.rssi.ru



## ABSTRACTS

**Prangishvili I.V.**

### SYSTEM APPROACH, SYSTEM THOUGHT AND ENTROPIZATION OF FUNDAMENTAL KNOWLEDGE

The paper considers various aspects of systemology, discusses the features of system thought and analyzes the principles of entropization of scientific knowledge. Basic statements are illustrated with examples. — P. 3.

**Butkovsky A.G.**

### ON THE UNIFIED GEOMETRICAL THEORY OF CONTROL

The paper presents in a very condensed form some basic ideas of the program for creating the Unified Geometrical Theory of Control. — P. 8.

УДК 519.816

# КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ<sup>1</sup>

Э.А. Трахтенгерц

Формулируются задачи компьютерных систем поддержки принятия решений, рассматриваются факторы, влияющие на возможности таких систем и трудности, возникающие при их реализации и применении. Обсуждаются методы компьютерного анализа ситуаций, компьютерной генерации и оценки возможных решений, моделирования принимаемых решений и компьютерной поддержки согласования групповых решений. Показываются возможности этих систем.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Вычислительная техника все шире применяется для решения задач управления. Появление персональных компьютеров позволило каждому руководителю иметь его на столе, обеспечивая доступ к любой базе данных своей фирмы, а Интернет позволяет получать и передавать необходимую информацию не только внутри страны, но и практически во всем мире.

Большинство коммерческих, общественных и государственных организаций уже не принимают серьезных решений без использования элементов компьютерного анализа. Возможности аппаратных и программных средств непрерывно улучшаются, при этом их цена либо не возрастает, либо возрастает незначительно. Корпорации развивают распределенные системы, обеспечивающие легкий доступ к информации, находящейся в различных местах, и объединение их с другими информационными и управляющими системами.

Хотя мы и говорим о компьютерной поддержке принятия управленческих решений, т. е. об использовании формальных оценок и расчетов, роль личных качеств руководителя (эксперта) — его интеллект, субъективные оценки, эрудиция, умение находить решение и т. п. — не уменьшается, а может быть, даже возрастает. *Компьютерные системы*

*поддержки управленческих решений вводят новую составляющую в искусство принятия решений: искусство использования средств вычислительной техники, которое должно сочетать оценки и решения, полученные уже устоявшимися (или вновь разработанными) математическими методами, с субъективными оценками, сделанными на основе знаний, опыта и интуиции руководителя. Это связано с тем, что на решение руководителя сильнейшее влияние оказывают его субъективные предпочтения, поэтому в предложенных компьютером вариантах решений руководитель должен видеть их тщательный учет, а не «абстрактное оптимальное» предложение, далекое от его интересов.*

## **1. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

### **1.1. Задачи компьютерных систем поддержки принятия решений**

Принятие решений — каждодневная деятельность человека, часть его повседневной жизни. В большинстве случаев оно заключается в генерации возможных альтернатив решений, их оценке и выборе лучшей альтернативы.

При выборе альтернатив приходится учитывать большое число противоречивых требований и, следовательно, оценивать варианты решений по многим критериям. Противоречивость требований, неоднозначность оценки ситуаций, ошибки в вы-

<sup>1</sup> Сокращенное изложение доклада на II Международной конференции по проблемам управления. Москва. 2003 г.

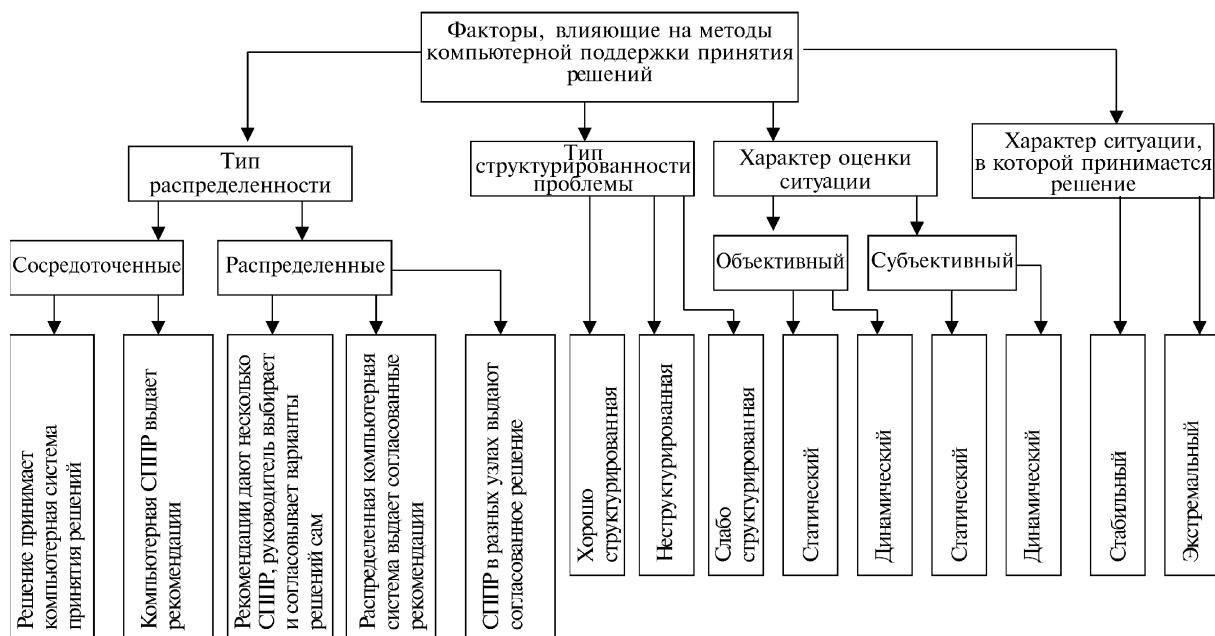


Рис. 1. Факторы, оказывающие влияние на выбор методов компьютерной поддержки принятия решений

бore приоритетов сильно осложняют принятие решений.

Но самое сложное заключается в другом. Изменился круг задач, решаемых человеком в различных сферах своей деятельности. Возникли новые сложные и непривычные для него проблемы. В течение столетий люди могли принимать решения, ориентируясь на один-два главных фактора, не учитывая многие другие. Они жили в мире, где темп изменения окружающей среды был невелик, и новые явления возникали «по очереди», а не сразу.

Сейчас положение изменилось. Большое количество задач, если не большинство, являются многокритериальными, и приходится учитывать большое число факторов. Человеку приходится оценивать множество сил, влияний, интересов и последствий, характеризующих варианты решений.

Формализация методов принятия решений, их оценка и согласование являются чрезвычайно сложной задачей. Увеличение объема информации, поступающей в органы управления и непосредственно к руководителям, усложнение решаемых задач, необходимость учета большого числа взаимосвязанных факторов и быстро меняющейся обстановки настоятельно требуют применения вычислительной техники в процессе принятия решений. В связи с этим появился новый класс вычислительных систем – системы поддержки принятия решений (СППР).

Термин *система поддержки принятия решений* появился в начале 1970-х гг. [1], дано много его оп-

ределений [2–4], характеризующих функции СППР по аналогии с процессом принятия решения человеком. Если исходить из необходимости компьютерной поддержки на всех этапах принятия решения человеком, то СППР можно определить как человека-машинную систему, позволяющую руководителям использовать свои знания, опыт и интересы, объективные и субъективные модели, оценки и данные для реализации компьютерных методов выработки решений и выполняющую следующие функции:

- 1) анализ обстановки(ситуации);
- 2) генерация возможных управлеченческих решений (сценариев действий);
- 3) оценка сгенерированных сценариев (действий, решений) и выбор лучшего;
- 4) обеспечение постоянного обмена информацией об обстановке принимаемых решений и согласование групповых решений;
- 5) моделирование принимаемых решений (когда это возможно);
- 6) компьютерный анализ возможных последствий принимаемых решений;
- 7) сбор данных о результатах реализации принятых решений и оценка результатов.

На рис. 1 представлены некоторые факторы, далеко не все, оказывающие влияние на выбор методов компьютерной поддержки принятия решений [5]. Подробно влияние этих факторов рассмотрено в работах [5, 6].



## 1.2. Влияние неопределенности и субъективности оценок на компьютерную поддержку принятия решений

Термин «неопределенность» был предложен проф. Найтом (F.H. Knight) в 1933 г. [7]. Смысл термина заключается в том, что руководитель (эксперт) не знает или не может оценить вероятность того или иного состояния окружающей среды и результатов, происходящих из нахождения среды в этом состоянии.

Неопределенность является неотъемлемой частью процессов принятия решений. Принято различать три класса неопределенностей [8]: связанные с неполнотой наших знаний о проблеме, по которой принимается решение; связанные 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. Один из способов снятия заключается в субъективной оценке специалиста (эксперта, конструктора, руководителя), определяющей его предпочтения.

Субъективная оценка руководителя – это оценка, сделанная им на основе собственного опыта, интуиции, предпочтения или интереса, а не на основе абсолютно точного знания.

Задачи, решаемые с помощью СППР, можно подразделить на [9]:

- 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 людей.

Примерами последних из них служат принятие экономических и политических решений, большинство задач предварительного проектирования (хотя там есть расчеты, но лишь ориентировочные), задачи медицинской диагностики, во многих случаях принятие решений в чрезвычайных ситуациях и т. д. Для этих задач характерна субъективная оценка человеком качества решения и решающее влияние опыта, знаний и личных интересов руководителя на выработку решения. Более того, чем больше степень неопределенности, тем большее значение в процессе принятия решения имеет субъективная оценка руководителя.

Таким образом, руководитель или эксперт вынужден исходить из своих субъективных представлений об эффективности возможных альтернатив и важности различных критериев. Как уже было

сказано, эта субъективная оценка во многих случаях оказалась основой объединения разнородных физических параметров решаемой проблемы в единую модель, позволяющую оценивать варианты решений. Отметим, что руководители, как правило, редко и неохотно признают фактор неопределенности, заявляя, что их фактически субъективные оценки и прогноз являются оптимальными.

В этой субъективности нет ничего плохого. Опытные руководители и конструкторы хорошо осознают, сколько личного и субъективного они вносят в принимаемые 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.

*Отсюда следует, что для того, чтобы рекомендации системы поддержки принятия решений с доверием воспринимались руководителем, она должна «понимать» его приоритеты и предпочтаемые им средства достижения цели, т. е. должна учитывать его субъективный взгляд на решаемые проблемы. Так как у каждого руководителя он свой, то каждая СППР должна настраиваться индивидуально на каждого руководителя.*

## 1.3. Трудности, возникающие при компьютерной поддержке принятия решений, и возможности их преодоления

Устойчивых традиций применения вычислительной техники для выработки управленческих решений еще не возникло. Это связано со многими методологическими и психологическими трудностями, часть которых обсуждается в этом разделе.

**Психологический барьер.** Применение средств вычислительной техники для решения задач подобного рода оказалось не только сложным методологически, но во многих случаях эксперты и руководители оказывались перед психологическим барьером, не позволяющим использовать ЭВМ для поддержки принятия решений.

Для многих руководителей старшего поколения сама мысль о том, что какая-то машина, пусть и электронная, будет принимать вместо них решения или хотя бы давать рекомендации, казалась нестерпимой. И это было связано не только с антипатией к машине как «мыслящему инструменту», но и с неумением и непривычкой вырабатывать решения на основе формализованных оценок.

Появление в руководстве государственных учреждений и частных компаний людей нового поколения, конечно, значительно изменило отноше-

ние к вычислительной технике, и в задачах учета и анализа она стала господствовать почти безраздельно, однако применение вычислительной техники для генерации, оценки, согласования и принятия решений все еще наталкивается на определенное недоверие.

**Необходимость сохранения конфиденциальности предпочтений и мотивов действий руководителя.** Эта проблема может стать серьезным препятствием применения СППР. Далеко не все руководители делятся даже с ближайшими сотрудниками своими планами, тем более, стратегическими, и уж, конечно, своими оценками складывающейся ситуацией. В сложных ситуациях руководитель может не иметь достаточной свободы выбора решения, и ему будет трудно отвергнуть вариант решения, предлагаемый СППР, не раскрывая своих истинных мотивов. Но эта проблема не является непреодолимой. В СППР можно предусмотреть средства кодирования истинных предпочтений руководителя, недоступные для других пользователей системы. Если руководитель уверен, что секретность его оценок и предпочтений будет сохранена, он не будет смотреть на СППР как на врага, выдающего его планы возможным недругам.

**Противоречие, возникающее от смешения ответственности математика-программиста и руководителя.** Необходимость математических моделей порождает противоречие во взаимодействии руководителя с компьютерной СППР, возникающее от смешения ответственности [10]. Математик, компетентный в математических дисциплинах, несет профессиональную ответственность только за качество решений математически поставленной задачи. Он не компетентен в содержательной стороне процедур принятия проектных решений и не отвечает за них. Тем не менее, через разработанные им модели и алгоритмы решение формирует он. Руководитель, компетентный в содержательных вопросах и отвечающий за конечный результат, в большинстве случаев не в состоянии понять математические методы, и поэтому для него процесс формирования решения не вполне прозрачен. Таким образом, получается, что отвечает за последствия решений руководитель, а формирует решения математик. Это противоречие вызывает недоверие у руководителя и является одной из причин нежелания руководителя работать с компьютерными СППР.

**Проблема неопределенности.** Об этой серьезной трудности уже говорилось, она подробно рассмотрена в монографии [11].

**Решения, принимаемые СППР, противоречат чьим-либо интересам.** Методы и алгоритмы выбор решений могут противоречить интересам лиц или коллективов, которые должны пользоваться этой системой. В этом состояла одна из причин, по ко-

торым в Советском Союзе очень трудно было создать и, тем более, эксплуатировать системы автоматического управления.

## 2. МЕТОДЫ, РЕАЛИЗУЕМЫЕ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

### 2.1. Структура системы поддержки принятия решений

В соответствии с определением СППР, данном в п. 1.1 (см. поз. 1–7), ее структуру, состав и взаимодействие отдельных блоков можно представить в виде, показанном на рис. 2 (поз. 7 фактически является вариантом анализа на следующем шаге).

Заметим, что по структуре связей СППР, показанной на рис. 2, процесс принятия решений может повторяться, если предлагаемый вариант решения не удовлетворяет руководителю. Решения могут согласовываться как до оценки возможных вариантов решения, сделанных руководителем, так и после нее.

Рассмотрим основные характеристики и некоторые особенности представленных на рис. 2 блоков.

### 2.2. Анализ сложившейся обстановки

Для анализа сложившейся обстановки широко применяются методы, получившие в отечественной литературе название интеллектуального анализа данных (ИАД), этому русскому понятию соответствуют английские термины Data Mining (добыча данных), On Line Analytical Processing – OLAP (оперативный анализ данных), Knowledge Discovery (обнаружение знаний) или Intelligent Analysis Data (разведывательный анализ данных).

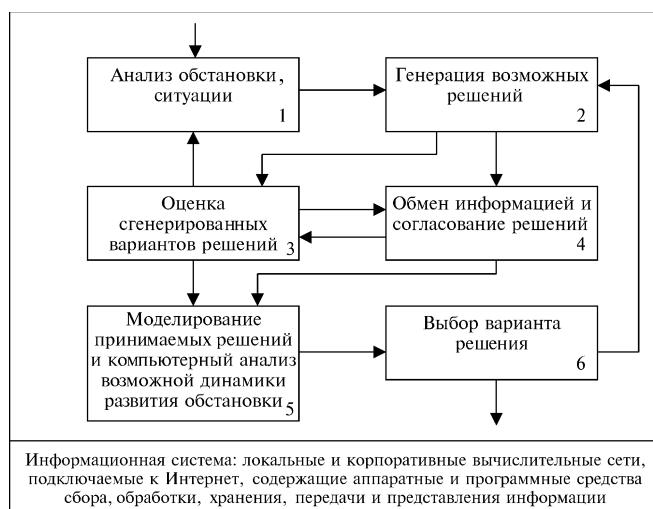


Рис. 2. Структура компьютерной системы поддержки принятия решений



Термин ИАД кажется несколько рекламным. Методы ИАД едва ли более «интеллектуальны», чем методы, применяющиеся в других разделах программного обеспечения, но поскольку термин устоялся, будем им пользоваться.

Интеллектуальный анализ данных заключается в применении алгоритмов обработки для выявления скрытых тенденций, закономерностей, взаимосвязей и перспектив развития процесса, учет которых помогает повысить качество принимаемых решений. Все методы, применяемые в ИАД, являются логическим обобщением различных аналитических подходов, известных уже на протяжении десятилетий. Новизна ИАД заключается в расширении сферы применения этих методов в управлении, которое стало возможно благодаря возросшей доступности данных и удешевлению вычислений. Кроме того, до относительно недавнего времени не существовало компьютерных методов ИАД с дружественным интерфейсом пользователя. Рост интереса к средствам интеллектуального анализа объясняется отчасти и усовершенствованиями в области интерфейса, которые сделали их доступными для специалистов деловой сферы, но, главным образом, возросшими требованиями к результатам анализа, резким увеличением объема перерабатываемой информации, усложнением решаемых задач и временными ограничениями анализа обстановки и принятия решений.

Широкое применение методов ИАД – очередной этап процесса, развивающегося с начала XX века, но получившего особое значение в связи с широким использованием вычислительной техники в управлении, в том числе и в СППР.

В качестве примера рассмотрим метод моделирования процессов распространения радиоактивных веществ в окружающей среде [12]. Проблема состоит в том, что на ранней стадии аварии данные мониторинга степени радиационного загрязнения носят фрагментарный характер, и задача СППР заключается в том, чтобы на основе этих фрагментарных данных восстановить цельную картину состояния загрязнения окружающей среды в зоне поражения. На основе этих данных будут проведены обсуждения и принято групповое решение различными специалистами и организациями по ликвидации последствий радиоактивного заражения. Задача восстановления целостной картины по фрагментарным данным достаточно типична для проблем, решаемых с помощью ИАД.

База данных пространственно привязана к данным, полученным в результате измерений произошедшего загрязнения. На ее основе строится поле данных, позволяющее по координатам точки рассчитать предполагаемое значение исследуемого параметра и точность этой оценки. Все поля данных строятся и хранятся единообразно в виде суммы

конечных элементов, каждый из которых является минимальной параболой с областью определения на ячейке, равномерной по каждой координате:

$$V(x, y) = a + bx + cy + dxy,$$

где  $(x, y) \in [0,1] \cdot [0,1]$  – относительные координаты точки внутри соответствующей ячейки,  $V(x, y)$  – значения поля в точке  $(x, y)$ ,  $a, b, c$  и  $d$  – коэффициенты, зависящие от значений поля в узлах сетки.

Одним из методов оперативного построения полей является метод весовых коэффициентов. Он достаточно прост и может быть хорошей иллюстрацией идей, используемых для восстановления недостающих данных. Результаты измерений интерполируются системой в узлы равномерной сетки по формуле:

$$V_j = \frac{\sum_i Z_i W_i}{\sum_i W_i}, \quad W_i = \exp\left(-\frac{9}{2} \times \frac{R_i^2}{(kd)^2}\right),$$

где  $V_j$  – значение поля в  $j$ -м узле сетки,  $Z_i$  – значение измерения в  $i$ -й точке,  $W_i$  – «вес» значения в  $i$ -й точке,  $R_i$  – расстояние от  $i$ -й точки до  $j$ -го узла,  $d$  – шаг сетки,  $k$  – безразмерный параметр, задаваемый экспертом. Усреднение производится по результатам измерений в точках, лежащих внутри ближайших к узлу прямоугольных ячеек сетки до глубины  $k$ .

По вычисленным значениям  $V_j$  система строит карту распространения загрязнений и распечатывает или высвечивает ее на дисплеях участников принятия решений. Эта карта входит в набор исходных данных, по которым в дальнейшем будет приниматься групповое решение по ликвидации последствий радиоактивного заражения.

Интеллектуальные системы компьютерного анализа данных могут основываться на двух подходах. *Первый* заключается в том, что в системе фиксируется опыт эксперта, который и используется для оценки создавшейся ситуации. На этом подходе основывается построение экспертных систем.

*Второй подход* базируется на анализе исторических данных, описывающих поведение изучаемого объекта, принятых в прошлом решениях, их результатах (например, анализе временных рядов стоимости валют и акций, статистики продаж различного рода товаров, результатов выборов и т.п.).

Наконец, *третий подход* – комбинация первых двух: результаты, полученные при анализе исторических данных, оцениваются на основе опыта эксперта.

В последнее время резко возрос интерес ко второму и третьему подходам. Это объясняется тем, что в связи с резким усложнением управленческих задач возникли новые потребности в глубоком



анализе поступающей и хранящейся в базах данных информации, выполняемом в реальном масштабе времени.

Применение методов ИАД порождает проблему субъективного выбора метода и требуют, как это ни странно, субъективного критического осмысливания результатов анализа [13].

Отметим, что проблема адекватности модели и выбора метода стояла всегда. Но после появления парадигмы ИАД и придания анализу данных прекрасного, удобного и выразительного интерфейса специалист, принимающий решение, оказался с машиной один на один. Эта проблема оказалась для него скрытой, и он перестал чувствовать необходимость выбора метода и понимания его положительных и отрицательных свойств, а также влияние характеристик метода, например, выбор метрики, на конечный результат расчета.

### 2.3. Генерация вариантов решений

Компьютерную генерацию возможных решений (сценариев) можно осуществить посредством: программной реализации аналитических или имитационных моделей, с помощью экспертных систем, генерации сценариев путем комбинации различных операций, заданных руководителем или взятых из базы данных, и, наконец, подхода, получившего название ситуационного управления.

Обычно различают два типа методов: поисковые и нормативные [14]. Поисковый метод – это определение возможных состояний системы в будущем. Нормативный метод – определение путей и сроков достижения возможных состояний системы, принимаемых в качестве цели.

Генерируемые решения можно подразделить на:

- неожиданные, принципиально новые решения, на которые компьютер пока неспособен;
- решения, основанные на типовых сценариях, по аналогии, на основе комбинации известных частных решений; генерация таких решений доступна компьютеру.

Однако, так или иначе, руководитель должен сначала структурировать решаемую проблему, т. е. расчленить ее, если это необходимо, на части. При управлении производством это может быть деление его на функции и задачи, выделение работ, связанных с реинжинирингом предприятия, формирование деревьев целей и решений, формирование составных частей различных проектов, бизнес-планов и др.

Описание грамматических правил, алгоритмов их построения и генерации вариантов дано в работе [15].

Поскольку временные характеристики чрезвычайно важны при выработке решений по ликвидации чрезвычайных ситуаций, построим для решения задачи параллельно-временную порождающую

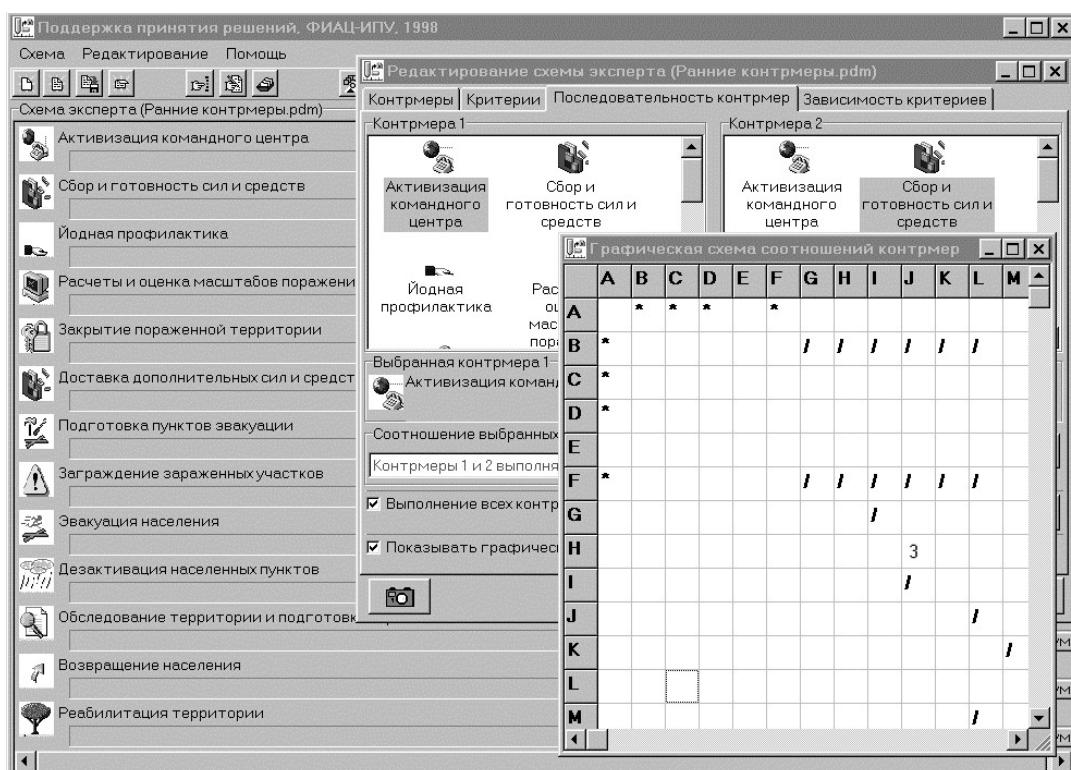
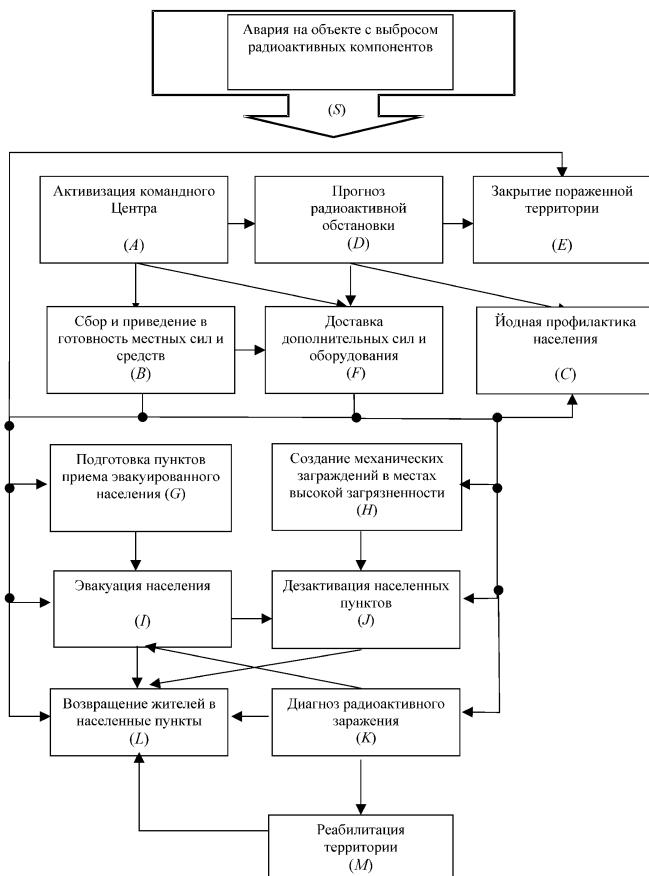


Рис. 3. Фрагмент интерфейса генерации данных и результат диалога



**Рис. 4. Схема возможных контрмер, построенная СППР по результатам диалога**

граммами. Для построения грамматики будем использовать информацию о возможной последовательности операций, параллельности их выполнения и организации циклов (если они есть), полученную в процессе диалога руководителя или эксперта с СППР. Результат диалога показан на рис. 3 [12]. На рис. 4 дана схема вариантов возможных контрмер, построенная системой по результатам диалога. Задача заключается в выборе из них наилучшего в сложившихся условиях.

Штрих у символа  $A$  (на рис. 3 не обозначен) означает начало выполнения параллельного процесса, значки «\*» означают, что операции, показанные в столбце и строке, которые образуют клетку, могут выполняться параллельно. Заметим, что возможность параллелизма вовсе не означает его обязательности, операции  $B$ ,  $C$ ,  $D$  и  $F$  могут быть выполнены и последовательно друг за другом. Значок «//» означает, что после операции, указанной в строке матрицы, выполняется операция, указанная в столбце. Число 3 на пересечении строки  $H$  и столбца  $J$  указывает на необходимость повторения последовательности операций  $HJ$  3 раза, т. е. организацию цикла.

Исходя из матрицы (см. рис. 3), система поддержки принятия решений генерирует следующую грамматику:

$$\begin{aligned}
 & A' \rightarrow C(t_C); B \rightarrow C(t_C); B \rightarrow L(t_L); F \rightarrow G(t_G); \\
 & I \rightarrow L(t_L); I \rightarrow J(t_J); \\
 & A' \rightarrow B(t_B); B \rightarrow F(t_E); D \rightarrow F(t_E); F \rightarrow K(t_K); \\
 & J \rightarrow I(t_I); M \rightarrow F(t_E); \\
 & A' \rightarrow C(t_C); B \rightarrow E(t_E); D \rightarrow B(t_B); F \rightarrow H(t_H); \\
 & J \rightarrow L(t_L); M \rightarrow L(t_M); \\
 & A' \rightarrow F(t_E); B \rightarrow H(t_H); D \rightarrow C(t_C); F \rightarrow L(t_L); \\
 & K \rightarrow M(t_M); \\
 & B \rightarrow E(t_E); B \rightarrow J(t_J); D \rightarrow J(t_J); G \rightarrow I(t_L); \\
 & K \rightarrow L(t_L); \\
 & B \rightarrow I(t_I); B \rightarrow K(t_K); F \rightarrow I(t_L); F \rightarrow C(t_C); \\
 & H \rightarrow J(t_J).
 \end{aligned}$$

Времена выполнения операций также указываются руководителем в качестве критерия данного действия (контрмеры). При оценке временных характеристик  $t_X$  выполнения операций  $X$  необходимо учесть влияние операции  $X_i$  на время выполнения операции  $X_j$ . Времена выполнения операций для решения рассматриваемой задачи приведены в табл. 1. В столбце  $t_X$  в условных единицах указаны времена автономного выполнения операций, когда выполнение этой операции не совмещается с другой, дополняющей ее.

Дробь в клетке табл. 1 показывает, как сокращается время выполнения операции  $x_i$ , указанной в строке, если она выполняется совместно с операцией  $x_j$ , указанной в столбце. Черта в таблице показывает, что время выполнения операции  $x_i$  не зависит от выполнения операции  $x_j$ . Наконец, времена выполнения операции, зависящие от объема

**Таблица 1**  
**Времена выполнения операций и их взаимное влияние**

Операции $X$	$t_X$	$G$	$H$	$K$	$J$	$I$
A	2	—	—	—	—	—
B	5	—	—	—	—	—
C	3	—	—	—	—	—
D	1	—	—	—	—	—
E	24	—	—	—	—	—
F	12	—	—	—	—	—
G	6	—	1/2	3/4	1/3	2/3
H	12	1/4	—	1/2	1/2	—
I	8	1/2	—	3/4	1/2	—
J	36	1/18	—	—	—	1/9
K	18	3/12	—	—	—	1/3
L	12	—	—	—	—	—
M	120	—	—	—	—	—

работ, например, дезактивация населенных пунктов, обследование территорий и т. п., указаны для единицы объема работы: 1 км<sup>2</sup> загрязненной территории, анализа 1 пробы и т. д. на единицу оборудования. Такие характеристики, как время активизации командного пункта, сбор и приведение в готовность сил и средств и т. п. указаны в абсолютных единицах. Возможно введение и других условий.

Идея алгоритма проста: если можно, то идем вперед, порождая цепочки символов, если цепочка порождена — возвращаемся назад до полного перебора всех грамматических правил. Алгоритм подробно описан в работе [15].

Описывая процесс при помощи такой грамматики, можно получить все допустимые сценарии, из которых СППР впоследствии выберет лучший.

Теперь перейдем к поисковому прогнозу, который фактически решает задачу прогнозирования и отвечает на вопрос, что вероятнее всего произойдет при условии сохранения существующих тенденций. Для реализации поискового метода часто применяются различные статистические методы. В качестве примера рассмотрим схему прогнозирования по общей трендовой модели с использованием непротиворечивых экспертных оценок [16].

Пусть известна история прогнозируемого процесса, представленного в виде последовательности результатов наблюдений:

$$\tilde{y}_t, \quad t = \overline{1, m}, \quad (1)$$

а множество непротиворечивых экспертных оценок

$$\{w^l, \quad l = \overline{1, L}\} \quad (2)$$

представимо конъюнкцией  $\bigcup_{l \in L} w^l$ .

Вообще,  $w^l$  может быть сложным высказыванием, состоящим из нескольких элементарных высказываний. В частном случае  $w^l$  может быть одним высказыванием типа

$$\alpha^l + \beta^l y_\mu^l \geq \gamma^l + \delta^l y_v^l, \quad l = \overline{1, L}, \quad (3)$$

где  $\mu$  и  $v$  — моменты периода упреждений, а  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  — оценки, задаваемые экспертами. Ниже рассматривается этот простой случай.

При прогнозировании ключевым вопросом всегда является выбор класса модели. Этот выбор зависит от субъективных предпочтений эксперта и может оказать серьезное влияние на результат прогнозирования.

Пусть выбран класс моделей с линейными по параметрам зависимостями:

$$F(t, \theta) = (\theta, \varphi(t)), \quad (4)$$

определенными в дискретные моменты времени  $t = \overline{1, m}$ , где  $\theta$  — вектор параметров  $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_k)$ , а  $\varphi$  — векторная функция  $\varphi = (\varphi_1, \dots, \varphi_k)$ , компонентами которой являются известные векторные функции времени, а  $(\theta, \varphi(t)) = \sum_{i=1}^K \theta_i \varphi_i(t)$  — скалярное произведение. Зависимость (4) называется функцией (моделью) тренда.

Задача заключается в отыскании прогнозной последовательности, наиболее согласованной с результатами наблюдений (1) и экспертными оценками (2).

Ввиду того, что период наблюдений недостаточен для получения надежных статистических выводов и(или) процесс может отклониться от стационарного режима, при оценивании параметров модели часто требуют ее соответствия экспертным оценкам, а уже затем — результатам наблюдений. Т. е. в этом методе прогнозирования используются субъективные предпочтения экспертов.

Соответствие модели (4) экспертным оценкам (2) означает, что  $y_t = (\theta, \varphi(t))$ ,  $t = \overline{m+1, m+n}$  и, следовательно, должны выполняться линейные неравенства (3).

Соответствие модели (4) результатам наблюдений (1) определяется тем, насколько вычисленные по модели значения временного ряда близки к наблюдаемым. В качестве меры близости может быть взята сумма

$$D(\theta) = \sum_{t=1}^m R(\tilde{y}_t - (\theta, \varphi(t))), \quad (5)$$

где  $R$  — некоторая строго выпуклая функция (например, квадрат или модуль вещественного числа).

В результате приходим к задаче минимизации:

$$\min_{\theta_i} D(\theta) \quad (6)$$

с ограничениями (3).

Найдем параметры варианта решения, решая задачу линейного программирования. Воспользовавшись известным способом перехода от задачи минимизации суммы модулей к задаче линейного программирования, сведем к последней задачу (3), (5) и (6), выбрав из соотношения (5) в качестве функции  $R$  модуль вещественного числа:

$$D(\theta) = \sum_{t=1}^m |\tilde{y}_t - (\theta, \varphi(t))|.$$



С этой целью введем вспомогательные переменные:

$$r_t = \begin{cases} \tilde{y}_t - (\theta, \phi(t)), & \tilde{y}_t > (\theta, \phi(t)) \\ 0, & \tilde{y}_t \leq (\theta, \phi(t)), \end{cases}$$

$$S_t = \begin{cases} (\theta, \phi(t)) - \tilde{y}_t, & (\theta, \phi(t)) > \tilde{y}_t \\ 0, & (\theta, \phi(t)) \leq \tilde{y}_t. \end{cases}$$

Ясно, что  $|\tilde{y}_t - (\theta, \phi(t))| = r_t + S_t$  и  $\tilde{y}_t - (\theta, \phi(t)) = r_t - S_t$ .

Поэтому вместо задачи (3), (5) и (6) переходим к задаче минимизации линейной формы:

$$\min_{\theta, r, S} \sum_{t=1}^m (r_t + S_t)$$

при ограничениях (3) и дополнительных ограничениях:

$$(\theta, \phi(t)) + r_t - S_t = \tilde{y}_t, \quad t = \overline{1, m}$$

$$r_t S_t \geq 0, \quad t = \overline{1, m}.$$

Решая задачу, находим вектор оценок параметров  $\hat{\theta} = (\theta_1, \dots, \theta_k)$ , а затем прогнозную последовательность:

$$\hat{y}_t = (\hat{\theta}, \phi(t)), \quad t = \overline{m+1, m+n}.$$

Так как система неравенств (3) в случае непротиворечивости экспертивных оценок совместна, задача минимизации имеет решение, и это решение единственно в силу строгой выпуклости функции  $R$  и, следовательно, функции  $D$ .

Заметим, что решение задачи при заданных экспертных оценках действительно единственное, но в большинстве случаев сами экспертные оценки сильно зависят от состава экспертов, их опыта в решаемой проблеме и т. п.

#### 2.4. Оценка возможных вариантов решений в соответствии с предпочтениями руководителя

В процессе принятия нового решения человек в состоянии рассмотреть несколько вариантов и во многих случаях не замечает лучший или опасный (пример — «зевки» в шахматах). Система поддержки принятия решений способна генерировать, если не все, то очень большое число возможных решений. Но генерация большого числа решений имеет смысл только в том случае, если сама СППР сможет их оценить и проранжировать с учетом предпочтений руководителя. (Показывать много, например, 200 вариантов, руководителю бессмысленно. Он не в состоянии проанализировать все варианты).

Для представления лучших вариантов решений, сгенерированных с помощью СППР, их необходимо оценить, проранжировать и выбрать лучшие.

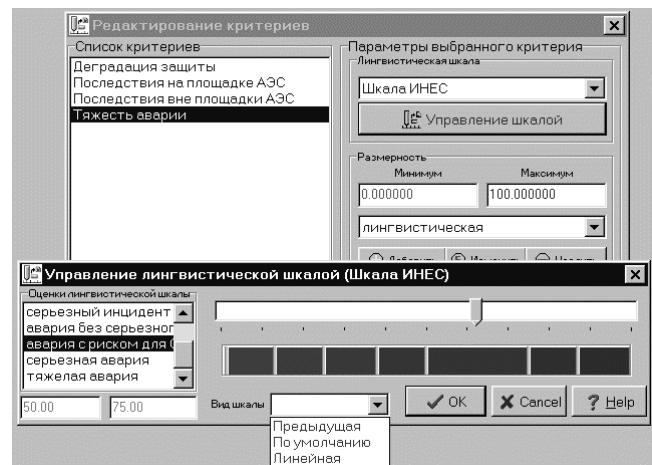


Рис. 5. Фрагмент интерфейса редактирования критериев и их «весов»

Варианты решений оцениваются с помощью математических моделей и обязательно с учетом предпочтений руководителя.

Некоторые модели, далеко не все, условия и области их применения на примере нефтегазового производства показаны в табл. 2. Подчеркнем, что в этих моделях, несмотря на возможную строгость математической формулировки задачи, результат моделирования может зависеть от субъективных предпочтений эксперта в выборе метрики, базовых шкал, коэффициентов уравнений (во многих случаях это оказывается очень сложной задачей), функций принадлежности множеству и т. д.

Как уже отмечалось, выбор критериев оказывает серьезнейшее влияние на результаты оценок вариантов. На рис. 5 показан интерфейс редактирования критериев и определения их «весов» [12].

Построение функций предпочтения руководителя во многих случаях оказывается для него достаточно сложной задачей. В этих случаях для оценки вариантов решений можно воспользоваться отношениями предпочтений руководителя.

Предложено много методов ранжирования, рассмотрим в качестве примера один из них, предполагающий использование отношений предпочтения руководителя и введение функций согласия.

Отношение предпочтения по  $j$ -му критерию  $p_j(k, l)$  для пары альтернатив  $(A_k, A_l)$  определим соотношением:

$$p_j(k, l) = \begin{cases} \frac{r_{kj} - r_{lj}}{m_j}, & \text{если } r_{kj} > r_{lj} \\ 0 & \text{в противном случае,} \end{cases} \quad (7)$$

где  $m_j$  — балльность шкалы оценок руководителя по  $j$ -му критерию.



Отношение предпочтения (7) может быть названо отношением нечеткого предпочтения, так как  $r_{rj}$  и  $r_{lj}$  – лингвистические, т.е. нечеткие переменные, характеризующие критериальные оценки руководителя  $k$ -ой и  $l$ -ой альтернатив по  $j$ -му критерию.

Отношение предпочтения по паре альтернатив  $(A_k, A_l)$  определим соотношением:

$$\begin{aligned} P(k, l) &= \sum_{j=1}^J k_j p_j(k, l) = \\ &= \sum_{j=1}^J k_j \begin{cases} \frac{r_{kj} - r_{lj}}{m_j}, & \text{если } r_{kj} > r_{lj} \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases} \quad (8) \end{aligned}$$

где  $k_j$  – «нормированный» вес (значимость)  $j$ -го критерия.

Заметим, что (8) есть функция согласия с тем, что  $k$  предпочтительнее  $l$ , а функция  $P(l, k)$  – функция несогласия с этим утверждением;

$k_j = \bar{k}_j / \sum_{j=1}^J \bar{k}_j$ , где  $\bar{k}_j$  – лингвистическое или балльное значение «веса»  $j$ -го критерия.

Нечеткое отношение доминирования альтернативы  $A_k$  над альтернативой  $A_l$  определим функцией  $\mu_D(k, l)$ , характеризующей интенсивность доминирования

$$\mu_D(k, l) = \begin{cases} P(k, l) - P(l, k), & \text{если } P(k, l) > P(l, k) \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (9)$$

Поскольку  $\mu_D(k, l)$  – размытое множество альтернатив  $A_k, A_l, \forall_k, \forall_l$  таких, что они доминируются альтернативой  $A_k$ , естественно определить отношение недоминирования  $\mu_{ND}(k, l)$  как дополнение к  $\mu_D(k, l)$ :

$$\mu_{ND}(k, l) = 1 - \mu_D(k, l). \quad (10)$$

Аналогично,  $\mu_{ND}(k, l)$  – размытое множество альтернатив  $A_k, \forall_k$ , не доминируемое альтернативой  $A_k$ . Таким образом, получаем множество недоминируемых альтернатив  $\mu^*(A_k)$ , которое получается следующим очевидным образом:

$$\begin{aligned} \mu^*(A_k) &= \min_{\substack{l = l, \dots, m \\ l \neq k}} \mu_{ND}(k, l) = \min[1 - \mu_D(k, l)] = \\ &= 1 - \max \mu_D(l, k) = 1 - \max[P(l, k) - P(k, l)]. \quad (11) \end{aligned}$$

Таблица 2

#### Некоторые математические модели, условия и области их применения на примере нефтегазового производства

Наименование модели	Условия применения	Области применения
Субъективные вероятности (байесовский анализ)	Достаточный объем надежной информации, которая может быть обработана статистическими методами. Исследуемый процесс должен быть стационарен и описываться формулой Байеса	Оценка надежности оборудования, оценка потребности в различных материалах, комплектующих, процессов добычи и транспорта нефти и газа
Нечеткие множества	Алгоритмы управления несложны и могут быть описаны простыми правилами, точное определение параметров не нужно или невозможно. Аналитическое описание системы не требуется, достаточно описания того, как процессом управляет опытный оператор	Системы оперативного управления процессами добычи, транспорта и переработки нефти и газа; организация геофизических исследований скважин
Многокритериальные функции предпочтения	Руководитель или эксперт обладает необходимым опытом и знаниями, способен осуществить критериальный анализ ситуации, прогнозировать динамику событий, оценить важность используемых критериев, дать критериальную оценку значениям физических параметров и построить функцию предпочтения	Автоматизация проектирования, экономический анализ, управление производством в добыче, транспорте и переработке нефти и газа; организация геофизических исследований скважин
Нейронные сети	Умение построить общую функцию, описывающую процесс управления или распознавания, представить ее множеством более простых функций и расположить эти простые функции в иерархической сети нейронов	Экономический анализ, геологоразведка, управление технологическими объектами
Системы алгебраических и дифференциальных уравнений, системы массового обслуживания и другие традиционные методы моделирования и оптимизации	Умение и возможность сформулировать задачу в строгой математической постановке	Все основные и обслуживающие процессы нефтегазового производства, его экономический анализ и управление



Лучшая альтернатива соответствует условию:

$$\begin{aligned}\mu^*(A_k^*) &= \max_{k=1, \dots, m} \mu^*(A_k) = \\ &= 1 - \min\left\{\max_{\substack{l=1, \dots, m \\ l \neq k}} \{P(l, k) - P(k, l)\}\right\}. \quad (12)\end{aligned}$$

Алгоритм ранжирования альтернатив может иметь следующий вид.

1. Инициализация задачи: задание базовых шкал, определение по ним критериальных оценок альтернатив, которые сводятся в матрицу оценок  $E$  и вектор  $V$  «весов» критериев.

2. Вычисление значений отношений предпочтения по каждому критерию для каждой пары альтернатив  $P_j(k, l), \forall_k, \forall_l, \forall_j$  по формуле (7).

3. Вычисление значений отношений предпочтения по каждому критерию для каждой пары альтернатив  $P(k, l), \forall_k, \forall_l$  по формуле (8).

4. Вычисление отношений доминирования по формуле (9).

5. Вычисление отношений недоминирования по формуле (10).

6. Вычисление интенсивности доминирования каждой альтернативы по формуле (11).

7. Определение лучшей альтернативы по формуле (12). Ранжирование альтернатив.

## 2.5. Согласование групповых решений на основе предпочтений руководителей

Процедура принятия групповых решений несравненно сложнее процедуры принятия индивидуальных решений. Поэтому системы поддержки принятия групповых решений иногда рассматривают как самостоятельные системы и называют системами поддержки переговоров (СПП). В дальнейшем изложении компьютерная поддержка групповых решений дается как описание функционирования СПП. Она подробно рассмотрена в работе [6].

Если исходить из описываемой в литературе часто встречающейся последовательности этапов проведения переговоров и принятия решения (без применения вычислительной техники), то структура системы поддержки переговоров может выглядеть так, как показано на рис. 6 [6] (стрелками показана последовательность и возможная цикличность процесса).

Видно, что при такой структуре компьютерная СПП может осуществлять поддержку на всех этапах, начиная от сбора информации и кончая оформлением документов по принятому решению.

Конечно, это только схема, иллюстрирующая функции СПП. Поскольку переговоры ведутся по самым разным поводам, в различных условиях, при различных отношениях участников переговоров друг к другу, структура переговоров, представленная на рис. 6, не является универсальной, но она показывает общую схему подготовки к пере-

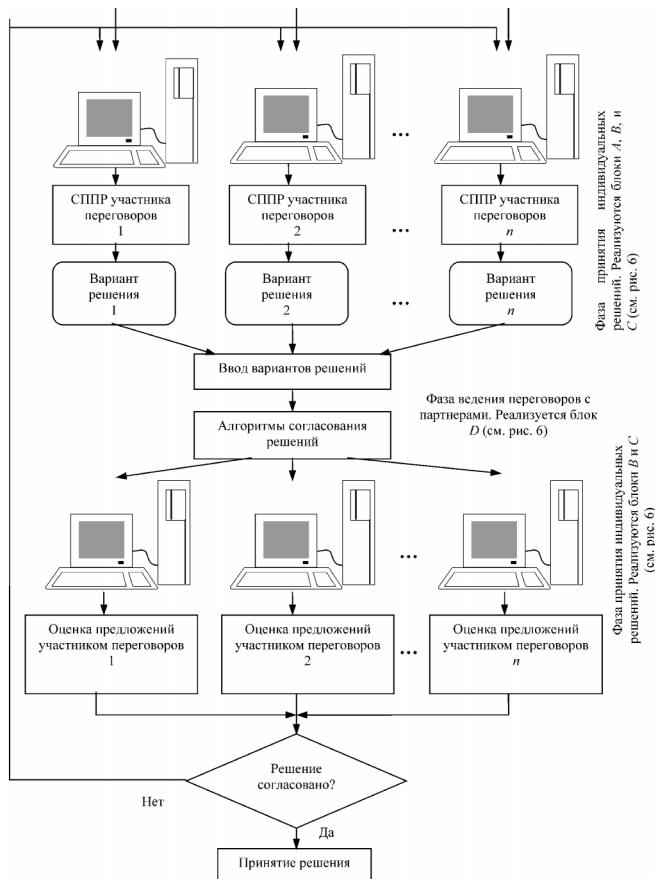


**Рис. 6. Структура компьютерной системы поддержки переговоров**

говорам и их проведения с помощью СПП. В каждом конкретном случае отдельные элементы этой схемы могут отсутствовать, а какие-то новые – появляться. Структуры программных комплексов реальных СПП могут отличаться от этой схемы, но функционирование СПП удобно рассматривать, опираясь на эту структуру.

На рис. 7 показано чередование двух фаз принятия индивидуальных решений и переговоров, из которых состоит процесс переговоров: фазы принятия индивидуальных решений и фазы ведения переговоров [17].

Руководитель осознает необходимость вступления в переговоры и заключения соглашения тогда, когда возникает потребность проведения совместных действий. Такая необходимость может возникнуть в результате резкого изменения обстановки, например, чрезвычайного происшествия, падения спроса на выпускаемую продукцию, потерю голосов



**Рис. 7. Чередование фаз принятия индивидуальных решений и переговоров**

на выборах и т. д., но может существовать и постоянно, например, при продаже и покупке товаров.

Переговоры – тяжелая работа. Множество возникающих в ходе переговоров вариантов может подавить участников и заставить их исходить из чисто эвристических или эмоциональных предпосылок, а не из вариантов решений, обоснованных расчетами. Часто участники переговоров не могут достичь соглашения, хотя хорошее решение существует.

В литературе, посвященной компьютерной СПП, не всегда уделяется внимание человеческому фактору. Однако применение компьютера в процессе переговоров не снижает роль человека, его искусство вести переговоры по-прежнему остается одним из решающих факторов успеха.

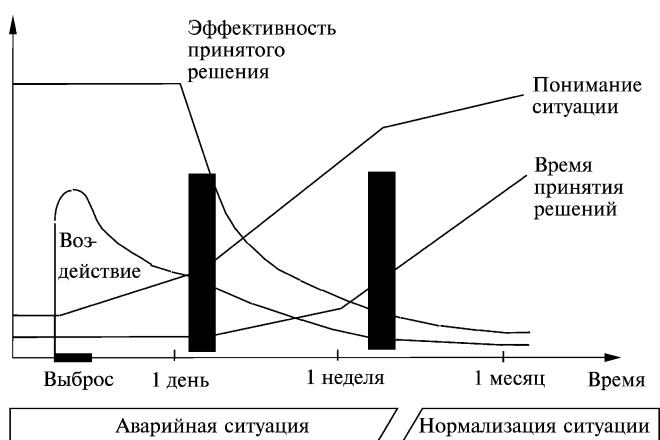
### 3. ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

#### 3.1. Возможности анализа, генерации и оценки вариантов решений

Содержание §§ 1 и 2 показывает, что компьютерные системы поддержки принятия управленческих решений, являясь мощным инструментом,

могут представлять и уже представляют руководителям и экспертам следующие возможности.

- Легко обрабатывать большие объемы информации в реальном масштабе времени, позволяя им наряду с объективными оценками и точными математическими методами вводить свои субъективные, присущие только им, методы анализа, генерации и оценки возможных вариантов принимаемых решений, используя при этом всю мощь программного обеспечения для реализации своего стиля управления.
- Значительно сокращать время принятия решений, что особенно важно в условиях экстремальных ситуаций. Это положение применительно к процессу ликвидации последствий ядерных аварий иллюстрирует рис. 8 [12]. Видно, что максимальный эффект от принятия решений может быть достигнут в первый день аварии, а ясного понимания возникшей ситуации еще нет. Только с помощью компьютерных СПП можно провести необходимый анализ и рассмотреть возможные варианты решений.
- Осуществлять разносторонний анализ ситуации. Ряд примеров приведен в п. 2.2.
- Генерировать различные варианты управленческих решений. Примеры таких вариантов приведены в п. 2.3.
- Оценивать варианты с учетом субъективных предпочтений руководителей.
- Определять разброс оценок, возникающий вследствие неопределенностей, которые всегда имеют место при выработке управленческих решений. Разброс определяется как разность между оценками вариантов, сгенерированных СПП.
- Применять наряду с устоявшимися, традиционными методами и объективными данными свои субъективные, присущие только им методы генерации и оценки возможных вариантов



**Рис. 8. Соотношения между уровнем понимания возникшей аварийной ситуации, временем принятия решения и эффективностью его воздействия**



управленческих решений. Эта субъективность возникает из-за неопределенностей при анализе, генерации и оценке решений. Субъективные оценки и методы воспринимаются СППР в качестве входных данных и моделей, настраивая ее на субъективные интересы руководителя.

### 3.2. Возможности согласования групповых решений

Компьютерные СПП в процессе согласования групповых решений могут оказать (и оказывают) существенную помощь в нахождении общего взгляда на проблему и выработку согласованного решения, несмотря на противоречия интересов участников переговоров, их оценок существующей ситуации и методов достижения цели.

Системы поддержки переговоров вводят новую составляющую в искусство ведения переговоров: искусство применения средств вычислительной техники, которые предоставляют участникам переговоров помимо перечисленных в § 2 ряд дополнительных возможностей. Рассмотрим некоторые из них.

**Определение характера разрешения противоречий.** Его можно классифицировать в терминах отношения к удовлетворению требований своих и оппонента:

- эгоистический, удовлетворение своих требований важно, а партнера – нет;
- компромиссный, важно удовлетворение требований как своих, так и требований партнера;
- безразличный, удовлетворение требований как своих, так и партнера не имеет значения;
- уступчивый, имеют значение только требования партнера по переговорам, которые и удовлетворяются (самый яркий пример переговоров этого типа – безоговорочная капитуляция).

Обозначим функцию полезности результатов переговоров для одной из сторон  $\pi(z)$ , а для другой –  $\psi(z)$ . Каждая сторона знает свою функцию, но, как правило, не знает функции другой;  $z$  – векторы аргументов этих двух функций. Область определения аргументов может быть общей для обеих функций или своя для каждой функции, но они обязательно должны пересекаться. Поскольку нас интересует только область пересечения, то она и обозначена вектором  $z$ .

Точки экстремумов функций обозначим  $\pi(z_0^x)$  и  $\psi(z_0^y)$ . В общем случае точки  $z_0^x$  и  $z_0^y$  не совпадают. Каждая из сторон хочет, чтобы моментом окончания переговоров стала точка экстремума, но точка момента окончания в значительной степени зависит от тактики проведения переговоров. Поэтому функции, описывающие ход переговоров, можно рассматривать как композиции двух функций. Для

стороны  $X$  это композиция функций  $\pi(z)$  и  $\alpha(z)$ , а для стороны  $Y$  – композиция функций  $\psi(z)$  и  $\beta(z)$ , где  $\alpha(z)$  и  $\beta(z)$  – функции, характеризующие тактику переговоров сторон  $X$  и  $Y$ , соответственно. Эти композиции запишем в виде функций  $f_x(\pi(z), \alpha(z))$  и  $f_y(\psi(z), \beta(z))$ .

Если обозначить точку достижения соглашения через  $z_c$ , то обе стороны будут стремиться к тому, чтобы:

$$|\pi(z_0^x) - f_x(\pi(z_c^x), \alpha(z_c^x))| \rightarrow \min$$

$$|\psi(z_0^y) - f_y(\psi(z_c^y), \beta(z_c^y))| \rightarrow \min.$$

При эгоистической тактике партнера  $X$   $f_x(\pi(z_c^x), \alpha(z_c^x)) = \pi(z_0^x)$ , независимо от тактики партнера  $Y$ .

При компромиссной тактике партнеров  $X$  и  $Y$   $A|\pi(z_c^x) - f_x(\pi(z_c^x), \alpha(z_c^x))| = B|\psi(z_c^y) - f_y(\psi(z_c^y), \beta(z_c^y))|$ , где  $A$  и  $B$  – векторы, на которых достигается компромисс, так как в общем случае

$$|\pi(z_0^x) - f_x(\pi(z_c^x), \alpha(z_c^x))| \neq$$

$$\neq |\psi(z_0^y) - f_y(\psi(z_c^y), \beta(z_c^y))|.$$

При безразличной тактике партнеров  $X$  и  $Y$  ни характер функций  $\alpha(z)$ ,  $\beta(z)$ , ни значения функций  $\pi(z_c^x)$  и  $\psi(z_c^y)$  роли не играют.

При уступчивой тактике партнера  $X$   $f_x(\pi(z_c^x), \alpha(z_c^x)) = \psi(z_c^y)$  независимо от тактики партнера  $Y$ .

**Формирование первого предложения.** Выбор стартовых позиций, с которых начинаются переговоры, может быть различным, например, минимально (или максимально) возможные значения параметров, какое-нибудь среднее значение, параметры, заранее неприемлемые для одной из сторон и т.д.

Такой выбор можно наблюдать как при попытках решить бытовые вопросы, так и при обсуждении проблем очень высокого уровня. Один из подходов выбора стартовых позиций переговоров может заключаться в следующем: попытаться сформировать оптимальную в каком-либо смысле область (или области) значений параметров и начинать переговоры с нее, а еще лучше сформировать множество пересечений таких областей всех участников переговоров с тем, чтобы в дальнейшем искать согласование решения внутри этого множества или в некоторых его окрестностях. Такими областями могут быть Парето-оптимальные или Нэш-эквивалентные значения.

Заметим, что сужение множества выбора до Парето-оптимального или Нэш-равновесного множества важно не только само по себе, но еще и



потому, что на более узком подмножестве могут выполняться упрощающие дальнейший анализ допущения о предпочтениях (например, о виде функции полезности), которые заведомо несправедливы для множества всех решений. Кроме того, Парето-оптимальные решения могут обладать интересными и практически важными свойствами, не присущими другим решениям.

При согласовании решений часто встречается задача о разделении ресурсов между подразделениями одной организации.

Ниже приводится возможная математическая постановка задачи нахождения первого Парето-оптимального предложения при переговорах о разделении ресурсов [18].

Пусть  $n$  подразделений хотят разделить некоторый ресурс. Обозначим вклад, например, затраты каждого  $i$ -го подразделения через  $x_i$ , а общие

$$\text{затраты через } X = \sum_{i=1}^n x_i.$$

Общий механизм распределения ресурса опишем формулой:

$$S_i = g_i + \frac{1}{n} \left( 1 - \sum_{j=1}^n g_j \right), \quad i = \overline{1, n},$$

где  $S_i$  – часть ресурса, получаемого  $i$ -м подразделением, функция  $g_j$  определена на  $(x_j/X)$ , непрерывна и дважды дифференцируема. Эта формула интересна тем, что при  $\sum_{j=1}^n S_j = 1$  в зависимости от характера функции  $g_j$  получаем разные схемы разделения ресурса  $S$ :

- если  $g_j(x_j/X) = (x_j/X)$ ,  $\forall j = \overline{1, n}$ , тогда  $S_j = (x_j/X)$  – схема пропорционального разделения;
- если  $g_j(x_j/X) = b > 0$ ,  $\forall j = \overline{1, n}$ , тогда  $S_j = (1/n)$  – схема равного разделения;
- если  $g_j(x_j/X) = (1-a)(x_j/X)$ ,  $0 < a < 1$ , тогда  $S_j = (1-a)(x_j/X) + (a/n)$  – схема разделения Сена.

Функция  $g_j$  обладает следующими свойствами:  $0 \leq g'_j \leq 1$ ;  $g''_j \leq 0$ ,  $g_j(0) = 0$ . Ниже приводится пример такой функции и ее свойства:

$$\begin{aligned} g_i(x_i/X) &= (x_i/X)^{1/2}, \quad g_i(0) = 0, \\ g'_i &= 1/2(x_i/X)^{-1/2} > 0, \quad g''_i = -1/4(x_i/X)^{-3/2} < 0, \\ \sum_{i=1}^n S_i &= \sum_{i=1}^n ((x_i/X)^{1/2} + \sum_{i=1}^n (1/n) - \\ &- \sum_{i=1}^n \left[ \sum_{i=1}^n (x_i/X)^{1/2} \right] (1/n)) = 1. \end{aligned}$$

Пусть функции полезности  $U_i$  каждого члена группы идентичны и описываются часто применяемой формулой, несмотря на жесткое требование к ней:  $U_i = S_i F - V_i(x_i)$ , где  $V_i(\cdot)$  – дважды дифференцируемая, выпуклая и возрастающая по  $x_i$  функция, характеризующая  $i$ -го участника производства, а функция производительности  $F$  всех участников считается дважды дифференцируемой, строго возрастающей и квазивогнутой. Таким образом, на функции  $F$  и  $V_i(\cdot)$  накладывается ряд ограничений.

Парето-оптимальная продуктивность (совместная производительность) достигается, когда каждый участник производства обеспечивает необходимый уровень совместных усилий. Совместная производительность определяется соотношением:

$$W = \sum_{i=1}^n U_i = F - \sum_{i=1}^n V_i(x_i).$$

Парето-эффективность достигается при выполнении условий:  $F' - V'_i(x_i) = 0$ ,  $i = \overline{1, n}$ .

Решения этих уравнений образуют множество  $\{x_i^*\}$ ,  $i = \overline{1, n}$  максимальных значений, что и означает Парето-оптимальный результат совместной деятельности. Затем, в соответствии с видом функции  $g_j$  (в зависимости от того, какой тип распределения считается более предпочтительным) определяются Парето-оптимальные значения  $S_i$ . Это множество и может стать основой для первого предложения согласования значений  $x_i$  и  $S_i$  (предлагаемых затрат и долей получаемого ресурса каждым участником переговоров).

**Реализация итерационного процесса согласования предложений участников переговоров.** Процесс согласования согласно схемам (см. рис. 6 и 7) полностью принадлежит фазе переговоров. Методы согласования и проблемы, подлежащие согласованию, очень разнообразны и дать их обзор сложно. Поэтому здесь в качестве примера согласования рассматривается метод сближения значений параметров при минимизации максимального выигрыша. Некоторые другие методы рассмотрены, например, в работе [19].

Пусть имеется  $i = \overline{1, I}$  параметров оценки объекта (или процесса)  $V_i$ , подлежащих согласованию  $J$  участниками обсуждения. Каждый участник вводит свои значения каждого параметра  $V_{ij}$ , которые могут совпадать или различаться. Задача системы – помочь согласованию этих параметров.

Для этого вводится переменная  $R_{ij}(V_{ij})$ , характеризующая степень удовлетворения  $j$ -м участником переговоров данным значениям параметра  $V_i$ .



Диапазон шкалы, по которой определяется величина  $R_{ij}$  в зависимости от значений  $V_{ij}$  может быть различным.

Пусть  $V_{ij}^k$  – значение  $i$ -го параметра в выбранном множестве  $K$  значений параметров, заданным  $j$ -м участником переговоров. Каждое множество содержит одно значение для каждого  $i$ -го параметра. Каждый участник может задавать несколько таких множеств.

Для каждого множества  $k$  значений  $V_{ij}^k$  степень относительного удовлетворения  $j$ -го участника определяется СПП по соотношению:

$$TS_j^k = \sum_i^I W_{ij} R_{ij}(V_{ij}^k), \quad j = \overline{1, J},$$

где  $W_{ij}$  – «вес»  $i$ -го значения параметра для  $j$ -го участника;  $\sum_i W_{ij} = 1, j = \overline{1, J}$ .

Индивидуальные веса  $W_{ij}$  определяются самим участником переговоров. Таким образом, для каждого участника переговоров выбирается наиболее удовлетворяющее его множество  $k$  значений параметров и соответственные значения  $V_{ij}, i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}$ .

Пусть  $TS_j^* = \sum_i^I W_{ij} R_{ij}(V_{ij}), j = \overline{1, J}$  – степень удовлетворения  $j$ -м участником от определенных им значений параметров  $V_{ij}$ , а  $TS_j = \sum_i^I W_{ij} R_{ij}(V_i)$ ,

$j = \overline{1, J}$  – относительное удовлетворение каждым участником от значений согласованных параметров  $V_i$ .

Задача системы найти такое множество значений  $V_i$ , которое обеспечило бы сохранение степени удовлетворенности каждым участником этим множеством, минимизируя при этом их максимальный выигрыш. Это может быть достигнуто решением оптимизационной задачи :

$$V = \max(MNGAIN + TGAIN/M)$$

при ограничении

$$MNGAIN \leq (TS_j - TS_j^*) W_j, \quad j = \overline{1, J},$$

где  $TGAIN = \sum_j^J (TS_j - TS_j^*)$ ,  $MNGAIN$  – минимальный выигрыш при удовлетворении значениями  $V_i$ ;  $M$  – число больше минимального выигрыша, ко-

торый может получить участник обсуждения при предложенных им значениях  $V_i$ , число  $M$  определяется системой;  $W_j$  – «вес» выигрыша  $j$ -го участника (вычисляется системой).

Если полученные значения  $V$  не удовлетворяют участников обсуждения, они корректируют значения  $V_{ij}$  и  $R_{ij}$ , вводят откорректированные значения в систему, и процесс повторяется.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Компьютерные системы поддержки принятия управленческих решений:

- являются эффективным инструментом генерации вариантов решений, их оценки и выбора наилучшего образа действий;
- могут и должны «настраиваться» на субъективные оценки и предпочтения руководителя, позволяя ему наряду с объективными оценками применять свои субъективные, присущие только ему методы генерации и оценки возможных вариантов принимаемых решений, используя всю мощь программного обеспечения для реализации своего стиля выработки и принятия решений;
- дают возможность руководителю легко обрабатывать большие объемы информации в реальном масштабе времени, позволяя ему получать объективные данные и делать свои субъективные оценки;
- вводят новую составляющую в искусство принятия решений – искусство использования вычислительной техники.

Компьютерные системы поддержки переговоров могут оказать существенную помощь в нахождении общего взгляда на проблему и выработку согласованного решения, несмотря на противоречия интересов участников переговоров, их оценок и методов достижения цели.

Неопределенность, возникающая при оценке ситуации и выборе средств достижения цели, при-нуждает руководителя или эксперта использовать субъективные оценки анализа ситуации и вариантов решений, основанных на его знаниях, опыте и интересах.

Сегодня уже многие специалисты, связанные с принятием решений, осознают необходимость формальных методов их анализа, генерации, оценки и оптимизации с помощью компьютерных систем, поскольку они во многих случаях обеспечивают принятие правильных и своевременных решений. Эта тенденция становится одним из перспективных направлений применения вычислительной техники.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Eom S.B. Decision support systems research: reference disciplines and a cumulative tradition // The International Journal of Management Science, – 1995. – Vol. 23. № 5. – P. 511–523.
2. Ларичев О.И., Мошкович Е.М. Качественные методы принятия решений. – М.: Наука, 1996.
3. Simonovic A., Slobodan P. Decision support for sustainable water resources development in water resources planning in a changing world // Proceeding of International UNESCO symposium. – Karlsruhe, Germany, 1994. – Pt. III. – P. 3–13.
4. Ginzberg M.J., Stohr E. A decision support: Issues and Perspectives // Processes and Tools for Decision Support. – Amsterdam, North – Holland Publ. Co, 1983.
5. Трахтенгерц Э.А. Возможности и реализация компьютерных систем поддержки принятия решений // Известия РАН. Теория и способы управления. – 2001. – № 3. – С. 86–113.
6. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка переговоров при согласовании управленческих решений. – М.: СИНТЕГ, 2003.
7. Turban E. Decision support and expert systems. – N-Y.: Maxwell Macmillan, 1990. – P. 50.
8. Mouseev H.H. Предисловие // Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. – М.: Наука, 1981.
9. Ларичев О.И. Некоторые проблемы искусственного интеллекта // Сб. тр. ВНИИСИ. – 1990. – № 10. – С. 3–9.
10. Ириков В.А., Тренев В.Н. Распределенные системы принятия решений. – М.: Наука, 1999.

11. Трахтенгерц Э.А. Субъективность в компьютерной поддержке управленческих решений. – М.: СИНТЕГ, 2002.
12. Шершаков В.М. Исследование и разработка методов и программных систем поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях, связанных с радиоактивным заражением окружающей среды: Дис. д-ра техн. наук. – М.: Ин-т проблем управления, 2001.
13. Панкова Л.А., Трахтенгерц Э.А. Субъективность в интеллектуальном анализе данных. М.: Ин-т проблем управления, 1999.
14. Беленький А.Г. Федосеева И.Н. Прогнозирование состояния динамических сложных систем в условиях неопределенности. – М.: ВЦ РАН, 1999.
15. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений. – М.: СИНТЕГ, 1998.
16. Головченко В.Б. Прогнозирование временных рядов по разнородной информации. – Новосибирск: Наука, 1999.
17. Трахтенгерц Э.А. Анализ ведения деловых переговоров с помощью компьютерных систем поддержки принятия групповых решений // Изв. РАН. Теория и системы управления. – 2002. – № 6. – С. 98–123.
18. Fabella R.V. Generalized sharing, membership size and Pareto efficiency in teams // Theory and Decision. – 2000. – № 48. – P. 47–60.
19. Thiesen E.M., Loucks D.P., Stedinger J.R. Computer-assisted negotiations of water resources conflicts // Group Decisions and Negotiation. – 1998. – № 7. – P. 109–129.

☎ (095) 334-88-40

E-mail: tracht@ipu.rssi.ru



УДК 62-50

## АНТРОПОЦЕНТРИЧЕСКОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ (вопросы терминологии)

В.Л. Эпштейн

Обсуждаются понятия и соответствующие им термины: Антропоцентрическое информационное взаимодействие, Знание, Информация, Информационный объект, Гранула знания, Антропоцентрическая база знаний.

Прежде чем спорить, давайте договоримся о терминах.  
Вольтер

### ВВЕДЕНИЕ

Проблема информационного взаимодействия человека с компьютером является одной из важнейших научных проблем постиндустриального общества.

Это следует из того простого факта, что в постиндустриальную эпоху знание, структурированная информация, результаты фундаментальных исследований (даже незавершенных) становятся очень дорогим товаром и главным производствен-

ным ресурсом [1], а компьютер – основным орудием труда ученых, преподавателей, учащихся, менеджеров, политических деятелей, всех «работников знания» (knowledge workers)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Knowledge workers (KW) – новая социальная группа в постиндустриальных странах, для обозначения которой в русском языке еще нет общепринятого названия. Численность KW составляет более 70% совокупной рабочей силы США, в то время как численность фабрично-производственного персонала снизилась до 12% [1].



Н.И. Лобачевский писал: «Первые понятия, с которых начинается какая-либо наука, должны быть ясны и приведены к самому наименьшему числу» [2]

К числу таких первых понятий информационного взаимодействия человека с компьютером относятся **Знание** и **Информация**. Особенность этих понятий состоит в том, что **Знание** и **Информация** являются общенаучными категориями, употребляются в разных научных дисциплинах и в повседневном обиходе, но при этом употребляются в различных значениях. Возникает вопрос: как придать этим языковым знакам определенный смысл в контексте информационного взаимодействия человека с компьютером, а значит обеспечить большую надежность и строгость в их употреблении как в научных исследованиях, так и в прикладных разработках.

Данная статья посвящена понятиям и соответствующим им терминам: *Антропоцентрическое информационное взаимодействие*, *Знание*, *Информация*, *Информационный объект*, *Гранула знания*, *Антропоцентрическая база знаний*<sup>2</sup>.

Если предлагаемый подход явится импульсом для дискуссии по вопросам информационного взаимодействия человека с компьютером в процессах приобретения, использования и генерации знаний, то цель данной статьи будет достигнута.

## АНТРОПОЦЕНТРИЧЕСКОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

В современной научно-технической литературе и в СМИ выражение «информационное взаимодействие»<sup>3</sup> широко используется без установления или уточнения связи этого языкового выражения с тем, что оно означает как знак языка.

В работе [3] термин *Информационное взаимодействие*, кажется, впервые определен как процесс изменения знаний: «Взаимодействие объектов, приводящее к изменению знаний хотя бы в одном из них, будем называть информационным взаимодействием».

<sup>2</sup> Здесь и дальше специальные термины АИВ выделяются прописной буквой и курсивом.

<sup>3</sup> В обыденном языке «взаимодействие» понимается как «взаимная связь двух явлений» [4]. В логике как «всеобщая форма связи предметов, явлений объективной действительности, а также связи мыслей, являющихся отображением предметов, явлений, и их связей и отношений в сознании человека» [5]. В философии как «процесс взаимного влияния тел друг на друга путем переноса материи и движения, универсальная форма изменения состояния тел... В этом смысле Энгельс определял взаимодействие как конечную причину всего существующего, за которой нет других более фундаментальных определяющих свойств» [6].

Если одним из таких объектов является компьютер, а другим, знания которого изменяются, — человек, то такой вид информационного взаимодействия может быть назван *Антропоцентрическим информационным взаимодействием (АИВ)*.

При этом, однако, остается совершенно неясной сущность этого понятия — его основные, специфические признаки.

Обратим внимание на следующее:

- *АИВ* — это психический процесс, связанный с мышлением, памятью, вниманием и мотивацией;
- *АИВ* — это процесс управления движением неосознаваемых («информационных») объектов;
- *АИВ* — это процесс управления с психической обратной связью<sup>4</sup>
- целевой функцией АИВ является приобретение *Знаний*, необходимых *Субъекту*<sup>5</sup> *АИВ (САИВ)* для успешного взаимодействия с той средой, в которой он живет;
- мотивы цели, цели, задачи и психофизиологические характеристики *САИВ* могут изменяться в процессе информационного взаимодействия, в частности, под влиянием *Информации*, извлекаемой из компьютера;
- техническая реализация *АИВ* позволяет *САИВ* выделять информативное содержание в видимых на терминалах компьютера вербальных и невербальных объектах, сопоставлять воспринимаемые объекты с хранящимися в его памяти прежними их отражениями, соотносить их к тому или иному семантическому классу, запоминать измененную *Систему Знаний*.

Исходя из сказанного, *Антропоцентрическим информационным взаимодействием* будем называть управляемый человеком процесс извлечения *Информации* из памяти компьютера с целью изменения *Системы Знаний* в памяти человека.

Включение человека в процесс *АИВ* в качестве носителя отражения и поведения дает основание трактовать *АИВ* как особую, частную форму процесса познания, индивидуальную (совершаемую индивидом, и не применимую ко всему человечеству в целом), использующую в качестве источника информации компьютер и ограниченную контекстом знаний, представленных в памяти компьютера.

<sup>4</sup> Определяющими признаками психики являются: отражение, дающее образ предметной среды, в которой действуют живые существа, их ориентация в этой среде и удовлетворение потребности в контактах с нею. Эти контакты, в свою очередь, по принципу обратной связи контролируют правильность отражения [7].

<sup>5</sup> Под «субъектом» в гносеологии понимается «активно действующий и познающий, обладающий сознанием и волей индивид или социальная группа» [6].



Как специальный предмет исследования *АИВ* может изучаться со стороны процесса переработки информации, воспринимаемой с компьютерных терминалов, и со стороны использования интегрированной (человеко-машинной) системы знаний. Каждая из этих сторон имеет относительную самостоятельность, поэтому в исследовании может преобладать анализ процессуальной или производственной стороны с учетом их единства и взаимной связи. Все это дает основание характеризовать *АИВ* как фундаментальную научную дисциплину, охватывающую и интегрирующую представления традиционных наук о мышлении (философии, логики, психологии и др.) с представлениями современной теории управления и возможностями новых информационных технологий.

### ЗНАНИЕ В КОНТЕКСТЕ АИВ

#### Что есть Знание?

Одни науки о мышлении (философия, логика и их подразделения) рассматривают знание как представленный в знаковой форме продукт познавательной деятельности человечества, в то время как другие (например, психология, физиология высшей нервной деятельности и др.) соотносят знание с познавательной деятельностью человека<sup>6</sup>.

Таким образом, существуют как бы два вида *Знания*. Одно, являющееся продуктом онтогенеза, другое – филогенеза.

Онтогенетическое Знание является первичным и «нетиражируемым»: знания Евклида, Эйнштейна, любого другого индивидуума невозможно аутентично передать кому-либо еще, в том числе их клонам (система мnestических следов формируется в онтогенезе). Передавать (и «тиражировать») можно только более или менее адекватное *Представление знания*, носителем которых является тот или иной ученый, педагог, специалист и т. д. *Представление знания* фиксируется на искусственно созданном материальном носителе (бумаге, магнитном материале и др.) в знаковой (языковой) форме и тем самым включается в филогенетическое знание.

В процессах *АИВ* взаимодействуют оба эти вида *Знания* – носителем одного (онтогенетического) является *САИВ*, другого (фрагмента филогенетического знания) – компьютер.

<sup>6</sup> Философия рассматривает знание как «продукт общественной, материальной и духовной деятельности людей, идеальное выражение в знаковой форме объективных свойств и связей мира природного и человеческого» [6]; логика как «целостную и систематизированную совокупность научных понятий о закономерностях природы, общества и мышления» [5]; психологию как систему фактов, понятий, суждений, которые индивид усвоил и может воспроизвести [7].

Основываясь на сказанном, сформулируем следующий ряд суждений:

- *Знание САИВ* как материальный объект – это система мnestических следов в клетках коры его головного мозга;
- *Знание САИВ* как абстрактный объект – это система образов и понятий, отношений и связей между ними, которые *САИВ* знает и понимает;
- *Знание САИВ* как отражение объективной реальности – это множество теоретических и эмпирических фактов<sup>7</sup>, связей и отношений между ними, которые *САИВ* знает и понимает;
- *Изменение Знаний САИВ* происходит в результате восприятия им информации с компьютерных терминалов и порождаемой этим внутримозговой мыслительной деятельности.

#### Замечания

1. О **мnestических следах**. Широко признано, что человек хранит знания в виде следов («мnestических следов»)<sup>8</sup> в клетках больших полушарий головного мозга. Следы эти образуются и распадаются в процессах чувственного и логического познания мира вещей и идей. Результаты чувственного познания являются следами зрительных, звуковых, осязательных и других образов тех явлений, которые воспринимает человек, а результаты логического познания существуют в виде понятий – мыслей, выраженных словами<sup>9</sup>.

<sup>7</sup> Факт (лат. factum) – сделанное, совершившееся. Различают понятия объективного и научного факта. Под объективным Ф. принято понимать некоторое событие, явление, фрагмент реальности, к-рые составляют объект человеческой деятельности или познания. Научный Ф. – это отражение объективного факта в человеческом сознании, т. е. его описание посредством некоторого искусственного или же естественного языка. Научные Ф. служат основой теоретических построений, которые были бы без них невозможные. Будучи единственным явлением или событием, Ф. необходимо связан многообразными отношениями с др. Ф. Поэтому научное познание должно дать по возможности полную картину Ф. со всеми их отношениями и связями [6].

<sup>8</sup> В настоящее время нет единой теории памяти. Физиологическая теория, восходящая к учению И.П. Павлова, о закономерностях высшей нервной деятельности полагает, что «мnestические следы» возникают как изменения в популяциях нейронов, которые облегчают распространение нервных процессов в тех или иных направлениях. Биохимическая теория изучает ментальные следы на молекулярном уровне. Предполагается, что нервный импульс, поступая в очередной нейрон, вызывает изменение в структурах РНК и ДНК. Любые изменения порядка нуклеотидов в молекуле ДНК сейчас же приводят к синтезированию измененной РНК, а она, естественно, начинает собирать новый, ранее отсутствовавший в клетках белок. Каждый нестандартный белок может стать памяткой в «записной книжке» мозга.

<sup>9</sup> «Человек, – пишет И.П. Павлов – прежде всего воспринимает действительность через первую сигнальную систему, затем он становится хозяином действительности – через вторую сигнальную систему (слово, речь, научное мышление» [8].



**2. Об образном и понятийном мышлении.** Образное и абстрактно-теоретическое мышление являются в известном смысле различными сторонами единого процесса и равно адекватными способами познания различных сторон объективной действительности. Каждая из этих форм имеет свои сферы и границы эффективности. Некоторый класс задач легче решать, опираясь на наглядные модели, а для другого неоспоримые преимущества имеет дискурсивное мышление. Если рассматривать мыслительную деятельность человека в сфере точных наук, где, естественно, велика доля абстрактно-теоретического мышления, то даже здесь на начальном этапе творческого процесса образы играют решающую роль [9]. А. Эйнштейн по этому поводу писал в своей творческой биографии: «Для меня не подлежит сомнению, что наше мышление протекает, в основном, минуя символы (слова) и к тому же бессознательно. Акт удивления, по-видимому, наступает тогда, когда восприятие вступает в конфликт с установленвшимся в нас миром понятий. В тех случаях, когда такой конфликт переживается остро и интенсивно, он, в свою очередь, оказывает сильное влияние на наш умственный мир» [10].

**3. О знании и понимании.** Понимание не следует отождествлять «со знанием (т. е. способностью человека усвоить и воспроизвести сумму сведений, в правильности которых он не сомневается), поскольку возможно знание без понимания и понимание без знания. Для понимания характерно ощущение ясной внутренней связаннысти, организованности рассматриваемых явлений. Это может быть логическая упорядоченность, ясное видение причинно-следственных связей, когда ранее механически перечислимые факты объединяются в единую логическую систему (понимание доказательства теоремы, понимание формулы, закона естествознания и т. д.)» [4]. Изменение знания в процессе *АИВ* означает, что *САИВ* расширяет свои знания и углубляет понимание отношений и связей предметов и явлений в контексте *АИВ*.

**4. О структуре знаний.** В самом общем виде структура знаний в уме состоит из элементов (образов и понятий) и смысловых связей между ними. Взаимосвязанные структуры представлений в свою очередь являются элементами в структуре других сфер знания. Латентная, идеальная форма знаний наиболее адекватна тем свойствам внешней реальности, которую она отражает, но в этой идеальной форме не может происходить обмен знаниями между субъектами знаний, поэтому необходим «язык, как материальная оболочка мысли».

**5. О представлении научного знания.** Приведем довольно длинную цитату: «Результаты познания фиксируются, прежде всего, в предложениях того или иного языка. На этой основе в науке

изобретаются дополнительные средства — формулы, схемы, графики, таблицы и другие конструкции, включаемые в язык науки. Здесь все они сводятся к форме предложений. Суть этой абстракции состоит в том, что всякой языковой конструкции, фиксирующей знание, ставится в соответствие некоторое множество предложений, адекватное ей с точки зрения содержащейся в ней информации. Эта абстракция соответствует тому, что у имеющего дело с наукой человека есть навык пользоваться различными языковыми конструкциями (графиками, таблицами, схемами), умение «читать» их в предложениях обычной речи» [11].

**6. О парадигме гипертекста.** Все вышесказанное наиболее полно аккумулирует парадигма гипертекста [12–14], в соответствии с которой знания (при любой интерпретации этого понятия) могут быть разбиты на обозримые элементы, представленные в виде текста, графики, аудио и видеинформации и взаимосвязанные различными отношениями.

## ИНФОРМАЦИЯ В КОНТЕКСТЕ АИВ

В связи с тем, что человек не может отразить мир сразу во всей его полноте, в его непосредственной цельности, мыслительный процесс складывается из отдельных «единиц мышления», простых или сложных. Для описания взаимосвязи сферы идеального и сферы материального введем представление о простых и сложных «информационных объектах».

**Информационным объектом (ИО)** будем называть словесно-логический или наглядно-образный объект, восприятие которого может привести к изменению *Знаний Субъекта АИВ*.

Поскольку *АИВ* – дискретный процесс, то изменение *Знаний Субъекта АИВ* – переход из одного состояния в другое – происходит в результате восприятия и переработки сознанием очередного *Информационного объекта*.

Если восприятие данного ИО не приводит к изменению *Знаний САИВ*, то данный ИО, являясь *Информационным объектом*, тем не менее, в данный момент времени для данного реципиента информацией не является. И, наоборот, *Информационный объект* является информацией, если при его восприятии выясняется, что актуальная память реципиента не содержит его мnestических следов (хотя, возможно, его следы имеются в латентной памяти; эта ситуация подобна той, в которой ученик говорит «знал, но забыл», а педагог отвечает – «не помнишь – значит не знаешь!».)

*Информационные объекты* являются операндами процесса *АИВ*. Они могут быть простыми и сложными (состоящими из простых).



Простые (неделимые, целостные и различимые в данном контексте) *Информационные объекты*, представляющие в наглядно-образной или словесно-логической форме теоретические и эмпирические факты<sup>7</sup> предметной области АИВ будем называть *Гранулами знания*.

Построить универсальное определение *Гранулы знания* затруднительно, а может быть, и невозможно. Сейчас достаточно сказать, что *Гранула знания* – нечто существующее и различимое, как предмет мысли, т. е. мы можем отличить одну *Гранулу знания* от другой. Например, каждая теорема есть *Гранула знания*. *Гранулами знания* являются термины, формулы, фармакологические описания препаратов, статьи нормативных актов, графики экспериментальных зависимостей, диаграммы, фотографии и т. п. При этом, «неделимое» в одном контексте *АИВ* может оказаться делимым в другом (также, как атом в системе «молекула», электрон в системе «атом» и т. д.).

Решение вопроса о том, объекты каких типов считать *Гранулами знания*, определяется задачами *АИВ* и текущим уровнем знаний автора контекста и(или) «инженера по знаниям»<sup>10</sup>.

Понятие *Информационный объект* позволяет определить антропоцентрическую базу знаний: *Антропоцентрической базой знаний* будем называть множество (универсум<sup>11</sup>) *Информационных объектов* предметной области, их связей и отношений.

### Замечания

1. Современное научное мировоззрение сформировалось в значительной своей части под влиянием атомистики – учения о прерывном, дискретном строении материи (из атомов и других микрочастиц). Неудивительно поэтому, что и в сфере идеального<sup>12</sup> неоднократно предпринимались попытки построить адекватные модели «представления знаний» для мира идей («элементы мира» в

<sup>10</sup> В системах искусственного интеллекта задача инженера по знаниям заключается в формализованном описании знаний эксперта для дальнейшей реализации в интеллектуальной системе. В системах АИВ задача инженера по знаниям состоит в структурировании проблемной области, выявлении гранул знания, их связей, соотношений и форм представления на терминах компьютера в словесно-логической и(или) наглядно-образной форме.

<sup>11</sup> Универсальным множеством или просто «универсумом» называется такое множество, которое состоит из всех элементов исследуемой области [5]. Предметная область, область объектов, универсум рассуждения, универсум рассмотрения или просто универсум, класс (множество) объектов, рассматриваемых в пределах данного контекста. Под контекстом здесь может пониматься отдельное рассуждение или выражающая его фраза, или совокупность фраз, фрагмент научной теории или теория в целом [15].

<sup>12</sup> Идеальное – субъективный образ объективной реальности, возникающий в процессе целесообразной деятельности человека [6].

эмпириокритицизме Маха [16], «атомарные факты»<sup>13</sup> в логическом атомизме Рассела [17] и Витгенштейна [18] и др.). Особенно отчетливо это видно в лингвистической теории относительности Сеприя – Уорфа [19, 20] полагающей, что языки различаются не тем, какие они используют слова и как строят предложения, а тем, как они делят мир на элементы, которые отражаются в словах и предложениях.

2. Значение атомарного (элементарного) знака фиксирует неразложимый в пределах данного уровня бесструктурный элемент знания. Переход от нерасчененного знания к расчененному, структурному знанию предполагает в качестве своего условия переход от исходных значений атомарных знаков к смыслу комплексных знаковых образований [21].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее важные в методологическом отношении результаты могут быть сформулированы следующим образом.

- **Знания Субъекта АИВ** как изменяющийся материальный объект – это система мнестических следов в коре его головного мозга.
- **Изменение Знаний** в процессе АИВ происходит в результате восприятия нематериальных, видимых на терминах компьютера, словесно-логических и наглядно-образных *Информационных объектов* и их переработки сознанием.
- **Информационные объекты** могут быть простыми и агрегированными. При изучении *Знания* как системного объекта важно определить не только его простые исходные единицы, но и подсистемы и иерархические уровни данной системы, обладающие относительной самостоятельностью или автономностью.
- **Простые информационные объекты** называются *Гранулами знания*. *Гранула знания* обладает свойствами неделимости, целостности и различимости в рамках контекста АИВ. В общем случае *Гранула знания* определяется как неделимый информационный объект, представляющий в вербальной или невербальной форме результат познания – теоретический или эмпирический факт.
- **Информационный объект** может являться, а может и не являться информацией для рецепента. *Информационный объект* является информацией, если при его восприятии сознание выясняет, что в актуальной памяти имеются соответствующие ему мнестические следы. В связи с этим следует различать изменение знаний в

<sup>13</sup> Атомарный факт – факт, неразложимый на другие факты.



актуальной памяти и изменение знаний в латентной памяти человека (и соответственно управлять процессами изменения этих двух взаимосвязанных компонентов знания).

На этой концептуальной основе:

- **Антропоцентрическое информационное взаимодействие** определено как управляемый человеком процесс извлечения информационных объектов из памяти компьютера с целью изменения Знаний в памяти человека;
- **Антропоцентрической базой знаний** предметной области АИВ называется множество представляющих ее информационных объектов и некоторых связывающих их отношений;
- **Инструментальной системой АИВ** называется компьютерная система, используемая человеком в качестве инструмента приобретения знаний, необходимых ему для успешного взаимодействия с той средой, в которой он живет и работает (это может быть обучение, самообучение, обновление знаний, решение проблем).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Новая постиндустриальная волна на Западе / Под ред. В.Л. И н о з е м ц е в а. — М.: Academia. 1999.
2. Лобачевский Н.И. Полное собр. соч. — Т. 1. — М.; Л.: Изд-во АН ССР, 1946.
3. Кузнецов Н.А. Информационное взаимодействие в технических и живых системах // Информационные процессы. 2001. Т. I. № 1. С. 5.
4. Ожегов С.И. Словарь русского языка / Под ред. Н.Ю. Ш в е д о в о й. — М.: Рус. яз., 1981. — 816 с.
5. Логический словарь / Отв. ред. Д.П. Горский. — М.: Наука, 1971.

6. Философский словарь / Под. ред. И.Т. Ф р о л о в а. 5-е изд. М.: Политиздат, 1987. — 590 с.
7. Краткий психологический словарь / Сост. Л.А. Карпенко; Под общ. ред. А.В. П е т р о в с к о г о, М.Г. Я р о ш е в с к о г о. — М: Политиздат, 1985. — 431 с.
8. Павловские среды. — Т. 1. — М.-Л.: Изд-во АН ССР, 1949.
9. Орфеев Ю.В. Возможности моделирования образного и понятийного мышления на ЭВМ. Интеллект человека и программы ЭВМ / Отв. ред. О.К. Тихомиров. — М.: Наука, 1979.
10. Эйнштейн А. Физика и реальность. — М.: Наука, 1965.
11. Зиновьев А.А. Основы логической теории научных знаний. — М.: Наука, 1967.
12. Эпштейн В.Л. Гипертекст — новая парадигма информатики // Автоматика и телемеханика. 1991. № 11.
13. Эпштейн В.Л. Гипертекстовая база знаний теории управления // Автоматика и телемеханика. 2000. №11.
14. Эпштейн В.Л. Введение в гипертекст и гипертекстовые системы. <http://www.ipu.ru/publ/epstn.htm>.
15. Большая Советская Энциклопедия. — М.: Сов. энцик., 1976.
16. Ленин В. И. Материализм и эмпириокритицизм. Полн. собр. соч. — 5 изд. — Т. 18.
17. Рассел Б. Философия логического атомизма. <http://www.philosophy.ru/library/russell/atom.html>.
18. Руднев В.П. Витгенштейн и ХХ век // Вопр. философии. 1998. № 5.
19. Sapir E. In Language, Culture and Personality // In: Mandelbaum, David G. (ed.) Selected Writings of Edward Sapir. Berkeley and Los Angeles: University of California Press, 1949. — P. 162.
20. Whorf Benjamin Lee. The Relation of Habitual Thought and Behavior to Language // Hollander, Edwin P., and Raymond G. Hunt (eds.) Classic Contribution to Social Psychology. New York: Oxford University Press/London: Toronto. 1972. — P. 242–243.
21. Тюхтин В.С. Отражение, системы, кибернетика. — М.: Наука, 1972.

☎ (095) 334-89-80

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



## ABSTRACTS

**Trachtenhertz E.A.**

### COMPUTER-AIDED MANAGEMENT DECISION-MAKING SUPPORT SYSTEMS

The paper formulates the tasks for computer-aided decision-making support systems and considers the factors that affect the capabilities of such systems and the difficulties that emerge during their implementation and application. It also discusses the techniques of computer-aided situation analysis, computer-based generation and evaluation of possible solutions, simulation of the taken decisions and computer-aided support of team decision agreement. The capabilities of such systems are also demonstrated. — P. 13.

**Epstein V.L.**

### ANTHROPOCENTRIC INFORMATIONAL INTERACTION: TERMINOLOGY ISSUES

The paper discusses the concepts and the corresponding terms: Anthropocentric informational interaction, Knowledge, Information, Informational object, Knowledge granule, Anthropocentric database. — P. 28.

УДК 681.5

# УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ В НОВЫХ УСЛОВИЯХ

А.Д. Цвиркун

Излагаются особенности планирования и моделирования развития крупномасштабных систем и построения комплекса взаимосвязанных моделей на основе проектно-программного и агрегативно-декомпозиционного подходов. Рассматриваются комплексные задачи управления развитием крупномасштабных систем. Описываются инструментальные средства для технико-экономического обоснования инвестиционных проектов и программный комплекс «ТЭО-ИНВЕСТ».

## ВВЕДЕНИЕ

Крупномасштабные системы – это класс сложных (больших) систем, характеризующихся комплексным (межрегиональным, межотраслевым) взаимодействием элементов, распределенных на значительной территории, требующих для развития существенных затрат ресурсов и времени.

Типичные примеры крупномасштабных систем – топливно-энергетический комплекс и отдельные его отрасли, транспортные, аграрно-промышленные, территориально-промышленные, региональные и отраслевые системы, холдинги, концерны, финансово-промышленные группы, распределенные системы передачи и обработки информации и др.

Крупномасштабность систем обусловлена наличием в них объектов большой мощности, комплексным использованием ресурсов, сырья и материалов, усилением межотраслевых связей и возрастанием роли региональных систем.

Крупномасштабная система определяется составом и взаимосвязями управляющих и производственно-транспортных элементов в динамике их развития и функционирования, распределением функций управления по элементам организационной иерархии и заданий по производственно-транспортным элементам [1–3].

## 1. СОВРЕМЕННЫЕ КОРПОРАТИВНЫЕ СИСТЕМЫ

В настоящее время экономики отдельных стран активно интегрируются в единый планетарный механизм с универсальной системой ценностей,

макроэкономическим регулированием и взаимодействием финансовых институтов и рынков.

Мир свободной конкуренции и торговли замещается миром транснациональных корпораций (ТНК), охватывающих треть рынка труда, половину рынка капитала, две трети общего объема продаж наукоемкой продукции и основную массу финансового капитала. Большая часть ТНК сосредоточена в США, странах ЕС и Японии. Он контролируют до 40% промышленного производства в мире, половину международной торговли, треть производительных капиталов частного сектора мира, более 90% прямых инвестиций за рубежом.

В наибольшей степени к глобализации тяготеют банковская, информационная, химическая, электротехническая, электронная, нефтяная, автомобильная и другие отрасли.

Причина возникновения ТНК – стремление к получению сверхприбыли. Жесткая конкуренция способствует концентрации производства и капитала в международном масштабе. Транснациональные корпорации устанавливают систему международного производства, основанную на размещении филиалов, дочерних компаний, отделений по странам мира.

Транснациональные корпорации США имеют в среднем предприятия в одиннадцати отраслях, а наиболее мощные охватывают по 30–50 отраслей. В группе 100 ведущих промышленных фирм Великобритании 96 многоотраслевых, Германии – 78, Франции – 84, Италии – 90.

Располагая мощной производственной базой, транснациональные корпорации осуществляют высокоеффективное планирование производства в



рамках материнской компании и распространяют его на дочерние фирмы.

Стремление заполучить дешевую и квалифицированную рабочую силу, как потенциальный источник значительной прибыли, служило важным стимулом для иностранных инвестиций. На развивающиеся страны приходится половина рабочей силы, используемой ТНК за рубежом. Треть ее трудится в 200 специальных зонах, ориентирующихся на экспорт промышленной продукции.

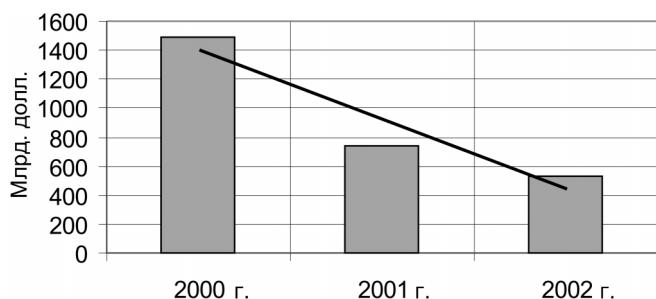
По отношению к России ТНК осуществляют сходную стратегию. На первом плане стоит товарная экспансия в Россию, инвестиционная активность развернется, видимо, позднее. Общий объем иностранных инвестиций в мире приведен на рис. 1, распределение объема прямых инвестиций по ряду стран — на рис. 2.

Деятельность ТНК ведет к интеграции только в рамках и границах, определяемых получением максимальной прибыли. Манипулируя политикой трансферных цен, дочерние компании ТНК обходят национальные законодательства в целях укрытия доходов от налогообложения путем перекачивания их из одной страны в другую; устанавливают монопольные цены, диктуют условия, ущемляющие интересы развивающихся стран.

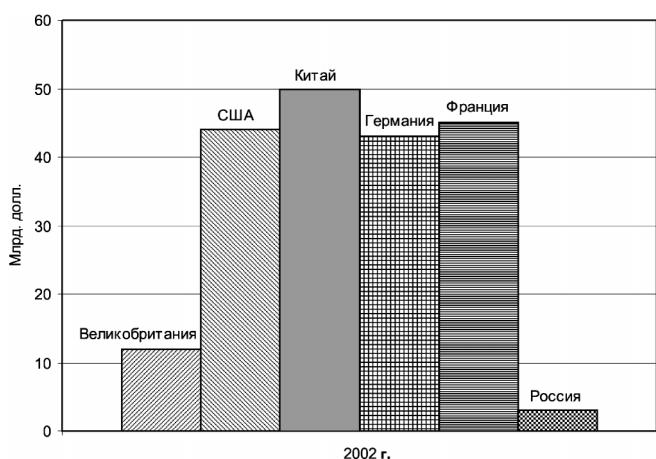
Стратегия завоевания технического лидерства в международном масштабе требует высоких затрат на НИОКР, концентрации ресурсов и интеграции смежных видов услуг, а подчас и поглощения конкурентов. Технологичность и приспособленность к внедрению инноваций выступают ведущими направлениями конкурентной борьбы. Транснациональные корпорации — важнейшая часть международной иерархии в НИОКР, потому что для них проще доступ к финансовым ресурсам.

В большинстве случаев ТНК предпочитают удерживать в рамках материнских структур не только производственные мощности по изготовлению инновационной продукции, оборудование, определяющие технологический процесс, но и выпуск новой продукции и как можно более длительный сбыт своих инноваций. Исследовательская работа организована преимущественно так, что лишь определенные ее этапы осуществляются за границей, большая же часть, стратегически значимые элементы, выполняются в стране размещения материнской компании.

Одним из направлений по формированию российских ТНК может стать создание международных финансово-промышленных групп прежде всего в рамках СНГ, с преобладанием российского капитала. Практика показывает, что формирование транснациональных финансово-промышленных групп проходит в два этапа. На первом создается российская финансово-промышленная группа, на втором прорабатываются вопросы ее расшире-



**Рис. 1. Объем иностранных инвестиций в мире**



**Рис. 2. Распределение объема прямых инвестиций**

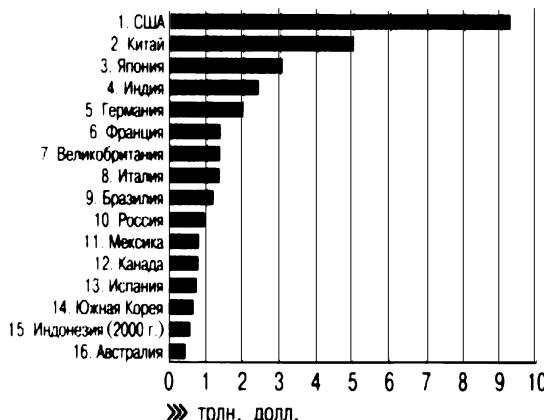
ния за счет включения предприятий и финансово-кредитных структур других государств. Потенциал развития кооперационных связей с традиционными партнерами в рамках СНГ по оценкам составляет до 20 млрд. долл. ежегодно.

Российский капитал способен выдерживать конкуренцию с ТНК в том случае, если он структурируется в мощные финансово-промышленные образования (адекватные международным аналогам), способные проводить активную внешнеэкономическую политику.

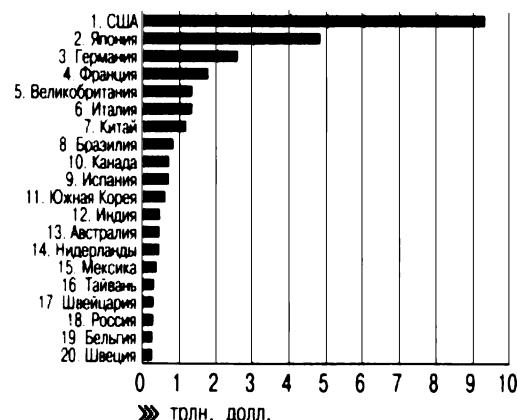
Через финансовые механизмы и институты ТНК получают возможность аккумулировать подавляющую часть добавленной стоимости отсталых и развивающихся стран. В обратном направлении идут потоки капитала на создание экологически грязных производств и переработку накопленных отходов.

В мировой финансовой системе усилился разрыв между финансовыми и товарными рынками. На финансы, обслуживающие реальный сектор, приходится 10–12% оборота мировых финансовых ресурсов. Остальной финансовый капитал не имеет

ВВП по паритетному покупательскому спросу в 2001 г.



ВВП по текущему валютному курсу в 2001 г.



Источники: Госкомстат РФ, Мировой банк, расчеты ЦМАКП

Рис. 3. Внутренний валовой продукт крупнейших экономик мира (ППС – паритетный покупательский спрос)

реального материального наполнения. Локальные финансовые рынки оказались закольцованными в глобальную финансовую сеть. Она обеспечивает доступ на финансовые рынки и возможность участия в сделках в реальном масштабе времени. Это позволяет ставить страны на грань финансового краха (осуществляя переброску капиталов с региональных рынков). Кризис возникает в тех странах, экономика которых перед этим шла на подъем. Теряется связь между реальной экономикой и ее финансами.

Главные проблемы развития крупномасштабных систем российской экономики в новых условиях: недоступность кредитов для производителей; убыточность обрабатывающей промышленности; старение оборудования; ориентации на экспорт сырья; бегство капитала. Положение российской экономики по ВВП среди других стран приведено на рис. 3.

По темпам выбытия производственных фондов к 2005 г. в России останется не более 20–25 % производственного потенциала 1992 г.

## 2. ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ

Данные задачи для систем производственно-транспортного типа включают в себя: определение состава и взаимосвязей производственно-транспортных элементов системы в динамике их развития, размещения и функционирования (распределение инвестиций, определение очередности создания предприятий и транспортных элементов и моментов ввода мощностей с учетом динамики изменения потребления «продуктов» в системе); распределение заданий по производст-

венным и транспортным элементам; разбиение элементов на отдельные подмножества по признакам специализации и кооперации с целью получения дополнительной прибыли; согласования целей подсистем различных уровней) и др.

Динамический характер задач управления развитием крупномасштабных систем требует создания методов формализации и оптимизации, начиная от сценариев развития, целевых программ, долгосрочных планов развития, бизнес-планов до выбора рациональных производственных структур.

Основные особенности крупномасштабных систем:

- значительные затраты ресурсов и времени на развитие систем (заблаговременность инвестиционных мероприятий может составлять несколько лет);
- размытость границ (в процессе развития состав элементов системы и характер их взаимосвязи между собой и с внешней средой существенно изменяются; территория, охватываемая системой, может расширяться от региональных до глобальных масштабов);
- тесная взаимосвязь с другими крупномасштабными системами и с окружающей средой;
- комплексный характер управления (в частности, требуется согласование отраслевых, корпоративных и региональных интересов).

При исследовании крупномасштабных систем возникает проблема взаимосвязанного описания, анализа процессов выбора целей и принятия решений, производственно-транспортных и технологических процессов и др. Поэтому крупномасштабная система представляется в виде взаимосвязанной совокупности элементов различных уровней детализации и этапов развития.



Исследования методов управления развитием крупномасштабных систем в Институте проблем управления ведутся с 1964 г. на примерах таких систем, как отрасли, предприятия, топливно-энергетический комплекс и отдельные его отрасли, системы организационного управления, компании. Обобщен опыт проектирования систем и разработаны агрегативно-декомпозиционный подход к планированию развития крупномасштабных систем [1, 3–5], оптимизационно-имитационная методология моделирования крупномасштабных систем с учетом динамики их развития и функционирования [1, 3, 6], итеративная многоуровневая методология планирования при построении распределенных систем принятия решений [5, 7, 8] и инвестиционные модели развития систем [1, 3].

### 3. СТРУКТУРА, МЕХАНИЗМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ

В процессе формализации развития и функционирования крупномасштабных систем выделяются такие их атрибуты, как структура, механизм функционирования систем и модель объекта управления в управляющей системе.

Система  $S(t)$  понимается как совокупность следующих элементов, изменяющихся (развивающихся) во времени  $t$ :  $S(t) = \{Str(t), m(t), M(t)\}$ , где  $Str(t)$  – структура системы,  $m(t)$  – механизм функционирования системы,  $M(t)$  – модель объекта управления в управляющей системе, включая состояния системы и ее элементов, а также информированность управляющих элементов системы о состоянии системы в различные моменты времени [1].

Структура системы определяется следующим образом [2]:

$$Str(t) = \{Str'(t), Str''(t), Str'''(t)\},$$

где  $Str'(t)$  – институциональная структура системы управления, изменяющаяся во времени,  $Str''(t)$  – структура производственно-транспортной подсистемы,  $Str'''(t)$  – взаимосвязи управляющих элементов системы с производственно-транспортными элементами и изменение этих взаимосвязей во времени.

В рыночных условиях множество возможных принципов и форм построения систем управления и их структур значительно расширилось: концерны, финансово-промышленные группы, холдинги, трастовые компании, акционерные общества и т.п., это требует выбора рациональной формы управления и анализа влияния различных форм на эффективность их функционирования.

Промышленность России в плановой экономике состояла из предприятий, обычно средних размеров, организованных по отраслевому принципу. От-

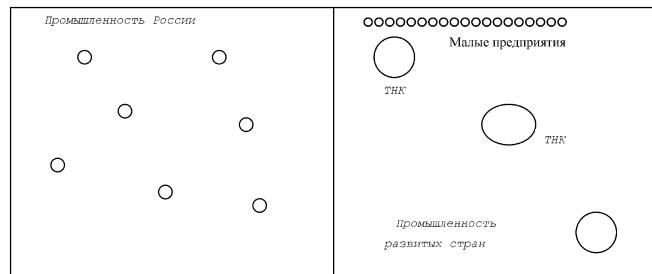


Рис. 4. Структуры промышленности России и ведущих западных стран

расль выступала как государственная промышленная корпорация. После ликвидации Госплана Россия получила набор относительно слабых средних размеров предприятий. Такие предприятия, как правило, не конкурентоспособны на мировом рынке. Структура промышленности ведущих западных стран строится на основе THK, дополненных большим количеством малых предприятий (рис. 4).

Структура производственно-транспортной подсистемы определяется следующим образом:  $Str''(t) = \{I(t), J(t), \Gamma(t), X(t), \Pi(t)\}$ , где  $I(t)$  – множество узлов системы, отражающих ее производственные элементы, развивающиеся во времени;  $J(t)$  – множество транспортных элементов системы;  $\Gamma(t)$  – взаимосвязи производственных, транспортных элементов и производственно-транспортных элементов (взаимосвязь последних описывается в виде графа  $G(t) = (I(t), J(t), \Gamma(t))$ ;  $X(t)$  – характеристики производственных и транспортных элементов;  $\Pi(t)$  – распределение заданий системы по ее элементам, определяемое их специализацией, кооперацией и т. д.

В системах с централизованной плановой экономикой плановые задания  $\Pi(t)$  определялись верхними уровнями управления, исходя из понимания потребностей народного хозяйства. В рыночной экономике такие плановые задания  $\Pi(t)$  для элементов отсутствуют, верхние уровни управления задают направления желательного развития (индикативные показатели) через налоги, субсидии, льготные кредитные линии и др. Определение плановых заданий является основной задачей каждого участника рынка, исходя из потребности в продуктах и динамики цен на них, маркетинговых исследований и технико-экономического обоснования различных вариантов развития предприятия, использования производственных и финансовых возможностей.

Таким образом, динамическая задача состоит в выборе для заданных моментов развития системы совокупности узлов, взаимосвязей между ни-

ми и распределения заданий по узлам системы на каждом из этапов ее развития, чтобы выполнялись требования к характеристикам качества на различных этапах ее развития и функционирования.

При постановке динамических задач (в дополнение к основным характеристикам качества реализации и функционирования выбранного варианта системы) возникает ряд специфических характеристик, таких как: минимальное время, в течение которого может быть реализована система; характеристики динамики использования ресурсов в процессе создания системы и их ликвидность; время и ресурсы при переходе к заданному (некоторому) множеству вариантов реализации системы. Учет динамики развития элементов требует совместного использования оптимизационных и имитационных моделей, итеративных процедур выбора рациональных вариантов системы [1, 3, 4].

Под механизмом функционирования системы понимается совокупность функций, задач, процедур, инструкций, законов и т. д., регламентирующих действие элементов системы. Некоторые из этих составляющих имеют глобальный характер и распространяются на все элементы системы (законы, инструкции и т. д.), а другие являются специфическими, касающимися лишь некоторых элементов и определяются распределением заданий, функций, задач и т. д. Возможность управления определяется правом собственности, контрольным пакетом акций, вхождением в состав холдингов, финансово-промышленных групп и т. д.

Для производственно-транспортной системы механизм функционирования задает правила взаимодействия ее элементов с учетом их принадлежности различным управляющим элементам, компаниям, финансово-промышленным группам. Это, в свою очередь, определяет их характеристики  $X(t)$  и распределение заданий  $P(t)$ .

При моделировании механизма функционирования системы представляется в виде целевых функций элементов, ограничений, правил планирования, последовательности действий в процессе функционирования и т. д.

Под моделью объекта управления  $M(t)$  в управляющей системе понимается совокупность сведений о системе (включая формализованные модели, данные о состоянии элементов и внешней среды, маркетинговые исследования, данные контроля и т. д.), которые используются в процессе управления развитием системы.

При математическом моделировании модель определяется множеством допустимых состояний системы, задаваемых ограничениями (включая неравенства, функциональные и операторные зависимости, налагаемые на выбор состояний эле-

мента). В крупномасштабных системах для подсистем разрабатываются и применяются свои модели. Наряду с этим разрабатывается совокупность метамоделей, увязывающих модели подсистем.

Поскольку крупномасштабные системы являются развивающимися системами, функционирующими в рыночных условиях, то их модели нуждаются в постоянном совершенствовании. Для таких систем важен пересмотр (коррекция моделей системы) для определения целесообразности продолжения выбранного направления развития, предотвращения возможного банкротства и разработки мероприятий по санации.

С ростом масштабов экономики по мере создания концернов, финансово-промышленных групп, углубления специализации и кооперирования производства усложняется система межотраслевых и внутриотраслевых связей. Это требует совершенствования планирования и управления развитием крупномасштабных систем. Условием успешного развития является повышение научно-технического потенциала основных фондов. Усиливающаяся инерционность экономики усложняет изменение сложившихся тенденций, пропорций и структуры производства, требует значительных затрат средств и времени.

#### **4. КОМПЛЕКСНЫЕ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ**

---

В централизованной плановой экономике основные этапы планирования развития крупномасштабных систем заключались в долгосрочных прогнозах на период до 20 лет, планах развития на 10 лет с детализацией первых пяти лет по годам и агрегированием на второе пятилетие, годовых планах, межотраслевых целевых программах, а также в комплексных региональных программах развития.

В условиях рыночной экономики за государством остаются задачи обеспечения за счет налоговой политики бюджетных поступлений для госбюджетной сферы (обороны, образования, медицины, науки, малоимущих слоев населения, пенсионеров и др.). Государственные вложения в конкретные области производства осуществляются на основе оценки эффективности и возвратности вложений, для этого разрабатываются бизнес-планы, проводятся маркетинговые исследования.

Разработка бизнес-планов, анализ прибыльности, рентабельности вложений – ключевой элемент новой, так называемой, программно-проектной технологии оценки эффективности вложений для участников рыночного сектора экономики (предприятий, банков и др.) [9, 10].



Для планирования развития крупномасштабных систем важное значение имеет разработка:

- методов генерирования вариантов и сценариев развития систем, оценивания и выбора вариантов инвестиционных проектов и программ и др.;
- моделей и методов планирования развития системы на различных уровнях детализации, включая целевые комплексные программы, инвестиционные модели развития, процедуры согласования решений взаимосвязанных моделей [3–9];
- моделей и методов оптимизации функционирования крупномасштабных систем (включая итеративные процедуры оптимизационно-имитационного подхода моделирования динамики функционирования системы, механизмов, стимулирующих эффективную реализацию планов и функционирование системы и др.) [1, 3, 9].

Инвестиционный проект представляет собой документально оформленную систему инновационных, маркетинговых, финансово-экономических, экологических и других исследований, разработок и организационных решений, определяющих цели инвестирования, мероприятий по их реализации, а также затраты, способы и процедуры, обеспечивающие их окупаемость (получение прибыли). Форма и содержание инвестиционных проектов разнообразны: от производства новых изделий (услуг) до развития и реконструкции крупномасштабных производственно-транспортных комплексов [10].

Инвестиционные проекты могут быть классифицированы по ряду признаков: масштабности (большие, средние и малые), длительности, направлениям развития (производственные, коммерческие, организационные, социальные и др.), для объекта в целом, или по отдельным направлениям развития и т. п. Независимо от принадлежности проекта тому или иному классу базовым документом, необходимым для принятия решения о его целесообразности, является бизнес-план (деловой план). Бизнес-план – это документ, описывающий цели инвестиционного проекта предприятия (фирмы, инвестиционного института и т. д.) и стратегию их достижения с маркетинговым анализом и технико-экономическим обоснованием. Бизнес-план необходим для поиска потенциальных инвесторов, организации финансирования проекта и обоснования кредитов. На его основе принимается решение о состоятельности проекта, при этом решающее значение имеют финансово-экономические оценки его коммерческой привлекательности.

При моделировании развития крупномасштабных систем (регион, отрасль, корпорация, финансово-промышленная группа) в условиях рыночной

экономики проектный подход позволяет построить комплекс взаимосвязанных моделей, определяющих стратегию развития системы с учетом вариантов функционирования системы.

Модель стратегии развития региона, корпорации (предприятия) – это модель, описывающая разнородные хозяйственные объекты, потоки финансовых и материальных ресурсов, связывающих отдельные объекты, «погруженные» в среду финансовых и материальных потоков. Изменение потоков вызывает соответствующие реакции объектов, которые, в свою очередь, меняют среду.

При моделировании экономических объектов их деятельность разбивается на отдельные функциональные модули, описывающие различные аспекты этой деятельности, например, модули экономического окружения и налогов, выручка от реализации продуктов и услуг, инвестиции в основные средства, производственные издержки, оборотный капитал, взаимодействия с кредитными организациями и др.

Важное значение при моделировании управления развитием крупномасштабных систем имеет моделирование налоговой политики, экспортной, импортной и таможенной политики с учетом прогнозов спроса и предложения, моделей ценообразования. Данные модели должны быть увязаны с макромоделями развития крупномасштабных систем с использованием асимптотических траекторий развития, магистральных режимов и др. [7, 8].

Планирование развития крупномасштабных систем требует разработки математических методов формализации элементов системы и их взаимосвязей. Для формализованного описания элементов системы и их взаимосвязей применяются альтернативные графы, сети, деревья, гиперграфы и т. д. Функционирование системы в этом случае задается в виде направленных потоков или специальных логических правил и условий функционирования элементов системы.

При разработке крупномасштабной системы эффективен агрегативно-декомпозиционный подход, в частности, принцип последовательного синтеза допустимых вариантов построения отдельных элементов, частей и системы в целом с последующим выбором наилучшего варианта ее реализации и развития. Такой подход позволяет выделить типовые задачи синтеза, детализация которых определяется этапом и целями исследования [1, 3, 4].

В основу методологии агрегативно-декомпозиционного подхода положены [1, 3, 4]: комплексное исследование различных аспектов процессов развития и функционирования систем от выбора целей, процедур принятия решений до технологических процессов в динамике их функционирования и развития; альтернативно-графовая формализа-

ция задач планирования развития; использование в процессе формализации взаимосвязанного комплекса моделей различного типа — оптимизационных, имитационных, оптимизационно-имитационных, расчетных, человеко-машинных и т. д.; разработка и использование комплекса взаимосвязанных моделей, обеспечивающих в процессе взаимодействия (чаще всего итеративного) решение общей проблемы (композиционный подход); декомпозиция моделей на ряд взаимосвязанных подмоделей с обоснованием процедур сходимости их взаимосвязанного решения к исходному решению (декомпозиционный подход); использование в процессе формализации моделей различной степени агрегирования.

При решении задач планирования в крупномасштабных системах применяются «распределенные» многоуровневые процедуры формирования и выбора решений. Такие процедуры, как правило, включают в себя взаимосвязанные процессы подготовки, выполняемые параллельно многими специалистами (лицами, принимающими решения — ЛПР) и связанные с частичным принятием решений или сужением области решений и значений показателей плана. Информация, имеющаяся в распоряжении каждого ЛПР, как правило, не является полной и уточняется с другими ЛПР, взаимодействующими как по «горизонтали», так и по «вертикали».

Агрегативно-декомпозиционный подход предусматривает построение многоуровневого комплекса взаимосвязанных моделей. Модели различных уровней комплекса описывают систему с различной степенью ее детализации, причем для учета характеристик развития и функционирования системы, которые невозможно описать аналитическими зависимостями, используются имитационные модели [1, 3, 4].

В процессе развития крупномасштабных систем увеличиваются объемы производства, изменяются взаимосвязи в системах, возрастает сложность управления, что приводит к повышению значимости тех факторов, которые представлялись несущественными на предыдущих этапах развития системы (и управления этим развитием) и не были отражены в их моделях.

У «центра», управляющего развитием крупномасштабной системы, создается ощущение, что система теряет «хорошие» свойства, которые были присущи ей на предыдущих этапах развития. При этом перед управляющим элементом возникает проблема, как вернуть «хорошие» свойства системе, т. е. повысить ее управляемость и исключить такие нежелательные явления, как низкая рентабельность, замедление темпов развития системы, несогласованность планов и фактического со-

стояния, несогласованность развития отдельных элементов (частей) системы, потеря устойчивости развития и др.

Управляющие элементы располагают несколькими возможностями для придания системе «хороших» свойств:

- идентификация (уточнение) модели управляемой системы с вводом для этой цели специального контроля и других мер, направленных на выявление существенных факторов для коррекции модели системы;
- изменение (совершенствование) механизма функционирования системы, формы собственности;
- изменение структуры системы, включая перегруппировку ее элементов и их взаимодействий (например, совершенствование производственно-транспортной и организационной частей системы).

При этом возникают сложные вопросы, на которые современная наука управления не дает ответа:

- достаточно ли для обладания системой «хорошими» свойствами уточнить «модель», например, введением дополнительного контроля при неизменных механизме функционирования и структуре системы;
- можно ли введением нового (совершенствованием) механизма функционирования (без коррекции «модели» и структуры) сделать несущественными «плохие» свойства системы; в частности, можно ли экономическими методами (введением стимулирования) при неизменной структуре придать системе «хорошие» свойства;
- обоснование невозможности обеспечения «хороших» свойств системы без изменения ее структуры и др.

Заметим, что необходимо не только решить перечисленные выше вопросы, но и предсказать период времени, когда система потеряет «хорошие» свойства, а также последствия различных вариантов ее совершенствования.

В разрабатываемых проектах крупномасштабных систем обычно анализируется ограниченное число вариантов. Проведение такого анализа в проектах крупномасштабных систем не по силам заказчикам и разработчикам систем и выполняется, как правило, силами привлеченных организаций. Такие задачи могут быть решены в рамках консалтинговых систем, включающих в себя центры моделирования развития и функционирования крупномасштабных систем, разработки бизнес-планов и технико-экономических обоснований.

Интеграция национальных экономик в единый планетарный механизм с универсальной системой ценностей, макроэкономического регулирования,



взаимодействия финансовых институтов и рынков экономически неизбежный процесс. Финансовые и материальные потоки должны моделироваться с учетом положительных и отрицательных последствий деятельности ТНК.

Если рассмотреть крайний случай, когда ТНК контролирует основные отрасли промышленности региона, экономическая безопасность принимающего региона определяется действиями ТНК. В условиях полной изоляции приток новых технологий в регион затруднен, так как в этом случае ТНК – основной поставщик таких технологий. Экономическая безопасность региона может снижаться из-за отставания в технологической сфере.

Программы, формируемые на национальном или региональном уровнях, предполагают выработку совокупности мероприятий, обеспечивающих достижение целей долгосрочного развития. Программы могут охватывать развитие новых производств и услуг, достижение заданного уровня потребления, обороноспособности, социального развития, освоения региона, охраны окружающей среды, научные программы и др.

Прогноз финансовых и материальных потоков региона, включающих в себя потоки от экспорта и импорта, капитала, продуктов и услуг, дает представление о том, какие цели (проекты) могут быть назначены. Эти цели (проекты) оцениваются рядом показателей, таких, как прибыль, NPV, IRR, время окупаемости инвестиционных вложений и др.

Анализ доходности отдельных проектов (продуктов и услуг) позволяет выявить слабые и сильные звенья бизнеса и на этой базе оптимизировать их структуру и объем, построить эффективную ценовую политику. Это способствует повышению устойчивости и эффективности работы предприятий. У региона появляется возможность добиться эффекта синергизма, состоящего в том, что свойства системы в целом превосходят сумму свойств (результатов работы) ее отдельных проектов. Достижение этого эффекта сопряжено с необходимостью перераспределения финансовых потоков внутри региона, чтобы улучшить показатели в текущем периоде и долгосрочной перспективе.

Состояние экономики, отвечающее требованиям экономической безопасности, характеризуется значениями параметров, при которых обеспечиваются приемлемые для населения условия жизни, устойчивость социально-экономической ситуации и т.п. При переходе значений параметров (индикаторов) через пороговые значения состояние экономики страны становится небезопасным [11, 12].

Анализ влияния ТНК на экономическую безопасность основан на учете взаимосвязи экономических противоречий, угроз и потерь, к которым оно может приводить. Моделирование и анализ

взаимосвязей систем с целью выявления противоречий и угроз ее экономической безопасности предполагает прогнозирование и стратегическое планирование.

На основе сценариев, предлагающих концепцию и пути решения проблем, строятся планы и программы управлеченческих действий и мероприятий.

Для построения модели системы могут применяться различные подходы. Система может быть представлена в виде системы дифференциальных уравнений, модели предприятий могут быть агрегированы представлены функциями Кобба-Дугласа [13], описаны системой разностных уравнений. Такое описание в простейших случаях позволяет получить аналитический вид траекторий развития системы. Однако наибольшее распространение получили оптимизационные задачи математического программирования (обычно линейного) и имитационные модели [3, 4, 8–9, 14–20].

На основе этих подходов возможен переход к решению задач, связанных с обоснованием комплексной стратегии социально-экономического развития регионов и экономики в целом – многошагового процесса оптимизации локальных (производственных), отраслевых, территориальных задач и их сопряжения с макроэкономической моделью развития экономики в целом. Это другой класс задач, в сравнении с теми, которые решались в русле традиционной методологии оптимального управления. Основы такого подхода только закладываются [14].

## **5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ. ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «ТЭО-ИНВЕСТ»**

Для анализа рентабельности инвестиций в промышленный проект, оценки эффективности реорганизации производства, выбора схемы финансирования инвестиционных проектов, подготовки документов технико-экономического обоснования в бизнес-плане разработана методика и программный комплекс «ТЭО-ИНВЕСТ», основанный на международной методологии оценки инвестиционных проектов (UNIDO) с учетом специфики российских условий перехода к рыночной экономике и предназначенный для предприятий и организаций независимо от их формы собственности. Данным программным комплексом (ПК) пользуются различные органы управления федерального и регионального уровней для оценки эффективности и обоснованности решений, связанных с инвестиционной политикой, санацией или банкротством, а также при разработке бизнес-планов, проведении экспертизы финансовой состоятель-

ности инвестиций, предложений, при подготовке технико-экономических обоснований и выборе проектных решений.

Программный комплекс «ТЭО-ИНВЕСТ» выгодно отличают: дружественный интерфейс, основанный на системе вложенных меню; рациональная структуризация табличных форм; удобство ввода исходных данных и автоматическое заполнение взаимосвязанных таблиц; возможность и удобство проведения многовариантных расчетов; универсальность применения для анализа и оценки инвестиционных проектов различных типов (вновь создаваемые производства, реконструкция, развитие и т.п.); оперативность актуализации параметров нормативно-правовой базы; широкие возможности графического анализа экономических показателей (более 20-ти типов различных графиков – прибыль, рентабельность, ликвидность и др.); возможность графического анализа чувствительности оцениваемых выходных показателей относительно изменения входных параметров и другие характеристики [10].

При этом объектом инвестиций может быть как полный научно-технический и производственный цикл, так и его отдельные стадии, реализуемые в рамках проекта. Объекты инвестирования различаются по целевой направленности (комерческая, социальная), характеру и содержанию инвестиционного цикла, формам участия государства (бюджетное финансирование, акционерный капитал, гарантии, налоговые льготы и т. п.), степени и особенностям окупаемости вложенных средств и другим факторам, влияющим на оценку целесообразности инвестирования.

Для инициаторов и разработчиков инвестиционных проектов ПК «ТЭО-ИНВЕСТ» определит эффективность проекта и документирует расчеты для привлечения инвесторов, обоснования кредитов и др. Инвесторы с помощью ПК «ТЭО-ИНВЕСТ» могут провести экспертизу инвестиционных предложений, проверить обоснованность расчетов, а в процессе реализации проекта сопоставлять их с реальной отчетностью и анализировать отклонения. Банки с помощью ПК «ТЭО-ИНВЕСТ» могут анализировать обоснованность запрашиваемых кредитов и реальную платежеспособность в процессе реализации проекта, его ликвидность.

При разработке бизнес-плана учитываются многочисленные факторы, существенным образом влияющие на конечные результаты и показатели эффективности проекта (состав и налогооблагаемая база; размер начислений на фонд оплаты труда; регламентация затрат, включаемых в себестоимость продукции; платежи в бюджеты, связанные с экспортом (импортом) продукции (экспортные тарифы, таможенные пошлины, акцизы); налого-

вые льготы, связанные с юридическим статусом предприятия и особенностью его производственной деятельности).

На основе входных данных о проекте ПК «ТЭО-ИНВЕСТ» рассчитывает показатели для анализа проекта и генерирует формы выходной отчетности. Выходной отчет ПК «ТЭО-ИНВЕСТ» содержит базовые формы интегрированной системы документации, принятые в мировой практике для финансовой оценки инвестиционного проекта (Income Statement, Balance Sheet, Cash-Flow) и ориентирован на терминологию, состав показателей и методы их расчета, регламентированные законодательством России.

Разработан ряд итеративных схем проведения расчетов по выбору основных компонентов проекта, в частности, схемы финансирования. Предусмотрены различные способы финансирования инвестиционных издержек: акционерный капитал, кредиты, лизинг и реинвестирование нераспределенной прибыли. Соотношение этих источников в значительной степени определяет доходность и ликвидность проекта.

Анализ чувствительности предназначен для исследования влияния параметров проекта (цены на продукцию, производственная мощность, темпы инфляции, производственная программа, ставки налогов) на выходные показатели: IRR, NPV, состояние расчетного счета и динамику прибыли.

Программный комплекс «ТЭО-ИНВЕСТ» позволяет в удобной форме: вводить исходную информацию; быстро рассчитывать итоговые таблицы, показатели и коэффициенты, необходимые для финансового анализа проекта; выполнять многовариантные расчеты, ускорять выбор наиболее выгодных вариантов осуществления проекта; анализировать чувствительность с целью определения степени зависимости показателей рентабельности проекта от прогнозируемых данных; определять эффективность проекта с учетом инфляции; документировать технико-экономическое обоснование.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Крупномасштабные системы (корпорации, ТНК, финансово-промышленные группы) – это тот локомотив, который может вытащить промышленность из того состояния, в котором она оказалась, повысить ее конкурентоспособность и возможность существовать в мировом рыночном пространстве.

На уровне отдельного предприятия эту проблему не решить, так как каждое отдельное предприятие часто не конкурентоспособно не только на внешнем, но и на внутреннем рынке. Продукция



многих предприятий находится на грани рентабельности и становится убыточной. Данные проблемы являются во многом типовыми для машиностроительных, радиотехнических производств, банковской сферы, торговли, транспорта и т. д.

Для оздоровления предприятий имеющиеся ресурсы необходимо сгруппировать в несколько финансово-промышленных групп. Есть два пути — либо ждать, когда такие группы создадутся снизу, либо стимулировать их создание сверху. Это нужно по той причине, что если отрасли и предприятия хотят иметь государственную поддержку, то они должны показать, что их развитие более выгодно и в тактическом, и стратегическом планах. Во всяком случае, такая политика была бы более эффективна, чем поддержка проектов из любых отраслей, лишь бы срок окупаемости был не более двух лет.

Создание крупных объединений сверху — опровергнутый мировой практикой путь. В США в первой половине XX века рыночные механизмы без государственной поддержки оказались не в состоянии вывести страну из экономического кризиса и только «новый курс» Ф. Рузвельта, масштабные государственные мероприятия (принудительное картелирование промышленных предприятий наряду с такими мерами, как оказание им поддержки на основе крупных займов и субсидий, стимулирование частных инвестиций при помощи налоговых льгот и др.) обеспечили быстрый выход из кризиса.

В переходный период приоритетные направления должны быть обеспечены протекционистскими мерами, которые по мере оздоровления должны ослабляться.

При реализации программ развития крупномасштабных систем в новых условиях эффективен путь привлечения иностранных инвестиций для реконструкции производства и выпуска конкурентоспособной продукции на внутренний и мировой рынок, внедрение технологий мирового уровня в базовые отрасли экономики.

Рассмотренные модели оптимизации согласованных инвестиционных программ позволяют повысить эффективность разработки и осуществления проектов развития крупномасштабных систем.

Разработанный комплекс взаимосвязанных оптимизационных, имитационных и расчетных моделей, реализованный в виде моделирующей системы на ПЭВМ, является эффективным средством моделирования задач стратегического планирования и управления развитием крупномасштабных систем и успешно применяется для решения задач стратегического планирования и управления развитием крупномасштабных систем.

Программный комплекс «ТЭО-ИНВЕСТ» — эффективный инструмент финансового анализа, анализа экономической эффективности, риска и чувствительности инвестиционных проектов.

## ЛИТЕРАТУРА

- Цвиркун А.Д. Основы синтеза структуры сложных систем. — М.: Наука, 1982.
- Цвиркун А.Д. Структура сложных систем. — М.: Сов. Радио, 1975.
- Цвиркун А.Д., Акинфиев В.К. Структура многоуровневых и крупномасштабных систем. Синтез и планирование развития. — М.: Наука, 1993.
- Цвиркун А.Д., Акинфиев В.К., Соловьев М.М. Моделирование развития крупномасштабных систем. — М.: Экономика, 1983.
- Цвиркун А.Д., Карабский А.В., Яковенко С.Ю. Математическое моделирование управления развитием структур крупномасштабных систем. Препринт. — М.: Ин-т проблем управления, 1985.
- Цвиркун А.Д., Акинфиев В.К., Филиппов В.А. Имитационное моделирование в задачах синтеза сложных систем. — М.: Наука, 1985.
- Цвиркун А.Д., Яковенко С.Ю., Голубкин А.В., Дошманова Г.А. Модели динамического равновесного фондообразования. Препринт. — М.: Ин-т проблем управления, 1992.
- Цвиркун А.Д., Яковенко С.Ю., Бадалян А.Г. Управление развитием крупномасштабных систем (дисконтированное потребление и магистральный эффект). Препринт. — М.: Ин-т проблем управления, 1990.
- Цвиркун А.Д., Акинфиев В.К., Коновалов Е.Н., Карабский А.В., Шишорин Ю.Р. Анализ эффективности инвестиционных проектов. Препринт. — М.: Ин-т проблем управления, 1994.
- Цвиркун А.Д., Акинфиев В.К. Анализ инвестиций и бизнес-планы. — М.: Ось-89, 2002.
- Региональные кризисные ситуации и экономическая безопасность России / А.Г. Гранберг. — М.: Наука, 1998.
- Кульба В.В., Кононов Д.А., Чернов И.В., Шелков А.Б. Информационные технологии решения проблем обеспечения экономической безопасности государства. — М.: Ин-т проблем управления, 2002.
- Мусеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. М.: Наука, 1981.
- Львов Д.С., Фаттахов Р.В. Оценивание крупномасштабных инвестиционных процессов в регионе. — М.: ЦЭМИ РАН, ИСЭИУНЦ РАН, 2001.
- Суворов М.А., Подшивалов В.Н. Математическое моделирование как метод оптимизации инвестиций при планировании производственной программы // Концепции. — 2002. — № 1 (9).
- Ириков В.А., Тренев В.Н. Распределенные системы принятия решений. — М.: Наука, 1999.
- Леонтьев С.В. Модели и методы управления разработкой и реализацией программ регионального развития. — М.: Наука, 2002.
- Багриновский К.А., Егорова Н.С. Имитационные системы моделей экономических объектов. — М.: Наука, 1980.
- Багриновский К.А., Хрусталев Е.Ю. Методологические основы построения модельной информационно-аналитической системы планирования и реализации крупных социально-экономических проектов и программ // Экономика и математические методы. — 1997. — Т. 33. — Вып. 2.
- Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика). — М.: Прогресс, 1971.

☎ (095) 334-78-29

E-mail: tsvirkun@ipu.rssi.ru



# ТЕХНОПАРКОВЫЕ СТРУКТУРЫ И ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ

Ф.Ф. Пащенко

Рассматриваются программы устойчивого развития, сочетающие интересы настоящего и будущего поколений и являющиеся основным элементом государственной и инновационной политики большинства развитых стран.

Описывается методология построения технопарковых структур, которая обеспечивает социальное и экономическое саморазвитие регионов, использование их внутреннего потенциала и сочетание интересов регионов и центра. Кратко излагается программа «Техноэкополисы».

## ВВЕДЕНИЕ

Последнее десятилетие характеризуется принципиально новыми явлениями в экономике развитых стран. К ним относятся переход к интенсивной модели экономического роста на основе достижений научно-технического прогресса, выдвижение на первый план высокотехнологичных и наукоемких отраслей промышленности.

Мировой опыт становления технологического рынка в США, Японии, Швеции, Тайване и других странах показывает, что основным элементом государственной политики в развитых странах являются программы устойчивого развития и создания техноэкополисов и технопарковых структур как инновационных центров [1].

Техноэкополис – технология, экология и полис (поселение), т. е. речь идет об объединении и реализации принципов, соответствующих этим понятиям, на конкретной территории какого-либо района, где за счет принципиального пересмотра совокупного ресурса производства, социальной инфраструктуры и науки, которые имеются в данной точке, создается некая новая модель отношений между этими составляющими, определяющая новое лицо региона. Создается новая форма организации среды и жизнедеятельности человека, обеспечивающая достаточно высокую экономическую эффективность структур, вовлекаемых в зону, и довольно высокий уровень социального комфорта. Конечно же, вся эта социально-экономическая модель держится на принципах экологической безопасности [2].

Под строительство техноэкополисов выделяются территории, отвечающие следующим требованиям: они находятся на периферии высокоразвитых регионов, имеют производственный задел для разработки передовых технологий, располагают благоприятными земельными и водными ресурсами под промышленное и жилищное строительство, имеются города с населением свыше 50 000 чел., могущие стать центрами техноэкополисов, в их пределах находятся университеты для подготовки кадров и специалистов в области новых технологий, а также аэропорты и скоростные автодороги [3].

Техноэкополисы относятся к крупномасштабным межрегиональным, межотраслевым системам и характеризуются комплексным взаимодействием элементов (организаций), распределенных на значительной территории и охватывающих несколько отраслей.

Экономическое развитие по типу техноэкополисов и технопарков превращает периферийные области с относительно отсталой экономикой в высокоразвитые регионы, обеспеченные высокими технологиями в разных сферах промышленного и сельскохозяйственного производства, транспорта, связи. При этом решаются региональные задачи социального развития, в том числе создание дополнительных рабочих мест, подготовка собственных специалистов, создание инфраструктуры и др.

На Всемирном форуме ООН (Рио-де-Жанейро, 1992) по принятой «Программе устойчивого развития» в разделе «Средства осуществления» средства, выделенные на организацию новых форм «поселений», многократно превышают (в 47 раз) средства по таким важнейшим разделам, как «Здра-



воохранение» (51 млрд. долл.), «Ликвидация бедности» (30 млрд. долл.) и «Образование» (14,6 млрд. долл.). Около половины (218 млрд. долл.) от финансирования всей Программы на 1993–2000 гг. идет на организацию «поселений».

Соотношения выделенных ООН средств отражают понимание общественностью всей важности разработки научно-обоснованных социально-экономических структур для будущего человечества.

Предпочтительность наукоемкой экономики заключается:

- в малых ресурсо- и энергоемкостях, следовательно, в уменьшении или, вообще, снятии острых экологических проблем;
- в высоконаучном потенциале продукции, приводящем к повышению социально-культурного уровня населения;
- в высокой эффективности производства, обеспечивающей высокий жизненный уровень всего населения с ориентацией его на всестороннее повышение культурного уровня.

Предпочтительность определяется и тем, что одноразовое финансирование фундаментальных разработок социально-экономических структур автоматически решает множество сегодняшних проблем, в том числе, например, образования и здравоохранения, которые требуют и будут требовать ежегодного финансирования, т.е. либо фундаментальное решение проблемы – разработка перспективных структур техноэкополисов, либо бесконечное латание «социальных дыр».

Мировое сообщество, включая и развивающиеся страны, выбрало инновационный, а не сырьевую путь развития. Россия пока движется по сырьевому пути. Инновационный путь развития только обсуждается. Что будет дальше?

### ТЕХНОПАРКОВЫЕ СТРУКТУРЫ КАК «ПОЛЮСА РОСТА» СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ

Проблемы рационального размещения производительных сил и сбалансированного развития отдельных регионов с 1950-х гг. занимают центральное место в ряду стратегических направлений государственной экономической политики в большинстве развитых государств.

Теоретической основой для решения указанных проблем стала концепция Ф. Перро «полюсов роста», согласно которой развитие периферийных районов идет вокруг «очагов или полюсов роста» [4].

В условиях ограниченности государственного финансирования идея очагового финансирования привлекла внимание экономистов и политиков сначала в США, а затем и в других странах. Сам термин «технополис» появился в Японии. В других



**Рис. 1. Классификация технопарковых структур**

странах до сих пор применяются его синонимы: высокотехнологичные центры, научные и технологические парки и т. п.

Классификация технопарковых структур и их иерархия представлена на рис. 1. Видно, что технополис – это наиболее широкое технопарковое образование. Понятия *техноселения*, *технопарки*, *наукограды*, *информограды* и *академгородки* используются для территориальных образований научного и высокотехнологического профиля. Понятие *технополис* в его современном смысле относится обычно к городскому поселению в целом или охватывает несколько городских и районных поселений. Технопарковые структуры привлекают новые идеи, технологии, материальные и финансовые ресурсы и производят продукты-«лидеры», новые технологии и разработки.

Концепция технополисов в последние времена претерпела еще и дополнение экологическими программами, в ряде случаев стала называться концепцией техноэкополисов и представляет собой синтез четырех направлений: стратегии исследований в области наукоемкой технологии, программ регионального развития, процесса нововведений и сочетания интересов настоящего и будущего поколений [1, 3].

Идея основных подходов концепции технополисов родилась еще в 1930-е гг. в СССР при создании металлургических центров – городов Магнитогорск, Новокузнецк и машиностроительного и горнодобывающего центра – г. Комсомольск-на-Амуре. Позднее эта концепция нашла отражение при создании закрытых городов и научных центров «Арзамас-16», «Челябинск-70» и т. п.

Наиболее законченную форму эта концепция приобрела в Японии при разработке программы

«Технополисы» [3]. Сформулированы следующие пять основных особенностей этой программы.

- Главный рычаг подъема периферийных районов – научноемкие отрасли и технологии.
- Решающая роль в разработке и реализации проекта принадлежит самим регионам и местным органам самоуправления. Самофинансирование не только «разгружает» государственный бюджет, но и помогает префектурам избавиться от комплекса провинциальности.
- Гармоническое развитие регионов и переход от строительства крупных комбинатов к созданию мелких и средних предприятий. Такой подход в значительной степени обеспечивает экологическую безопасность и расширяет круг участников технополиса.
- Переход от «жесткой» инфраструктуры к «мягкой».
- Комплексное развитие регионов.

В последние годы наметился интерес к проблеме создания техноЭкополисов в России, что связано, в первую очередь, с потребностью в новых концепциях хозяйствования и взаимодействия территорий и государства в процессе становления рыночных отношений. При этом любые попытки использования зарубежного опыта развития техноЭкополисов в России должны быть, безусловно, согласованы с местными условиями, такими как социально-экономические, природно-климатические, демографические и др.

Россия на 65% представляет собой северную страну. Север – это уникальное наше богатство, которого нет больше ни у кого в мире. По оценкам ученых Север – это последний резерват жизненных ресурсов человека вообще на Земле. Это 65–70% газа, 80% нефти, почти все алмазы и золото, это рыбные ресурсы, морепродукты, лес, черные и цветные металлы и многое другое. Но сегодня Север в катастрофическом положении: вступление в рыночные отношения особенно сильно ударило именно по этим районам.

Общие проблемы переходного периода на периферии, особенно в Сибири и на Севере, имеют следующие специфические особенности:

- сложные природно-климатические и географические условия определяют повышенные издержки производства и лишают возможности проводить структурные преобразования и диверсификацию производства за счет преимущественного развития перерабатывающих отраслей;
- высокая степень подверженности природной системы техногенному воздействию определяет длительные сроки и повышенные затраты на восстановление природных ресурсов. С другой стороны, цена земли, определяемая через про-

дуктивность, здесь значительно ниже, чем в других регионах;

- возможности для миграции населения во внутрирегиональных направлениях, включая сельскохозяйственные местности, весьма ограничены, демографические пропорции (в том числе по лицам, достигшим пенсионного возраста) неприемлемы для этих районов;
- наличие большого числа поселений с единственным градообразующим предприятием, как правило, сырьевого профиля, закрытие которого ставит проблему ликвидации самого населенного пункта и переселения его жителей в другие районы;
- более низкий, по сравнению со средним по России, уровень социальной обеспеченности и защищенности населения, диспропорции между экономическим ростом и развитием социальной сферы.

Единым принципом функционирования регионов Севера становится переход хозяйствующих субъектов к деятельности по критерию эффективности, а территориальных хозяйственных систем – к режиму устойчивого развития, в основе которого лежит следующий набор факторов:

- высокоэффективная экономика производства и конкурентоспособность добываемых в регионе ресурсов и производимых продуктов как на внутреннем, так и на внешних рынках;
- сбалансированное сосуществование и развитие природных, хозяйственных и социальных систем на уровне, обеспечивающем экологическую безопасность нынешних и будущих общностей;
- сочетание индустриального развития и традиционных видов хозяйствования коренного населения;
- решение проблем явной и скрытой структурной безработицы в районах Севера, социальных гарантий проживающего населения, обеспечивающих необходимый уровень и качество жизни;
- создание новых альтернативных сфер приложения труда для обеспечения жизнедеятельности проживающего населения и будущих поколений;
- совершенствование и внедрение новых технологий добычи сырья и его переработки собственно в регионах.

Общая причина сложившегося положения заключается в слабости мировоззренческой, идеологической и интеллектуальной подготовки реформ и отсутствии серьезного анализа причин общественного кризиса и упадка.

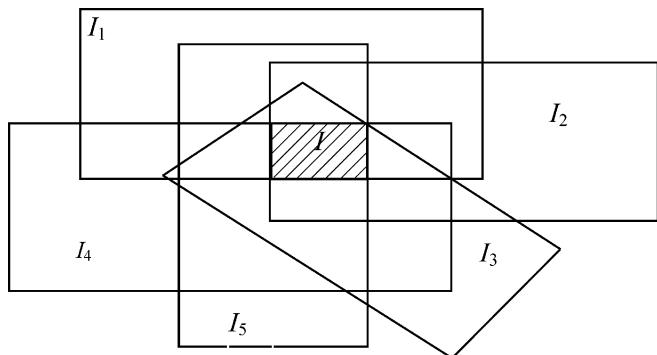
Попробуем дать перечень основных проблем, сдерживающих не только развитие регионов, но и приток инвестиций.

- Всеобщий дефицит бюджета не позволяет профинансировать все текущие программы и про-



екты. Недостаток средств, отсутствие государственного планирования приводит к срывам финансирования, а следовательно к невыполнению даже федеральных целевых программ. Возникает задача формирования принципиально нового механизма планирования, который будем называть «гибким» планированием, в отличие от жесткого планирования, закрепленного в государственных планах. Этот дефицит приводит к необходимости жесткого отбора множества инвестиционных проектов, удовлетворяющих требованием рентабельности, срокам окупаемости, экологической, технологической, экономической и национальной безопасности.

- Необходимость формирования отечественного рынка, в том числе и регионального, и выхода на мировые рынки. Решение задачи мирового разделения труда.
- Необходимость стабилизации социально-экономической обстановки в регионах. Переход от формулы «выживания» к формуле «стабилизация и развитие».
- Необходимость управления финансовыми потоками. Для примера, только в 1992 г. более 30 млрд. долларов из России осели за границей. А мы находились в ожидании получения кредитов из Мирового банка в объеме 6...10 млрд. долл. Напрасно надеяться, что потерю собственного капитала может заменить иностранный капитал. Если у нас не хватает привлекательности для собственного капитала, то, конечно же, ее не хватит и для западных инвесторов. Следовательно, стоит задача создания такого механизма управления, такого инвестиционного климата, чтобы финансовые потоки и трансферты шли в регион. Эти механизмы в целом известны: государственная поддержка, протекционизм, льготы и т. п.
- Необходимость решения geopolитических проблем для исключения центробежных устремлений регионов и поддержания жизни на уже освоенных территориях.
- Необходимость сочетания интересов – государства, региона, местной власти, предпринимателей и населения. Пусть  $I_1$  – множество целей (интересов) государства,  $I_2$  – множество целей региона,  $I_3$  – множество целей местного самоуправления,  $I_4$  – множество целей предпринимателей,  $I_5$  – множество целей населения. Тогда разрабатываемые программы развития должны удовлетворять следующим условиям: пересечение всех указанных множеств должно быть непустым множеством  $I = \bigcap_{i=1}^5 I_i \neq \emptyset$  (рис. 2), а мера или площадь этого множества должна быть больше некоторой заданной величины,



**Рис. 2. Сочетание интересов (целей) государства, региона, местного самоуправления, предпринимателей и населения**

определенной ограничениями на рентабельность, сроки реализации и другими факторами.

- Необходимость сочетания интересов настоящего и будущего поколений – внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий и решение экологических проблем.

Поэтому сегодня, как никогда, необходимо наряду с рынком и государственное планирование, и регулирование, направленные на преодоление данных проблем. Сочетание интересов государства и регионов может проявиться в формировании региональных инкубаторов роста, выращивании новейших технологий и производстве конкурентоспособной продукции и продуктов-«лидеров». Без этого в условиях рыночных отношений обеспечить устойчивость социохозяйственной системы региона невозможно.

Стратегия перехода на новую модель общественно-экономического развития ориентирована на комплексное развитие сети технополисов – «полюсов роста» по выводу периферийных депрессивных регионов из кризиса.

Сейчас в России разрабатывается несколько программ техноэкополисов, информо- и наукоградов, которые можно объединить в генеральную программу «Российский техноэкополис». Ее конечная цель состоит в создании благоприятных условий жизни и деятельности населения на периферийных территориях на основе интенсификации освоения собственных ресурсов при условии экономической эффективности, экологической безопасности и социального комфорта. Наиболее близка к завершению программа «Российский северный техноэкополис», в создание которой большой вклад внесли П.Х. Зайдфудим, В.Ф. Ефременко, В.А. Шибанов и др.

Теоретическая база проектов техноэкополисов основывается на результатах, полученных в Институте проблем управления РАН в ходе отработки

методологии создания программ устойчивого развития, проведения взаимоувязанных инвестиционной деятельности в регионе и концентрации важнейших видов хозяйственных ресурсов на тщательно выбранных приоритетных направлениях социально-экономического развития региона, а также на опыте разработки компьютерных систем поддержки принятия управлеченческих решений [5].

Институт проблем управления РАН принимал активное участие в разработке следующих региональных проектов:

- Федеральная программа социально-экономического развития Дальнего Востока и Забайкалья (техноЭКОПОЛИС Комсомольск-Амурск-Солнечный);
- Федеральная программа развития Севера;
- Федеральная программа «Сибирь»;
- техноЕКОПОЛИС «Российский ядерный центр Арзамас-16» и др.

Методология технопарковых структур разрабатывается для обеспечения стабильного развития регионов за счет оптимального формирования инвестиционных программ. Содержание предлагаемой программы «Российский техноДКОПОЛИС» заключается в разработке методологии формализованного анализа наборов инвестиционных проектов и отбора программ, приоритетных в смысле разработанных критерии. Параметры взаимодействия между программами оцениваются с помощью моделирования их влияния на общеселевую функцию, которая отражает повышение жизненного уровня населения. Технологическая схема отработки указанной методологии включает в себя следующие основные элементы:

- анализ социально-экономической ситуации в регионе;
- разработка программы устойчивого развития;
- формирование, поддержка и мониторинг актуального состояния информационного поля инвестиционных проектов;
- технико-экономическое обоснование, финансовый анализ и расчеты эффективности инвестиционных программ;
- комплексное оценивание и экспертиза инвестиционных программ;
- распределение ресурсов и формирование инвестиционной программы развития на федеральном и региональном уровнях;
- разработка механизмов реализации программы устойчивого развития и отдельных инвестиционных проектов.

Поскольку многие параметры, например, тарифы, объемы финансирования, система приоритетов и т. п., могут уточняться в процессе формирования программы, то схема носит итеративный характер, а сами программы разрабатываются и

реализуются на основе механизмов «гибкого» планирования.

Сама методология строится на трех системообразующих управлеченческих принципах: принцип «айсберга» – потенциал решения задачи, принцип «эскалатора» – создание механизма решения задачи, принцип «локомотива» – проекты «лидеры».

В качестве своеобразных полигонов для испытания и обкатки этой модели выбраны города Комсомольск-на-Амуре и Стрежевой. В перспективе – работа и с другими городами России.

Кратко рассмотрим соответствующие проекты.

### **ФЕДЕРАЛЬНАЯ ПРОГРАММА «ТЕХНЭКОПОЛИС КОМСОМОЛЬСК-АМУРСК-СОЛНЕЧНЫЙ»**

Регион Комсомольск-Амурск-Солнечный (КАС) расположен в уникальном месте соединения четырех природных зон на пересечении важнейших транспортных магистралей Дальнего Востока. Вместе с тем КАС – крупнейший промышленный центр Дальневосточного региона. Основу экономики КАС составляет оборонное машиностроение, тяжелая индустрия, отрасли, ориентированные на производство металлопроката, нефтепродуктов, строительных материалов, транспортных средств и др.

В силу исторических причин и относительно суровых климатических условий экономика региона КАС оказалась чрезвычайно уязвимой и быстро разрушающейся в новых условиях рыночных отношений.

В качестве модели техноДКОПОЛИса КАС предлагается промышленная экосистема с максимально замкнутым производством, построенная на основе собственных и импортируемых высоких технологий. Эта модель предусматривает модернизацию промышленного комплекса и конверсию в рамках экологичной-стабилизирующей программы.

Основные территориальные ресурсы, использование которых может быть эффективно:

- развитая транспортная инфраструктура;
- наукоемкий ВПК;
- редкие природные ресурсы;
- интеллектуальный потенциал населения.

Принципиальной конструирующей идеей техноДКОПОЛИса КАС является мысль о создании и поддержании в динамичном состоянии такой территориальной системы, которая ориентирована на выпуск нескольких высоконаукоемких и высокоэффективных видов продукции, относимых к числу мировых или российских «лидеров». В этом случае более высокие затраты производства будут входить в стоимость и цену продукта в качестве общественно необходимой их части.



Реализация Программы создания техноэкополиса КАС предусматривает три этапа: первый этап охватывает 1996–1997 гг., второй – 1998–2005 гг. и третий – 2006–2010 гг. В целом разбивка на этапы связана с возможностями накопления ресурсов (финансовых, организационных, интеллектуальных) для реализации задач Программы, с циклами отдачи отложений.

Программа является составной частью Федеральной целевой программы экономического и социального развития Дальнего Востока и Забайкалья на 1996–2005 гг. (Постановление Правительства РФ № 480 от 15.04.96; Указ Президента РФ № 601 от 23.04.96).

### **ИННОВАЦИОННАЯ ПРОГРАММА «ТЕХНОЭКОПОЛИС СТРЕЖЕВОЙ»**

Концепция программы «Техноэкополис Стрежевой» исходит из геополитической, экономической, оборонной и социальной значимости для России комплексного развития хозяйства Западной Сибири как ведущей топливно-энергетической базы страны, района, располагающего крупными запасами леса, торфа, водных ресурсов, своеобразными природными условиями, накопленным производственным и научно-техническим потенциалом, квалифицированными трудовыми ресурсами, и из той существенной роли, которую играет г. Стрежевой в экономической структуре Томской области и Западно-Сибирского региона в целом.

Природно-климатические, транспортные и иные ограничения на ведение хозяйственной деятельности в северных и центральных районах Томской области исключают возможность ее сплошного заселения и предполагают модель организации хозяйства с выделением опорных пунктов развития и освоения региона. В этом отношении г. Стрежевому отводится особая роль как центру нефтегазодобывающей промышленности области, которая обеспечивает в настоящее время 35–40% поступлений в областной бюджет и активно участвует в освоении природно-ресурсного потенциала труднодоступных районов.

Важна роль Стрежевого как «города-донора», активно участвующего в формировании доходной части областного и федерального бюджетов. По объемам поступлений в бюджетную систему страны в расчете на душу населения Стрежевой почти в девять раз опережает Томск.

Относительно высокий уровень социально-экономического развития Стрежевого не исключает наличия здесь ряда острых проблем и противоречий. Прежде всего, это нарастание кризисных тенденций в нефтегазодобывающей промышлен-

ности области. В этой связи встает проблема развития замещающих отраслей, решению которой препятствуют такие факторы, как низкая конкурентоспособность и свертывание сельскохозяйственного производства и других отраслей, базирующихся на местных ресурсах, нерешенность проблем развития внешних транспортных коммуникаций.

Основные цели Программы «Техноэкополис Стрежевой»:

- реализация социально-экономической программы развития г. Стрежевого, Александровского района, вахтовых поселков нефтяников, входящих в состав техноэкополиса;
- обеспечение устойчивого развития основной градообразующей отрасли – нефтегазовой промышленности;
- определение направлений диверсификации экономической структуры экономики путем формирования новых высокотехнологичных отраслей производства и инфраструктуры, способствующей рациональному использованию местных ресурсов и природно-экономического потенциала;
- обоснование проектов, обеспечивающих выход г. Стрежевого на основные транспортные магистрали страны с целью облегчения реализации продукции местного производства, расширения и удешевления поставок товаров народного потребления и продуктов технического назначения;
- разработка экологической программы;
- внедрение новых технологий.

Мероприятия Программы включают в себя конкретные задачи, которые могут быть сгруппированы по следующим основным направлениям:

- развитие нефтегазодобывающего комплекса;
- формирование отраслевой и функциональной структуры промышленности техноэкополиса Стрежевой;
- развитие инфраструктуры и внешних коммуникаций региона;
- социальное развитие;
- экология;
- создание организационно-функциональной структуры техноэкополиса.

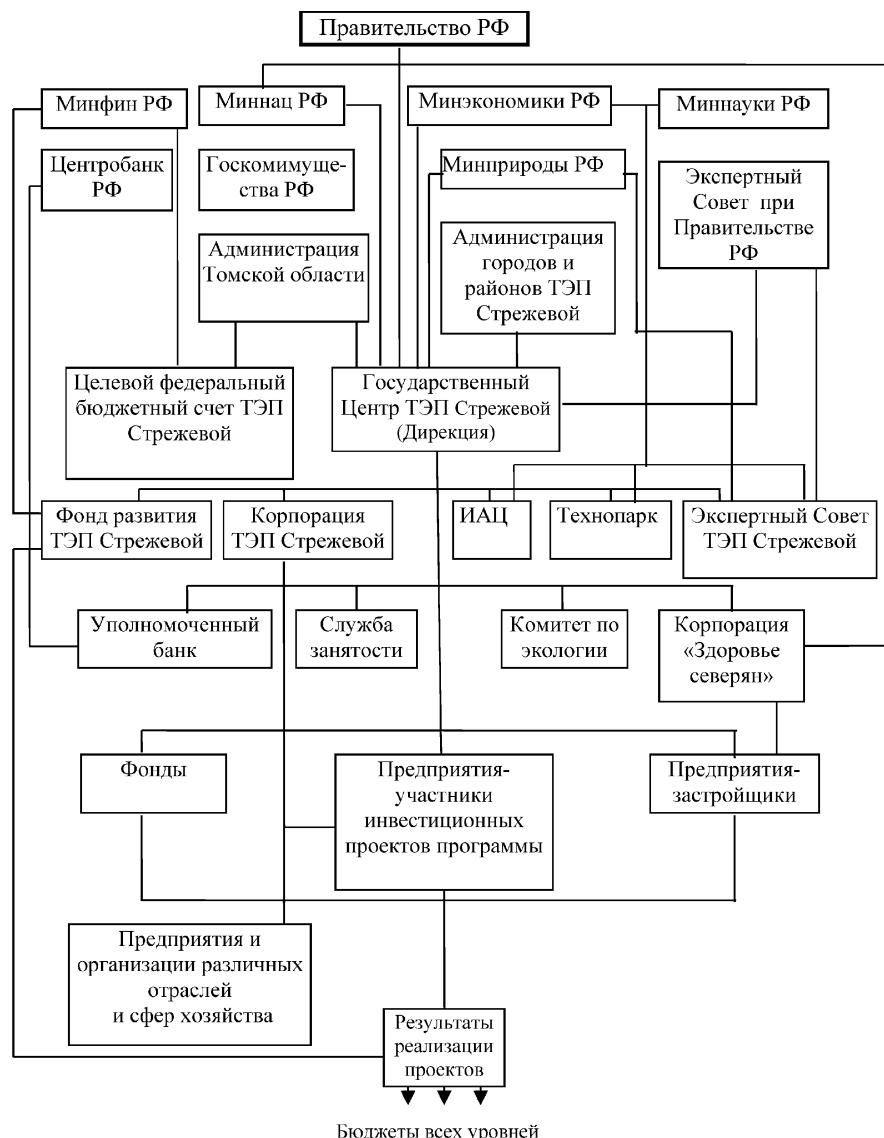
В программе «Техноэкополис Стрежевой» предлагается механизм, до настоящего времени не применявшийся на практике, и в то же время полностью отвечающий требованиям нормативно-правовой базы и рекомендациям Минэкономики России.

Отличительная особенность этого механизма заключается в способе привлечения областных и федеральных бюджетных средств на первом, стабилизационном, этапе реализации Программы. Такой механизм обладает гибкостью, способностью к самонастройке и саморазвитию.



## ОРГАНИЗАЦИЯ, ФОРМЫ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОГРАММОЙ

Управление техноэкополисом в соответствии с положением о Федеральных программах выполняет Дирекция Программы. Ей придается статус государственного органа управления Программой. Организационно-функциональная схема управления приведена на рис. 3. Дирекция непосредственно реализует все направления деятельности техноэкополиса, используя делегированные ей государством, регионом и органами местного самоуправления права и полномочия, заключая систему договоров с государственными, негосударственными и международными организациями. В Фе-



**Рис. 3. Организационно-функциональная схема управления Программой:**  
ТЭП - техноэкополис; ИАЦ - информационно-аналитический центр

деральной программе должно быть закреплено следующее.

1. Система мероприятий по Государственной поддержке предприятий и организаций, которые подряжаются реализовывать цели Программы.

2. Права и обязанности исполнительного органа Программы – Дирекции, имеющей, например, следующие юридически обеспеченные права:

- выступать гарантом под залог месторождений полезных ископаемых и иных ресурсов;
- продавать производимую в рамках Программы продукцию и редкие ресурсы в пределах установленных квот;
- финансировать разработки и проекты за счет средств федерального бюджета и Фонда развития;
- через пакет акций, закрепленный за Госкомимуществом, участвовать в управлении предприятиями-участниками Программы;
- заключать договоры с предприятиями, иностранными и государственными субъектами;
- учреждать предприятия по направлениям деятельности техноэкополиса;
- утверждать акты экспертизы хозяйственно-промышленных, социокультурных и иных проектов и на их основании заносить данные проекты в Программу;
- осуществлять стратегическое планирование развития территорий техноэкополиса.

## РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК – ИНКУБАТОР НАУКОЕМКИХ И ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ

Российская академия наук (РАН) в 1930–1980-х гг. совместно с отраслевыми научно-производственными объединениями была основой инновационного развития страны. Пока наука функционировала нормально, мы не задумывались об этой стороне её деятельности. Сейчас же, после почти полного распада отраслевой науки, в инновационной деятельности в сфере высоких технологий остались только организации РАН и военно-промышленного комплекса.



К сожалению, в результате реформ в России происходят не только негативные демографические изменения, но и деградация науки, культуры и, что особенно важно, образования. Эти изменения снижают научный и инженерный потенциал инноваций и восприимчивость к ним производства и общества в целом.

В ходе реформ наметились три направления изменений в деятельности российской науки:

- уничтожение ряда научных направлений и технологических центров и организаций;
- консервация подавляющего числа исследовательских организаций и направлений, имея в виду их возможное оживление после завершения кризиса;
- инновационное развитие или активизация отдельных организаций, научных центров и направлений с высоким экономическим, технологическим и социальным эффектом.

Перед российским обществом стоит ответственная задача — выбор пути развития: сырьевой или инновационный. Последние годы государство шло по сырьевому пути развития. Однако ясно, что этот путь тупиковый. Запасы сырьевых ресурсов быстро истощаются, а такие ресурсы, как нефть, газ и рудные материалы, не восстанавливаются.

Все развитые страны, как уже отмечалось, развиваются по инновационному пути, концентрируя свои капиталы и ресурсы на наиболее высокотехнологичных направлениях.

В этом смысле РАН представляет собой готовый сегмент инновационных технологий и знаний, способный привести к оживлению хозяйственной деятельности, стабилизации социальной обстановки, восстановлению научно-технологического потенциала и центров накопления финансовых и других средств (центров капитала) [6].

В зависимости от направления инновационной деятельности РАН может контактировать и объединять усилия с другими ведомствами и организациями всех форм собственности. В реструктуризации и перепрофилировании деятельности военных городков и исследовательских центров, например центров по уничтожению химического оружия, объединять усилия с Министерством обороны и региональными властями. В создании программ развития закрытых физико-технических центров — с Минатомом и местными органами власти.

При решении вопросов развития научных центров и академгородков РАН большое значение имеет создание совместных инновационных центров РАН и соответствующих регионов, например в Московской области. Успешное функционирование таких центров создает базу для сохранения научно-технического потенциала страны, снижения социальной напряженности в регионах, создания конкурентоспособной технологической и инновационной структуры. Возможная схема инновационной структуры РАН в упрощенном виде представлена на рис. 4.

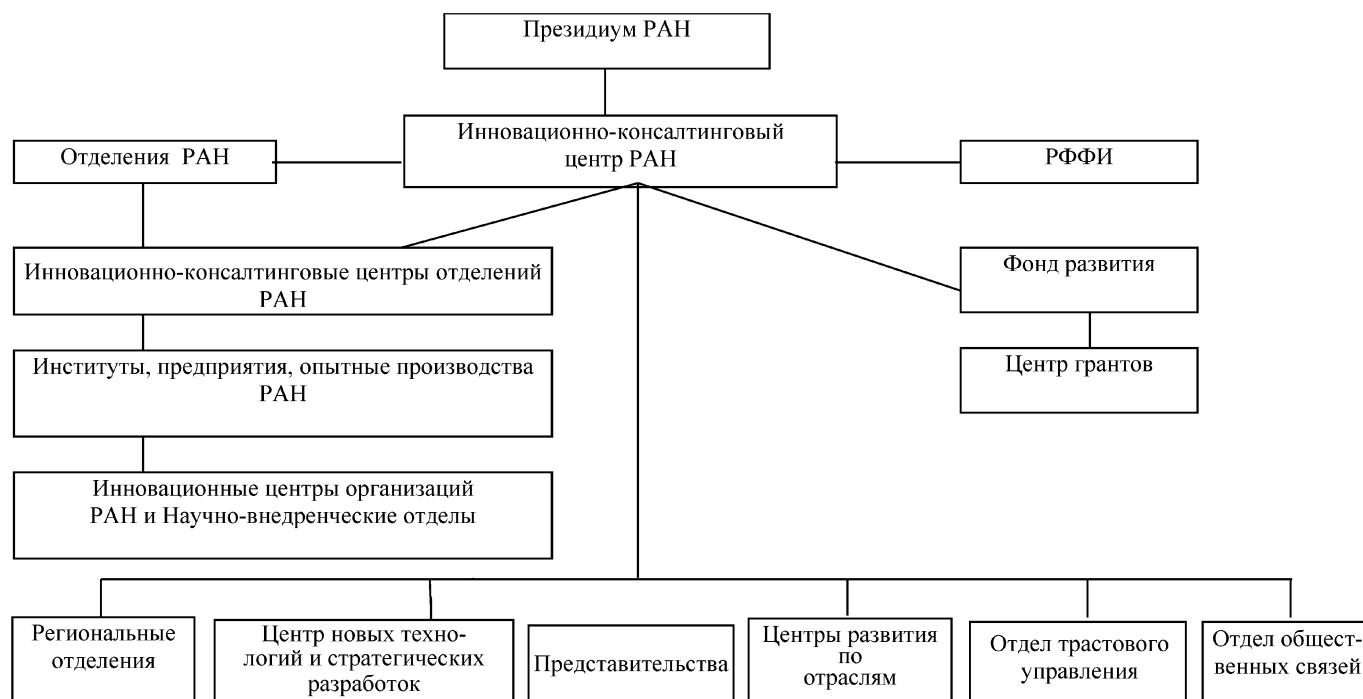


Рис. 4. Схема инновационной структуры РАН

Создание инновационной структуры РАН позволит качественно поднять уровень разработок российских ученых и, что возможно, еще более важно, продвинуть разработки институтов РАН для реализации на мировом рынке.

Роль РАН в организации академгородков и инновационных подразделений не ограничивается чисто практической деятельностью. Очень важна роль экономических и управлеченческих институтов в создании экономической теории «полюсов роста» и механизмов управления ими, в оценке рисков инновационных программ и их обосновании. Государственные научные и технологические центры — одна из наиболее эффективно функционирующих структур. «Получая из бюджета около 1 млрд. руб., центры возвращают в виде налога 3,5 млрд. руб. при обороте 12 млрд. руб.» [7].

Российская академия наук является крупнейшим держателем интеллектуальной собственности.

Создание вертикально-интегрированной инновационной структуры РАН позволит не только восстановить связь с производством и наладить отношения с финансово-промышленными группами и региональными властями, но и вливаться в мировое инновационное пространство. Сохранение научного и образовательного потенциала — самая главная задача национальной безопасности России, решаемая РАН.

---

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

---

Программы устойчивого развития, учитывающие интересы нынешнего и будущих поколений с точки зрения социальных, экономических и экологических требований становятся основными в государственной политике наиболее развитых стран. Одно из стержневых направлений этой политики заключаются в разработке и создании «полюсов роста» технополисов и технопарковых структур, ориентирующих инновационную политику этих стран.

В условиях глобального дефицита бюджета поиск и формирование эффективных принципов и моделей государственной региональной политики играют исключительно важную роль для России. В рамках единого государства политика создания «полюсов роста» направлена на обеспечение самостоятельного социально-экономического развития регионов на основе использования их внутреннего потенциала и сочетания интересов регионов и центра. Программа техноэкополисов — это новый метод федерально-регионального развития, целестремленная подготовка будущего технологического «прорыва» России. Это средство для восстановления России как сверхдержавы.

Создание каркасной сети технополисов и инновационных центров представляет собой не только

создание «зон опережающего развития», но и является концепцией «опережающего развития России». Данная концепция предусматривает своеобразную форму интеграции геополитики, науки, высоких технологий и экономики.

Реализация программы «Российский технополис» позволит сохранить и развить научный, культурный и инженерный потенциал, обеспечить более полную занятость населения, эффективно привлекать иностранные инвестиции в развитие передовых отраслей промышленности и, как результат, построить в России современную инфраструктуру. Новые способы организации развития в дальнейшем могут тиражироваться на все стратегические регионы и города России.

Организация «экономико-технологического прорыва» одновременно с «социально-культурным прорывом» создаст новые формы жизнедеятельности и устойчивости развития России.

Рассмотренные примеры программ развития техноэкополисов выявляют и учитывают уникальные особенности агломерации Комсомольск-Амурск-Солнечный, г. Стрежевого и работают на опережение, придавая экономике целенаправленный характер.

Создание каркасной сети техноэкополисов должно дать новый толчок развитию периферийных территорий. Возможно, это единственное направление в условиях переживаемого кризиса, которое позволит сохранить уникальный человеческий, природный и ресурсный потенциал, стабилизировать на первом этапе социально-экономическую ситуацию, создать основу для развития регионов России.

---

## ЛИТЕРАТУРА

---

1. Прангшивли И.В., Пащенко Ф.Ф., Степановская И.А. Технopolисы. Состояние – перспективы. – М.: ИПУ, 1996.
2. Быстрицкий С.П., Ефременко В.Ф., Зайдфудим П.Х., Пащенко Ф.Ф. и др. Техноэкополис Комсомольск-Амурск-Солнечный – полюс роста на Дальнем Востоке России. – М.: ИПУ, 1996.
3. Тацуно Ш. Стратегия – технополисы. – М.: Мир. 1989.
4. Perroux Fr. Economic Species // Theory and applications Quarterly journal of Economic. 1950. № 64. – Р. 90–97.
5. Прангшивли И.В., Пащенко Ф.Ф., Бусыгин Б.П. Системные законы и закономерности в электродинамике, природе и обществе. – М.: Наука, 2001.
6. Гришуктин А.Н., Павленко В.П., Цыганов В.В. и др. Интеллектуальная организация: овладение капиталом путем управления эволюцией // Тр. XXIX-й Междунар. конф. «Информ. технологии в науке, образовании, телекоммуникации, бизнесе». Украина, Ялта-Гурзуф, 20–30 мая 2002. Запорожье, 2002. С. 321–325.
7. Соснов А. Центральный вопрос. Сколько нужно ГНЦ? // Поиск. 28 марта 2003 г.. № 12. С. 3

☎ (095) 334-90-20

E-mail: feodor@ipu.rssi.ru



УДК 06.04.351.854

# ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАУКОЙ НА НОВОМ ЭТАПЕ РЕФОРМ

С.Г. Кара-Мурза

Рассмотрены специфические функции отечественной науки в условиях кризиса. Утверждается, что доктрина первого этапа рыночной реформы в науке (1992–1998 гг.) исходила из ложных представлений как о самой науке, так и роли государства и частного капитала в реальности РФ. Приостановить разрушение научного потенциала РФ и обеспечить выживание его специально отобранных структур можно лишь при проведении сознательно разработанной государственной программы с четкими целями, индикаторами и критериями.

## РЕОРГАНИЗАЦИЯ РОССИЙСКОЙ НАУКИ НА ПЕРВОМ ЭТАПЕ РЕФОРМ

Хотя первый этап реформы наука России прошла с гораздо меньшими потерями, чем можно было ожидать, гласно декларированные цели реформы не были достигнуты. Произошло лишь съживание и деградация научного потенциала. Такой результат ожидался, поскольку были предупреждения об ошибочности прогноза результата экономических изменений в стране, сделанного в 1991–1992 гг., а следовательно, и выработанной на его основе стратегии первого этапа реформы в науке. Прогноз вытекал из неолиберальной доктрины, в то время как система национальной науки складывается не на основе доктрин, а исторически.

В 1990–1991 гг. в управленческой верхушке господствовало мнение, что смена политической системы и приватизация приведут к формированию гражданского общества, которое примет от государства многие из его функций. И одним из первых шагов станет превращение науки государственной в науку гражданского общества. Эти расчеты подкреплялись высокой активностью самого научного сообщества как одной из движущих сил реформы. Исходя из этого, главной стратегией управления наукой в 1992–1996 гг. стало невмешательство в процессы самоорганизации (*разгосударствление*).

Доктрина реформы, исходящая из идеи «разгосударствления» и передачи главных сфер деятель-

ности под стихийный контроль рынка, в отношении науки и техники оказалась несостоятельной. Ни отечественный, ни иностранный капитал в России не смогли заменить государство как главный источник средств и главного «заказчика» НИОКР. Огромная по масштабам и сложнейшая по структуре научно-техническая система России, созданная за 300 лет державным государством, была оставлена почти без средств и без социальной поддержки.

Затраты на науку в РФ к 1998 г. снизились минимум в 5 раз по сравнению с 1991 г., а численность работников вдвое. С учетом безотлагательности финансирования «неделимых» составляющих научной инфраструктуры (здания, энергия, коммунальные услуги) затраты на *собственно продуктивную исследовательскую* работу сократились примерно в 10 раз. Еще больше снизились расходы на обновление наиболее динамичной части основных средств – приборов и оборудования. Если в середине 1980-х гг. на покупку оборудования расходовалось 11–12% ассигнований на науку, то в 1996 г. – 2,7%. Таким образом, расходы на оборудование сократились в 20–25 раз. Коэффициент обновления основных фондов в отрасли «Наука и научное обслуживание» в 1998 г. составил лишь 1,7% по сравнению с 10,5% в 1991 г. План государственных инвестиций на строительство объектов науки не был выполнен ни разу. В проекте бюджета 2000 г. на эти цели выделено в 2 раза меньше средств, чем в 1999 г., и в 4 раза меньше, чем в 1997 г.



Ни разу не была выполнена 4%-ная «норма» выделения средств из государственного бюджета, заданная Федеральным законом «О науке и государственной научно-технической политике». В 2000 г., согласно оценкам, объем бюджетных расходов на науку составил 0,28% ВВП и 1,8% расходной части бюджета. В 2001 г. доля затрат на исследования и разработки составила 1,16% ВВП, а бюджетные ассигнования на гражданскую науку – 1,67% расходной части федерального бюджета.

Предполагалось, что сокращение государственного финансирования науки с одновременной приватизацией финансовой и промышленной сфер создаст и побудительные мотивы, и возможности для «передачи» науки от государства частному капиталу с привлечением иностранных инвестиций. Эти ожидания не оправдались. Иностранные инвестиции в сферу НИОКР в России привлечь не удалось. В 1995 г. 99,99% всей собственности на основные средства НИОКР составляла российская собственность. Более того, в сферу НИОКР не удалось привлечь существенных инвестиций и отечественного капитала – частная собственность на основные средства составила лишь 1,54%, а смешанная – 14%.

Иначе, нежели ожидалось, пошел и процесс *самоорганизации* в науке. Предполагалось, что при экономических трудностях возникнет стихийно действующий механизм конкуренции, и наука сбросит «кадровый балласт». Это должно было бы привести к омоложению и повышению качественных характеристик кадрового потенциала. На деле произошло совершенно обратное: из научных организаций и учреждений были «выдвинуты» более молодые и энергичные кадры – те, кто мог «устроиться». В результате значительно ухудшились демографические и квалификационные показатели исследовательского персонала отечественной науки. Особенно сильный урон понесло наиболее дееспособное кадровое ядро науки – корпус кандидатов наук.

Не произошло и структурной перестройки. Предполагалось, что конкуренция сохранит и укрепит лишь те направления, в которых отечественные ученые работают «на мировом уровне». Таким образом, фронт работ резко сузится, и за счет высвобожденных средств можно будет финансировать реформу в науке. Результат был иным. Произошло сокращение потенциала *практически всех* ведущихся в стране научных направлений и «спрообразование» организаций и учреждений. Число организаций, ведущих НИОКР, не сократилось (4,6 тыс. в 1990 г. и 4,1 тыс. в 1996 г.). Не произошло и принципиального перераспределения ресурсов между научными направлениями и областями.

## ГЛАВНАЯ ДИЛЕММА СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ПОСЛЕ 1998 Г.

Выбор доктрины и успешное проведение второго этапа реформы науки настоятельно требовали *диалога* правительства с научным сообществом. Варианты проведения второго этапа реформы в науке, во всей их сложности и противоречивости, следовало открыто предъявить научному сообществу как ответственной и rationalной аудитории. Надежды на то, что реформу можно провести конструктивно без согласия и даже без диалога с учеными, несбыточны. Такого диалога не состоялось до настоящего времени. Выскажем некоторые соображения в порядке мысленного эксперимента.

Одно из главных, «комплексных» ограничений при выборе пути развития, из которого вытекают многие частные условия, состоит в том, понимается ли Россия как *страна* со своим народом и хозяйством, или она становится *пространством*, на котором действуют «операторы» глобальной экономики (включая и «операторов» российского происхождения). Это ограничение фундаментально и предопределяет всю систему критериев и даже тех средств, которые можно использовать в достижении цели.

Принятие для России правил *глобальной рыночной экономики* означает включение либо в ядро системы, либо в число «аутсайдеров», на пространстве которых «ядро» организует «дополняющую» экономику. Динамика всех показателей России за последние двенадцать лет говорит о том, что Россия скатывается на путь аутсайдеров. Однако встроиться в систему «глобальной рыночной экономики» даже в положении аутсайдера можно лишь в том случае, если хозяйство страны производит прибавочный продукт, превышающий определенный минимальный уровень. Регионы, где этот уровень не достигается, называют «общность, которую не имеет смысла эксплуатировать». Сюда не делают инвестиций – они *невыгодны*. В России в силу географических и почвенно-климатических условий прибавочный продукт и капиталистическая рента были всегда низкими. Очень высоки транспортные издержки, особенно во внешней торговле. Это – факторы неустранимые, и размеры их очень значительны.

На первом этапе реформ Россия, по сути, рассматривалась не как страна, а как пространство, что и стало исходной причиной глубокого кризиса. После 1998 г. были надежды на то, что выбор альтернативы на следующий период будет делаться, исходя из представления о России как стране (и даже цивилизации) со своей культурой, траекторией развития и большой инерцией исторически



сложившихся институтов. До настоящего времени выбор в явном виде не сделан. Имеет место уход власти от осознанного ответственного решения.

Реально Россия стоит перед дилеммой выбора между двумя расходящимися путями развития, которые упрощенно можно назвать *сырьевым и инновационным*. Первый означает расширение добычи и первичной переработки природных ресурсов (нефть и газ, лес, металлы) и увеличение их экспорта как источника средств для решения срочных проблем государства и общества.

Второй путь означает, что государство и частный сектор делают усилия для сохранения и развития научно-технического потенциала России и концентрируют ресурсы в небольшом числе «центров высоких технологий», в которых создаются и тиражируются новые для России технологии с высоким уровнем социальной и экономической эффективности — как «локомотивы» для развития. Непременное условие для выполнения программы ускоренного развития с созданием анклавов высоких технологий, состоит в оживлении *хозяйства в целом*, стабилизации социальной системы и восстановлении источников накопления средств.

Перспективы развития по первому пути очень неопределенны. В России быстро сокращается добыча энергоносителей. Возможности роста добычи малы, так как с конца 1980-х гг. глубокое разведочное бурение на нефть и газ сократилось к 1998 г. более чем в 5 раз (а разведочное бурение на другие минеральные ресурсы — в 30 раз). Энергоносители, минеральные удобрения и металлы (их тоже можно считать материализованной энергией) уже сейчас являются главными статьями экспорта, необходимого для обслуживания внешнего долга. Возможности увеличения экспорта для накопления средств развития ограничены тем, что для внутреннего потребления РФ уже сегодня критически малое количество нефти<sup>1</sup>. Рентабельность добычи сырья в России в перспективе невысока вследствие труднодоступности месторождений (себестоимость барреля нефти составляет до 14 долл., при себестоимости арабской нефти 4–5 долл.).

На основании доступной информации разумно признать, что создание условий жизни типа «среднего класса» даже для небольшой части населения РФ (внутреннего «золотого миллиарда») при сохранении открытой рыночной экономики возможно лишь через эксплуатацию природных ресурсов — за счет *ресурсов развития*. Инвестиционно-инновационный вариант при этом невозможен. Отсюда можно сделать следующий вывод.

<sup>1</sup> В РСФСР в 1985 г. для внутреннего потребления осталось по 2,51 т нефти на душу населения, в 2001 г. в РФ — по 0,76 т.

*Выход из кризиса и развитие России как страны, с сохранением ее территории и народа, возможны лишь через инвестиционно-инновационный вариант («новая индустриализация») с мобилизацией ресурсов развития для внутреннего использования. При этом вариант, основанный на экспорте природных ресурсов, невозможен.*

Главное препятствие для реализации программы инновационного развития — неизжитые в массовом сознании остатки либеральной «утопии Запада». Однако ни доступные ресурсы России, ни стереотипы трудового поведения основной массы населения не позволяют перестроить хозяйство таким образом, чтобы создать в крупных масштабах общество потребления западного типа.

Видимо, на практике приемлемым сначала окажется компромиссный вариант, предполагающий как **тенденцию** постепенное сокращение «открытости» России хотя бы на период преодоления кризиса и выхода на путь стабильного развития. Иными словами, снижается импорт потребительских товаров для зажиточной части населения, перераспределяются энергоресурсы в пользу производства, мобилизуются дремлющие ресурсы населения для производства ширпотреба на малых предприятиях, а государство делает инвестиции в создание «анклавов высоких технологий». Это — вариант прохождения по краешку пропасти.

При нем возникает опасная неопределенность с динамикой процессов — хватит ли при таком варианте времени, чтобы обновить ресурсы до полного истощения их старого поколения. Оставшийся запас прочности оценить трудно, но он довольно велик. Кроме того, при таком варианте необходимы большие срочные вложения для предотвращения социальной катастрофы (например, массового отказа систем жизнеобеспечения — теплоснабжения, водопровода и т. д.) и подъема сельского хозяйства (иначе средства развития будут «проедены»).

В любом случае для выдвижения даже такой программы требуется большое политическое мужество, поскольку придется лишить общество иллюзий, внедренных в массовое сознание на первом этапе реформы. Однако баланс преимуществ и потерь будет положительным, поскольку предчувствие катастрофы уже начинает преобладать над иллюзиями.

## РОЛЬ НАУКИ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА

Максимально достоверное структурно-функциональное представление об объекте — одна из главных предпосылок для рационального управления. Главные ошибки в оценке полезности науки, особенно в период кризиса (хотя и в стабильные



периоды тоже, но тогда ошибки менее опасны), порождены не отсутствием хороших методик «измерения», а структурными причинами — тем, что из поля зрения выпадают многие важные функции науки, которых просто не замечают, когда наука функционирует. Мы обычно не думаем о счастье дышать, а утопленники нам уже не могут растолковать.

Среди тех «продуктов науки», которые невозможно купить или позаимствовать за рубежом ни за какие деньги, есть и такие, что необходимы для обеспечения политической, культурной и экономической независимости страны. Но даже если не считать независимость существенной ценностью, то надо сделать следующий шаг — Россия долгое время жить без своей науки не может даже просто как страна. Наука — не только одна из полезных отраслей хозяйства и духовной деятельности, но и системообразующий фактор России, один из ее корней. Через многие воздействия, которые нельзя получить извне, отечественная наука участвует в создании, скреплении и развитии России и ее современного народа (нации). Вот главное значение той части науки, которая не может быть заменена импортом знания, технологий и экспертов.

Перечислим те функции, через которые отечественная наука участвует в «воспроизведстве» России. На период кризиса, т. е. когда под угрозу поставлено именно воспроизведение страны, эти функции и есть главный предмет оценки полезности науки.

- *Наука через систему образования, средства массовой информации и личные контакты значительной прослойки ученых формирует рационально мыслящего человека с современным взглядом на мир, природу и общество.*

Не располагая крупным научным сообществом, выросшим на почве национальной культуры, Россия не смогла бы произвести эту работу, так как для восприятия научного знания и метода и включения их в интеллектуальное оснащение народа необходимо, чтобы оно было «переведено» на язык родной культуры. Исключительная устойчивость советского народа в войне 1941–1945 гг. и народа России в условиях тяжелого кризиса сегодня — в большой степени результат длительного «воспитания наукой».

Это воспитание обладает инерцией, но уже в следующем поколении возможен срыв. При этом не произойдет «возвращения» людей к нормам доиндустриальной, крестьянской культуры. Дерационализация мышления городского населения в условиях социального стресса порождает «цивилизацию трущоб». Экономический и социальный ущерб от «одичания» значительной части населения не идет ни в какое сравнение ни с затратами на науку,

ни с выгодами от нескольких «конкурентоспособных» технологий.

- *Наука, охватывая своими наблюдениями, экспедициями и лабораторными исследованиями все пространство страны, дает достоверное знание о той реальной (и изменяющейся) природной среде, в которую вписывается вся хозяйственная и общественная жизнь народа.*

Этого знания не может заменить ни изучение иностранной литературы, ни приглашение иностранных экспертов. Еще более сложной и широкой задачей является «объяснение» этого знания политикам и хозяйственникам, широким слоям народа. Это может сделать только авторитетное и достаточно крупное отечественное научное сообщество.

Этот тип знания обладает значительной инерцией. Оно «работает» даже значительное время после свертывания («замораживания») экспедиций и наблюдений — если в стране остались производившие это знание ученые, которые ведут обработку материалов и сообщают знание через множество каналов информации. Именно таково положение в российской науке сегодня.

- *В тесной связи с изменяющейся природной, техногенной и социальной средой изменяются люди, их коллективные общности (народы и этносы), все общество. Процессы этно- и социогенеза, ускоряющиеся в условиях природных и социальных кризисов, в принципе не могут быть удовлетворительно изучены и объяснены без собственной национальной науки. Этнографическое исследование «извне» всегда будет, по принципиальным методологическим причинам, «империалистическим», изложенным на чужом языке.*

В конце XX в. Россия втянулась в очередной пик бурного этногенеза и социальных преобразований. Оставить сегодня этот процесс без широкого научного сопровождения — значит заложить разрушительные заряды незнания и непонимания, которые взорвутся завтра. Пока что эта функция науки в какой-то мере обеспечена усилиями старших поколений научных работников, но налицо опасность разрыва поколений, в результате которого может возникнуть провал.

- *Создаваемая для хозяйства, обороны, всего жизнеобеспечения государства и общества техносфера гораздо сильнее, чем принято думать, связана с природной средой и культурой страны. Поэтому хотя многие ее элементы и целевые блоки могут быть импортированы или созданы с помощью переноса знаний и технологий, техносфера страны в целом, как единая система, в большой степени зависит от усилий отечественной науки, причем усилий непрерывных.*

В России за XX век создана огромная и специфическая техносфера, которую должно «вести» (не



говоря уже о развитии) адекватное по масштабам и структуре отечественное научное сообщество. Для выполнения этой функции мощности нынешней российской науки явно не хватает из-за разрыва отраслевой системы. Что же касается эффективности (то есть соотношения «эффект/затраты»), то в выполнении этой функции ее следует считать аномально высокой. Эксперты уже к 1994–1995 гг. прогнозировали обвальное нарастание техногенных аварий и катастроф, которого пока что удается не допустить.

- *Мир в целом втягивается в глобальный кризис («кризис индустриализма», «третья волна цивилизации»), симптомами которого служат частичные кризисы – экологический, энергетический, демографический, культурный и др. Россия – первая крупная цивилизация, которая испытала на себе воздействие этого кризиса в его радикальной форме. Наука России уже накопила большое, хотя еще недостаточно оформленное, знание о поведении технологических, социальных и культурных систем на изломе, при крупномасштабных переходах «порядок – хаос». Развитие и формализация этого знания, которое совершенно по-новому ставит многие фундаментальные вопросы, важно для самой России, но не в меньшей степени – и для мирового сообщества.*

Пока что функция систематизации, теоретической обработки и представления знаний о неизвестном цивилизационном кризисе, который переживает Россия, выполняется, видимо, неудовлетворительно. Во-первых, имеются большие методологические трудности для ученых, которые наблюдают кризис «изнутри» и не могут в достаточной мере отвлечься от этических оценок. Во-вторых, вся общественная жизнь в России пока еще слишком идеологизирована, что ограничивает свободу исследований и дискуссий. В результате общество и государство не получает тех знаний о кризисе, которые наука уже могла бы предоставить. А мировое сообщество (прежде всего, научное) имеет весьма искаженное представление о происходящих в России процессах.

- *Россия живет в быстро изменяющемся мире, который к тому же создает огромный запас знаний о природе и человеке. Знания из этого мира и о нем, необходимые для развития и самого существования России, поступают в нее извне по механизму push-pull («тяни-толкай»). Только сильная и структурно полная отечественная наука может служить тем механизмом, который «втягивает» в страну нужное для нее знание из всей мировой цивилизации. Страны, не обладающие таким механизмом, получают отфильтрованное и искаженное знание, утрачивают реальную независимость и вовлекаются главными мировыми*

*державами и их блоками в их орбиту в качестве «материала».*

Пока что эта функция выполняется недостаточно удовлетворительно прежде всего потому, что она не имеет адекватного структурного воплощения. Но есть и методологические барьеры. Российская научная интелигенция – социальная группа, проявившая высокую активность в перестройке и реформе и сама поддавшаяся под влияние созданных за это время идеологических мифов евроцентризма. В результате восприятие, осмысление и изложение знаний о процессах, происходящих в мире, носят сегодня заметную идеологическую окраску, искажающую информацию.

Указанные стороны бытия России отечественная наука обеспечивает в любые периоды – и стабильные, и переходные. В настоящее время Россия переживает период нестабильности, кризиса и переходных процессов. В это время на науку возлагаются **совершенно особые задачи**, которые в очень малой степени могут быть решены за счет зарубежной науки, а чаще всего в принципе не могут быть решены никем, кроме как отечественными учеными.

Например, в условиях кризиса и в социальной, и в технической сфере возникают напряженности, аварии и катастрофы. Обнаружить ранние симптомы рисков и опасностей, изучить причины и найти лучшие методы их предотвращения может лишь та наука, которая участвовала в формировании этих техно- и социальной сфер и «вела» их на стабильном этапе. Если мощность науки во время кризиса недостаточна, число техногенных и социальных катастроф будет нарастать, а расходы на устранение последствий будут расти в непредсказуемых масштабах.

В условиях острого кризиса возникает необходимость в том, чтобы значительная доля отечественной науки перешла к совершенно иным, чем обычно, критериям принятия решений и организации – стала деятельностью не ради **«увеличения блага»**, а ради **«сокращения ущерба»**. Это задает особое направление в оценке эффективности. Оценки по необходимости должны носить сценарный характер и отвечать на вопрос: «Что было бы, если бы мы не имели знания о данной системе или процессе?» Заменять такие оценки подсчетом выгод от создания и внедрения той или иной технологии (которую к тому же в нынешних условиях чаще бывает выгоднее импортировать) – это уводить внимание от главного.

Эффективность исследований ради **«сокращения ущерба»** особенно трудно оценить и даже заметить, пока **«ущерб»** не наступил. Когда эффективность таких исследований удовлетворительна, она в принципе необнаружима. Это создает в научной политике особую методологическую трудность.



С точки зрения перечисленных функций отечественной науки имеющаяся сегодня в наличии система является недостаточной как по масштабам, так и по структуре. Тенденции изменения этой системы при продолжении происходящих в ней процессов являются в целом неблагоприятными.

### ПЕРСПЕКТИВЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАУЧНОГО ПОТЕНЦИАЛА НА НОВОМ ЭТАПЕ РЕФОРМ

Тенденции для перестройки хозяйства на инновационных принципах в целом также *неблагоприятны*. «Тяжелые» инерционные процессы изменений основных ресурсов, необходимых для такой перестройки, пока что направлены на ухудшение, деградацию этих ресурсов. Положение осложняется тем, что органы управления лишились индикаторов, позволяющих оценивать ситуацию и тенденции ее изменения. Используемые по инерции индикаторы, унаследованные от советской системы, неадекватны.

Любые индикаторы, описывающие состояние и развитие сложной системы, выбираются целенаправленно. Это значит, что бесполезно вести разработку индикаторов, если в явном виде не сформулированы цели научной политики, исходя из которых будут приниматься решения. Разработка индикаторов и сбор информации (измерение тех параметров системы, которые служат индикаторами) – дорогой процесс. Реально эту работу ведут только в том случае, если известна доктрина научной политики государства.

Признаком того, что органу управления действительно понадобились индикаторы, служит возможность поставить мысленный эксперимент по принятию решения в зависимости от того или иного значения индикатора. Если индикатор *A* равен *M*, то какое решение будет принято? Если же не поставлена цель и нет доктрины, нет «алгоритма принятия решений», то реально индикаторы не нужны. Если больного не собираются лечить, то ему не будут делать дорогих анализов. Другое дело, что индикаторы часто служат для имитации управления и принятия решений. Больного лечить не собираются, но врачи суетятся, засовывают его в томограф и пр. Для таких целей существующие индикаторы служат вполне удовлетворительно, к ним можно еще набрать из различных методик.

С 1992 г. и по настоящий момент хорошая система индикаторов науки ни Министерству науки, ни правительству в целом не требовалась. Доктрина была совершенно четкой – провести разгосударствление науки, приватизацию системы промышленных НИОКР, стимулировать иностранные инвестиции с переносом западных технологий, оставив на государственном финансировании небольшое

число престижных научных центров. Объективных и даже декларативных признаков крупных изменений доктрины нет и сегодня, поэтому нельзя определить, какого рода решения органы управления стали бы принимать с помощью требуемых индикаторов.

Помимо доктрины как комплекса стратегических установок в отношении науки, для разработки индикаторов требуется знать критерии принятия тактических решений. В настоящее время, как всегда в условиях глубоких кризисов, решения принимаются в обстановке острых разногласий. Дееспособным управление в таких условиях может стать лишь в том случае, если имеет верное представление о сути этих разногласий и вырабатывает свою позицию и свои предпочтения по конкретным вопросам. Тогда можно выработать индикаторы, на которые можно опираться при изложении позиции, убеждении высшего руководства или поиске компромисса.

Выработка критериев – вопрос политики, а определение политической линии должно предварять выработку инструментов. До настоящего времени связной системы критериев для оценки желательности или нежелательности тех или иных процессов в науке установлено не было. Нет смысла тщательно измерять значение параметра, если неизвестно, в какую сторону желательно его изменить.

При постановке задачи на разработку индикаторов нужна определенность в общих вопросах и вследствие того, что нынешний период состояния науки России следует считать *аномальным* (слово «переходный» просто маскирует чрезвычайность этого периода). В это время традиционные индикаторы стабильных систем не действуют, а иногда просто теряют смысл.

Один из исходных, элементарных параметров науки – «число исследователей» – перестал в настоящее время быть индикатором чего бы то ни было. Что такое сегодня «исследователь»? Что он делает, какова его «продукция»? Кто ее ожидает и использует? Почему исследователи остались на своих местах, а не перешли на более выгодные социальные позиции? Соединены ли нынешние исследователи в дееспособные целостные системы (школы, лаборатории, направления) или образуют конгломерат людей, переживающих в своих НИИ трудные времена? Происходит ли воспроизведение исследователей или это реликтовая категория, с постепенным исчезновением которой возникает новый социальный тип, с иными характеристиками?

Без того, чтобы ответить на эти вопросы и уложить ответы в рамки доктрины научной политики, параметр «число исследователей» индикатором российской науки не является. Он, на деле, может да-



же мешать управлению, создавая ложное представление о состоянии системы.

Аномалия нынешнего состояния, с точки зрения существования науки, заключается в том, что разорвана связь между общественными потребностями в новом **отечественном** научном знании и финансовыми возможностями тех общественных структур, которые в этом знании нуждаются. Потребность в научном знании в условиях острого кризиса резко возрастает (пример – подготовка к войне и война). В РФ же произошло обратное – государство резко сократило финансирование и даже провело разгосударствление большей части научного потенциала, при том, что платежеспособного спроса на знание со стороны частного капитала нет и не предвидится.

Надежным индикатором состояния и перспектив науки в рамках нынешней доктрины научной политики служит **зарплата** научных работников. Если доктор наук, т. е. специалист высшей квалификации в своей сфере, имеет зарплату в 5 раз меньшую, чем рядовой конторский служащий в банковской сфере, то это жестко определяет состояние системы. Это состояние уникально и должно изучаться как совершенно новый объект. Оно не имеет аналогий ни в советской науке, ни в западной, ни в науке стран «третьего мира». «Большого лечить не собираются» – вот какой вывод делает из этого индикатора и доктор наук, и аспирант, и даже школьник. Остатки науки существуют только в результате инерции большой системы советской науки, на «энергии выбега».

Если говорить в содержательном плане, то положение характеризуется следующим.

Начиная с 1991 г. в науке РФ происходят крайне негативные **демографические** изменения на фоне общего ухудшения демографической обстановки в стране. В РФ резко снизилась рождаемость и столь же резко повысилась смертность в рабочих возрастах. В молодежных возрастных когортах быстро снижается доля русских. Поскольку русские составляли ядро научно-технического сообщества России, даже воспроизведение этого сообщества на уровне 1980-х гг. (когда интенсивность инновационной деятельности была недостаточна) станет затруднительно. Расчеты на то, что в ближайшее время удастся резко повысить эффективность работы научно-технических кадров за счет интенсификации их труда, предполагают неприемлемо большие капиталовложения в материально-техническую базу НИОКР. Скорее всего, средств на это не будет.

Впервые с 1920-х гг. в России снижается, и существенно, образовательный уровень трудящейся молодежи по сравнению с предыдущим поколением. Это будет снижать и потенциал для создания инноваций, и восприимчивость к ним производ-

ства. Пока что темп снижения образовательного уровня сдерживается инерцией унаследованного от советского времени высокого престижа образования, однако инерция эта ослабевает и может практически исчезнуть при смене поколений. Уже сегодня этот престиж во многом формален, и около трети работающей молодежи занято в сферах, не связанных с полученным образованием.

Продолжается деградация научного сообщества России, которая уже сегодня достигла опасного уровня. Произошла атомизация и фрагментация сообщества с утратой им системной целостности. Ликвидированы или бездействуют многие социальные механизмы, которые связывали людей и коллективы в единую ткань в масштабе страны. Восстановление этих механизмов и создание новых, адекватных новым условиям – также длительный и дорогостоящий процесс. В какой-то, совершенно недостаточной, мере он стихийно идет и сегодня, но пока еще не стал объектом государственных усилий.

Все эти процессы, однако, не достигли критического уровня, и Россия сохраняет возможность выйти из кризиса и развиваться не как аутсайдер глобальной экономики и не как пространство для иностранных операторов, а как независимая страна. Наука России со своим особым типом научного мышления и стилем работы пока смогла пережить кризис. Она сильно сократилась в масштабах, но сохранила структурные ячейки на большинстве направлений – в виде пусть недееспособных, но способных к выживанию «спор». При выходе из кризиса «споры» будут оживлены. Система советской науки в основном разрушена, но ее ресурсы еще не ликвидированы и могут быть собраны в новые структуры – более компактные и мобильные.

В общем, восстановление и развитие науки возможны лишь на фоне оптимистических ожиданий и хотя бы медленного общего улучшения жизни населения – при отсутствии «страха бедности» и «всеобщей гибели». Перспектива обеднения резко подавляет мотивацию к нововведениям, поскольку инновационный процесс всегда сопряжен с высоким риском, и в обстановке страха предпочтительным всегда будет *простое* воспроизводство.

Положение в этом плане критическое, поскольку снижение статуса интеллигенции в России приобрело абсолютный характер – большая ее часть живет за чертой бедности. Значительная часть работников инновационного цикла и членов их семей **недоедают**. В этих условиях побудить их к творческому труду и инновациям на принципах рыночной экономики невозможно. Могут быть лишь точечные акции купли-продажи изобретений, технологий и т. д., созданных из старых советских заделов. Стабильного научного процесса как *большой системы* обеспечить нельзя. Следова-

тельно, при «инновационном» варианте развития в условиях рыночной экономики в число необходимых затрат надо включить средства на то, чтобы в первую очередь «накормить» работников». Эти средства по своим размерам значительно превышают расходы собственно на НИОКР.

Более того, для России, в отличие от стран с протестантской культурой, важно не только благополучие (пусть и весьма скромное) непосредственных участников инновационного процесса, но и бедной части населения. «Жизнь ближнего» в гораздо большей степени влияет на восприятие качества собственной жизни, нежели на Западе. Создание анклавов высоких технологий с искусственно высоким уровнем потребления должно быть морально оправдано, но это возможно только в общем, мобилизационном проекте, сама идея которого настолько противоречит либеральным политическим установкам, что даже не обсуждается.

### ПРИОРИТЕТЫ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ

Поскольку надежды на быстрое преодоление кризиса, привлечение крупных иностранных инвестиций и интеграцию России в «клуб развитых стран» не сбылись, необходимо готовить все системы жизнеобеспечения страны к довольно затяжному и трудному переходному периоду. Таким образом, возникает необходимость пересмотра приоритетов научно-технической политики. В «Концепции реформирования российской науки на период 1998–2000 гг.» сказано: «Основная задача ближайших лет – **обеспечение необходимых условий для сохранения и развития наиболее продуктивной части российской науки**. Такая постановка основной задачи предполагала, что Россия, перейдя к селективной стратегии развития, усилит те научно-технические направления, в которых отечественные организации могут достичь мировых стандартов и создать конкурентоспособный на мировом рынке инновационный продукт. За счет доходов от продажи отечественных технологий и наукоемких товаров можно будет импортировать те технологии и товары, которые ранее производились на базе отечественных технологий более низкого качества.

Очевидно, что обеспечить такой тип интеграции в среднесрочной перспективе не удастся и, таким образом, Россия как в восстановительной программе, так и в развитии должна опираться в основном на отечественные технологии. Следовательно, отбор научно-технических направлений и, соответственно, организаций, которым будут обеспечены условия для сохранения и развития, должен теперь делаться не по критерию «продуктивности» или «конкурентоспособности», а по критерию необходимости создаваемой ими технологии

для решения критических политических и социальных задач государства и общества.

Поскольку речь идет об использовании технологий и продуктов внутри России, критерий *конкурентоспособности* на мировом рынке, в общем, следует снять. Работать на экспорт в наукоемких областях было выгодно только в закрытой системе (типа СЭВ). В настоящее время имеет смысл экспорттировать сложную продукцию только в том случае, если достигается большая экономия на масштабе (как, например, в случае оружия). Научная система России в состоянии создать некоторое число эффективных технологий с высокими главными функциональными качествами, но она не способна предложить на мировой рынок такие технологии со *всем набором* качеств и быть конкурентоспособной.

Поскольку в условиях кризиса развить широкий спектр научно-технических направлений до дееспособного состояния невозможно, на новом этапе реформы одновременно будут осуществляться две принципиально разные и конкурирующие за ресурсы программы:

- программа *консервации* большинства направлений и организаций с тем, чтобы они смогли при низком уровне обеспечения ресурсами пережить кризис, чтобы затем быть «оживлены» и быстро доведены до дееспособного состояния по мере накопления средств;
- программа *активизации* небольшого числа направлений и организаций, способных в ближайшее время создать целостные инновационные циклы с высоким экономическим или социальным эффектом.

Первая программа стихийно выполнялась и на предыдущих этапах реформы, однако ее эффективность может быть существенно повышена благодаря сознательной политике государства. Любая активная политика с селективным распределением ресурсов неминуемо содержит большую долю волонтеризма, но он в этих условиях – меньшее зло, нежели бездействие. Кроме того, программа консервации должна быть дополнена мерами по сохранению культурной среды для воспроизведения науки в следующем поколении – помимо поддержки активных ученых.

Программа выхода из кризиса будет, видимо, опираться на оживление производства базовых продуктов с использованием существующих или почти готовых технологий (прежде всего, в сельском хозяйстве как критическом факторе стабилизации и накопления средств). Основная масса технологий на среднесрочную перспективу должна заимствовать и дорабатываться применительно к условиям России и быть предназначена не для получения новых «прорывных» продуктов, а для снижения издержек в массовом производстве средств жизне-



обеспечения. Как только начнет восстанавливаться хозяйство, Россия столкнется с острым дефицитом энергоресурсов.

На этом этапе повышение *наукоемкости* продукции отечественного производства не может служить приоритетом. Напротив, в среднесрочной перспективе она будет снижаться именно из-за расширения традиционного производства. Таким образом, главными критериями определения приоритетов при выборе инновационных программ должны быть в этой перспективе *внутренние критерии*: степень готовности продукта НИОКР и критичность решаемой с его помощью задачи, а не *внешние критерии* типа конкурентоспособности или соответствия мировому уровню.

Из общих соображений следует, что в ближайшие годы высокий приоритет должен быть отдан также технологиям, направленным на *предотвращение ущерба*. Это, прежде всего, информационные (диагностические) технологии, позволяющие контролировать состояние объектов в условиях нестабильности, и технологии «лечения» поврежденных объектов – включая людей. В условиях кризиса не так важны программы *улучшения стабильной системы*, как программы *предотвращения отказов* в нестабильных системах.

Восстановление хозяйства России будет идти через создание единой системы крупных предприятий с высокой технологией и большой сети малых предприятий с технологией также современной, но миниатюризированной. Обеспечение

будущих малых предприятий такой технологией – огромная программа, требующая новых и необычных для нас действий научно-технической системы. Программа создания малых предприятий затронет и саму сферу науки – многие организации, выведенные из категории исследовательских, могут быть успешно превращены в малые предприятия для научноемких *производств*. Так они перейдут на самоокупаемость, оставаясь частью научно-технического потенциала.

\* \* \*

При оценке перспектив и сравнении альтернатив научной политики надо исходить из неоспоримого факта, который состоит в том, что в рамках того же природного ландшафта и с теми же базовыми ресурсами всего полтора десятка лет назад Россия в облике СССР была экономически мощной мировой державой, без внешних долгов, с крупным золотовалютным запасом. Следовательно, Россия обладает «невидимыми» ресурсами, которые были активизированы в условиях СССР, но «умертвлены» в результате реформы. Задача – выявить их и «оживить». Надо, однако, учитывать, что реальная ценность любого ресурса прямо зависит от тех ограничений, которые накладываются на выбор варианта развития: *для себя – или для глобальной экономики, для жизни – или для прибыли*.

☎ (095) 954-07-48

E-mail: Kara-Murza@wm.west-call.com

## ABSTRACTS

**Tsvirkun A.D.**

### MANAGEMENT OF LARGE-SCALE SYSTEM DEVELOPMENT IN NEW CONDITIONS

The paper discusses planning and modeling features of developing large-scale systems and building a complex of interconnected models on the basis of project-programmable and aggregate-decomposition approaches. It examines complex problems of large-scale system development management and describes the tools for investment project feasibility studies and the EU INVEST software system. – P. 34.

**Pashchenko F.F.**

### INNOVATIVE CENTERS AND TECHNOPARK STRUCTURES

The programs of sustainable development facing the interests of present and future generations from the social, economical and environmental viewpoints are becoming increasingly important in the governmental policy of the most of developed countries. The paper presents the methodology of creating Technopark structures aimed at providing social and economic self-development of regions on the basis of utilizing their internal potential and combining the interests of the regions and the center. The Technopolices Program presents a new method of federal/regional development. – P. 44.

**Kara-Murza S.G.**

### SCIENTIFIC POLICY IN THE NEW STAGE OF REFORM IN RUSSIAN FEDERATION

Specific functions of national science in crisis conditions are discussed. The paper argues that the very doctrine of reforming the Soviet science was derived from false assumptions. This doctrine based on erroneous conceptions of state, science, and private capital interactions conducted to the deep erosion of the national scientific potential. For blocking this process, a goal-oriented government program with sharply defined objectives, indicators and criteria is necessary. – P. 53.

УДК 561.2.011.56

## ИНФОРМАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ (предпосылки, методы и средства)

В.В. Кульба, В.Д. Малюгин, А.Н. Шубин

Вводится понятие информационного управления, под которым понимается процесс выработки и реализации управленческих решений в ситуации, когда управляющее воздействие носит неявный, косвенный характер и объекту управления представляется определяемая субъектом управления информация о ситуации (информационная картина), ориентируясь на которую этот объект как бы самостоятельно выбирает линию своего поведения. Отмечается, что информационное управление возникло и существует достаточно давно, однако его существенная роль в управлении была признана только во второй половине XX в.

Один из важнейших феноменов конца XX в. – резкое возрастание роли народных масс в исторических процессах. Бурные события нашего времени не только побудили в обычном человеке интерес к общественной и политической жизни, но и вызвали потребность быть ее полноправным участником.

Мы стали свидетелями разительных перемен, когда превращение широких народных масс в субъект истории накладывает мощный отпечаток на развитие общества. Рядовые люди стремятся к активному вмешательству в принятие решений в области внутренней и внешней политики своих стран, бывшее прерогативой узкого круга лиц, входящих в правящую элиту. В то же время следует помнить, что «мечты каждого лидера – тирана или доброго пророка (демократа или тоталитариста) – упорядочить поведение своего народа» (К. Блейкмор «Механика разума»), используя различные методы управления.

Методы управления обществом, коллективами и отдельными личностями, соответствующим образом воздействуя на людей, побуждают их к выполнению социально-экономических законов общества и тем определяют конкретные пути, способы и приемы достижения поставленных целей. Известно, что по особенностям воздействия на мотивы поведения людей методы управления можно разделить на административно-организационные,

экономические, социально-психологические и правовые. Каждый из них обладает определенными специфическими характеристиками, достоинствами и недостатками, эффективностью применения.

В практике управления все методы взаимосвязаны и образуют единую систему. Коллективы и отдельные сотрудники могут испытывать на себе одновременное воздействие различных методов управления. Гармоничное сочетание всех этих методов определяет эффективность управления.

Однако анализ традиционных методов управления показывает, что они не очень подходят для прямого воздействия на широкие массы населения. В то же время повышение роли народных масс в общественно-политической жизни явилось причиной существенного внимания и активности правящих сил общества в поисках методов прямого централизованного воздействия на население. Путем такого воздействия власть имущие стремятся заменить старые, насилиственные методы подавления масс и приспособиться к новым реалиям современного мира. Сознавая историческую необратимость вторжения простого человека в общественную жизнь и в «высокую» политику, правящие круги пытаются заручиться его идеально-политическим согласием. Они ставят задачу добиться формирования такого общественного мнения, которое выражало бы не подлинные интересы народных масс, а заложенные в их сознании пропагандой



стандартизированные мнения и оценки, соответствующие интересам правящего класса. И такой метод прямого централизованного воздействия на широкие слои населения был найден и реализован в виде специального метода информационного управления.

Методологической основой информационного управления в значительной степени являются установки итальянского мыслителя и политического деятеля Антонио Грамши (1891–1937), в основе которых лежат положения о том, что для достижения стратегических целей изменения общественного строя следует действовать не в лоб, меняя базис общества, а через надстройку – силами интеллигенции, совершая «молекулярную агрессию» в сознании общества и разрушая его культурное ядро.

Эти положения хорошо согласуются с одним из основных постулатов теории управления, который гласит о том, что эволюции в человеческом сознании достичь гораздо проще, чем совершить в обществе революционные изменения. Естественно, основными средствами достижения целей при этом являются средства массовой информации и системы передачи данных. Сотрудники средств массовой информации превращаются при этом в особую организацию, определяющую уровень сознания и мышления населения всей страны, так как убеждения честных людей зависят от той информации, которую они получают. Это необычный новый метод управления, обладающий непривычными этическими и эстетическими нормами, и потребуется довольно длительный период времени, чтобы общество осознало его мощь, достоинства и недостатки.

Бурное развитие средств массовой информации, являющееся характернейшей чертой нашей эпохи, позволило придать поистине массовый характер процессу информатизации в современном мире. Технические достижения XX в. создали новые могущественные средства массовой коммуникации – кино, радио, телевидение, электронную почту, Интернет, средства передачи данных. На качественно иной уровень была поставлена технической революцией и деятельность таких традиционных средств информации, как газеты и журналы.

В этой ситуации теоретические достижения мировой науки, возросшие возможности производства материальных благ в совокупности с новыми средствами установления межличностных коммуникативных связей приводят общество к такой форме цивилизации, при которой все большее число людей обретает возможность проявить свои творческие способности, заложенные в каждом человеке. И в то же время именно с помощью этого

многократно усовершенствованного набора инструментов воздействия на умы людей правящие силы осуществляют небывалое по масштабам подчинение общественного мнения своему влиянию.

В средствах массовой информации руководство видит высокоэффективный инструмент сохранения социальной стабильности в обществе, позволяющий облечь в новые формы контроль и управление народными массами, отказавшись, где это удается, от дискредитированных насилистенных методов. Весьма интересно в этом плане высказывание бывшего президента США Р. Никсона о том, что гораздо выгоднее вложить доллар в средства массовой информации, в пропаганду, чем 10 долларов в создание новых видов вооружения. Он мотивировал это тем, что вероятность применения оружия в современном мире невелика, а пропаганда работает ежедневно, ежечасно.

Власть над средствами информации – глобальная, политическая власть.

Мы живем в динамическом мире, когда информирование о возможных экономических и политических переменах становится актуальным при принятии решений. Большинство людей получает представление о мире из газет, журналов, радио, телевидения, книг и кино. Средства массовой информации приобретают авторитет в тот момент, когда хотят установить, где правда, а где ложь, где реальность и где фантазия, что важно и что несущественно. Нет более мощной силы, чем прессы, в становлении общественного мнения; даже грубая сила может торжествовать только после создания благожелательной позиции по отношению к жестокости.

Власти всегда признавали, что для контроля над обществом они должны взять в свои руки информационное дело. Тот, кто имеет возможность первым сообщить новости или подать идеи, обретает политическую власть – власть, позволяющую что-то вскрыть или, наоборот, скрыть, о чем-то сказать, а что-то замолчать, выждать благоприятный момент, чтобы дать нужное толкование тому, что обнаружено. Лидеры демократии не менее чем врачи, шаманы, короли и диктаторы, ревностно оберегают свою власть над идеями и контролируют информацию с той же или большей энергией, с какой они контролируют вооруженные силы.

Если в контролируемой информации изначально содержались ошибки, то они не могут быть исправлены. Если она была точной в свое время, то вскоре станет устарелой. Если информация изменяется без свободной реакции реального мира, она становится обособленной от этого мира, т. е. от реальной, истинной картины общества.

Естественно, что в сложном калейдоскопе событий, фактов, мнений и страстей человек не всегда способен отличить ложь от истины.

Среди ученых в политических науках стало своего рода троюзмом считать, что, хотя средства информации не могут сообщить населению, что оно должно думать, они в действительности сообщают ему, о чем следует думать. То, что сообщается, становится на повестку дня общественной жизни. То, о чем не сообщается, может быть потерянно именно в то время, когда общество испытывает в этой информации наибольшую потребность.

Наше представление о реальности возникает не из одного внезапного откровения. Оно накапливается день за днем и год за годом из сведений об обычных событиях, происходящих в мире, о которых сообщают, главным образом, средства массовой информации.

Наш взгляд на реальный мир динамичен. Он состоит из совокупности представлений, самокорректирования их в той мере, в какой имеется основа беспристрастного подхода, когда важны все составляющие его части. Но когда один важный элемент сведений выключается или включается, наше представление о социально-политической стороне мира оказывается неполным, и тем самым несовершенным. В основе человеческого разума заложено умение распознавать причину и следствие, но предпосылкой его уязвимости оказывается зависимость человека от знания последовательности происходящих событий и их значений.

Когда какая-то часть, связующая причину и следствие, оказывается затемненной, источники нашей слабости и силы становятся неясными. Ошибки повторяются из десятилетия в десятилетие, ибо в сознании исчезает что-то, чем мы руководствуемся в нашем общественном поведении.

Механизм информационного воздействия основан на манипуляции сознанием масс и внесении в него целенаправленной достоверной либо недостоверной информации (в последнем случае, дезинформации).

Этот тип управления человеком, группой, масой связан со стремлением так сформировать сообщение о реальной ситуации, что несмотря на его неадекватность, человек принимал бы его как само собой разумеющееся и поступал бы соответствующим образом.

В основе этих действий лежит стремление деформировать истину, создать искаженное представление о существующей действительности, внушить людям требуемые идеи и установки. Используя эти методы, стремятся не только придать своим сообщениям видимость правдоподобия, но и одновременно «подсказать», как поступить человеку, какой

сделать выбор, на каком решении остановиться. Особое значение придается оперативности реакции на то или иное событие. «Надо действовать или сверхбыстро, или вообще не реагировать на событие», — поучает наставление для спецслужб США «Психологические операции». Короче говоря, если событие «выгодное» для пропаганды, надо подать его быстро, сверхбыстро, сенсационно, в нужном духе; если «невыгодное» — замолчать, отвлечь от него внимание общественности.

Геополитические интересы Запада на территории нашей страны также реализуются посредством системы управляющих воздействий, которые в иностранных боевых документах носят название психологических операций, к основным из которых относится информационное воздействие («пропаганда»). Всякие сомнения в этом отпадают при соопоставлении характера деятельности известных нам «демократических» изданий, программ телевидения и радио с положениями документов армий США и НАТО по теории и практике психологической войны. Например, ознакомление с полевым уставом армии США FM 33-1, определяющим формы, методы и способы ведения психологических операций, а также уставом FM 100-5 «Ведение боевых действий» убеждает, что СМИ ежедневно осуществляют информационное (боевое) воздействие на население путем реализации стратегических, тактических и оперативных операций. В зависимости от цели их проведения выделяют операции по ведению пропаганды среди гражданского населения, по введению противника в заблуждение, по поддержке конфликтов низкой интенсивности и специальные операции. Выделяют также информационную оборону, информационные атаки и контратаки.

К достоинствам информационного управления относятся высокая избирательность воздействия, конкретность и оперативность, быстрая перестройка методов и средств воздействия в зависимости от меняющейся обстановки, возможность оперативной концентрации усилий на том или ином объекте, регионе, социальной группе, возможность комплексного применения различных методов и средств информационного управления, сравнительно небольшие затраты на разработку и реализацию управлений решений при высокой эффективности их внедрения в сознание.

Различают стратегию и тактику информационного воздействия.

В рамках стратегии информационного воздействия формируются долгосрочные цели и пути их достижения. В частности США, в рамках стратегии информационного воздействия в глобальном



плане проповедуют «право» Америки быть первой, культи силы и т. д.

В соответствии с разработанной стратегией информационного воздействия строится и его тактика, в рамках которой осуществляются выбор конкретных мер этого воздействия, их координация и реализация. Массированное внесение в сознание сбитого с толку населения требуемой информации создает соответствующую обстановку, в условиях которой можно легко реализовать любые идеи.

Эффективное применение методов информационного управления базируется на тщательном анализе характеристик управляемой аудитории. Например, интеллигенция наиболее управляема, если делается ставка на «права человека», «свободу личности» и т. д. В частности, американский профессор Д. Лендуал пишет: «Тема прав человека — одна из самых выгодных. Ведь любой человек, в любом обществе всегда хочет жить лучше, чем он живет сейчас. Значит, оснований для недовольства всегда достаточно. Важно лишь подсказать, что из-за «отсутствия прав» у рядового человека мало шансов улучшить свое положение».

Информационное управление носит не только глобальный, но и дифференцированный, избирательный характер. При наличии широкого фронта психологических акций обычно выбирается направление главного удара, наиболее слабое звено, наиболее уязвимые объекты воздействия. Это может быть отдельная страна, регион, отдельные национальные, социальные, общественные или профессиональные (как правило, наиболее значимые и массовые) группы (шахтеры, военные, верующие и т. д.). Негативные цели такого информационного воздействия, как правило, прозрачны и заключаются в противопоставлении интересов отдельных групп обществу в целом, создании атмосферы неудовлетворенности, индифферентности.

Самый эффективный метод информационного управления — соединение рекламы (фикции, вымысла) с «объективным» информативным телерепортажем с места событий (создание «спектакля» по придуманному сценарию). Против каждого из этих действий в отдельности человеческое сознание может устоять, но оно беззащитно против их комбинации: бесстрастный репортаж создает атмосферу доверия, которая по инерции распространяется на идущую вслед за этим рекламу, а реклама возбуждает эмоции, готовит почву для восприятия идей, заложенных в «бесстрастном» репортаже.

Близок к этому прием, заключающийся в смешении грешного с праведным, великого с ничтожным, превращении исключительного в обычное, характерное. И тогда возникает театр абсурда, где Теркин превращается в Чонкина, где на полном

серъезе говорят, что «Берлин нам был не нужен», и поэтому взятие его ценой солдатских жизней — преступление. И Ленинград надо было сдать немцам — не было тогда бы блокадников и Пискаревского кладбища.

Наиболее распространенным методом информационного управления является прагматическая избыточность. В теоретических исследованиях под величиной прагматической избыточности в сообщении относительно некоторого получателя информации понимается процент элементов сообщений (символов, разрядов, слов, предложений и т.д.), исключение которых не изменит отклика получателя на это сообщение. Примерами прагматической избыточности являются повторение материала при обучении, неоднократное повторение, разъяснение приказов и распоряжений, многочисленные комментарии в прессе в требуемом ракурсе некоторых событий и т. д.

В рамках информационного воздействия выделяют демагогические заявления, навешивание ярлыков, подмену ответственности, подмену понятий, инсинуации, обращение к эмоциональной стороне восприятия, умалчивание о каких-то фактах, событиях или их отдельных аспектах, искажение масштабов событий и времени, акцентирование внимания на второстепенных деталях, обращение к отрицательным уровням сознания, подмену объекта дискуссии, примитивизацию оппонента, табуирование и антирекламу, постановку оппонента в проигрышное положение, методы «белой вороньи» и «одной строки», «мнимого противодействия», замещения существенной информации второстепенными деталями, создание мнимого образа, иллюзии миража, безальтернативности, мифологизацию, грандиозную ложь («метод Геббельса») и просто ложь.

Применение большинства из этих методов как минимум безнравственно, а безнравственность страшна тем, что не имеет границ, и, как правило, ведет к еще большей безнравственности.

Манипулирование общественным сознанием приобрело в нашей стране огромный размах. Идет откровенная спекуляция на самых светлых идеалах и устрашении людей, когда должное подменяется нужным, нужное — сиюминутным, должно понятым общественным, а чаще групповым или личным интересом.

Манипуляции проявились, прежде всего, в постоянном навязчивом стремлении доказать, что государство, его прошлое — это полностью и безоговорочно плохо. Из духовной жизни последовательно вытравились такие качества, как патриотизм, открытость, вера, правдивость. Поощрялась позиция «не быть, а казаться», которая открыла

дорогу людям, настроенным карьеристски, неискренним, готовым поступиться всем святым и дорогим для нормального человека. Умение подстроиться, угодить вкусам руководства и готовность забыть свои убеждения породили довольно мощный и влиятельный слой духовных наставников в СМИ, которые руководствуются не интересами народа, а своекорыстными соображениями. И до сих пор мы видим их – вчера утверждавших одно, сегодня другое и готовых завтра отстаивать третье, если будет угодно. Эта нравственная коррозия поддерживается, оправдывается и, к сожалению, становится нормой поведения.

Манипулирование массовым сознанием проявляется в замалчивании печатью многих процессов (положение в Югославии, Чечне и т. д.), в односторонней оценке противоречивых явлений развития (приватизация, национальное самосознание, развал СССР и т. д.). Средством манипуляции является игнорирование иных точек зрения на некоторый процесс или событие. Отсутствие полной, достоверной и необходимой информации не позволяет повысить зрелость общественного сознания, взвешенность его оценок. Средства массовой информации постоянно и усиленно, как и во все времена, насаждают одномерность духовного мира. Поиск истины ведется не в открытых дискуссиях, а в письмах так называемой «интеллигенции» в органы власти.

Сегодня произвол СМИ достиг апогея, когда у нормального человека выработалось сознание своей неполноценности и даже виновности. Это многое и мелочное унижение достоинства вытравляет из человека качество бойца, борца за правду, справедливость и даже Отечество. Получило широкое распространение циничное отношение к труду, исказились представления о сотрудничестве, дружбе, любви. Под серьезной угрозой оказалось общее нравственное здоровье народов России.

Мы живем в условиях, когда в рамках информационного управления обществом реализуются массовое промывание мозгов и массовое манипулирование сознанием. Жизненные ценности и идеалы не столько вырабатываются и закрепляются личным опытом и собственным осмыслением, сколько принимаются как собственные постоянным навязыванием образа и цели жизни через массированное воздействие СМИ. Запад пользуется таким манипулированием не одно десятилетие, у нас в стране промывание мозгов реализуется последние десять лет. Результаты, на наш взгляд, ошеломляющие. Подвой о процветающем капитализме народ бывшего Союза довели до нищеты и вымирания. Только в 1991 г. было сделано 3,5 млн. абортов, в 1992 – 3,4 млн., в 1993 – 3,2 млн., что

не менее страшно, чем ужасы репрессий, унесшие жизни около 800 тыс. наших граждан. Если же обобщить эти данные на 10 лет перестройки, то они будут сравнимы для России с потерями в Великой Отечественной войне.

Манипулирование массовым сознанием можно было бы назвать специфической формой массового отупления, однако его последствия есть адекватная реакция населения с промытыми мозгами на соответствующие формы информационного управления, когда сценарные призраки и ложь становятся более важными мотивами поведения, чем реальные развал, вымирание и голод.

Результаты такого информационного управления с трудом поддаются анализу и ясно, пожалуй, только одно – в области манипулирования сознанием широких слоев населения мы достигли самого передового уровня.

Можно выделить следующие уровни разрушения человеческого сознания путем информационного воздействия:

- некритическое восприятие;
- неадекватное понимание ситуации;
- безразличное принятие происходящего;
- восприятие любой информации как наркотика;
- обозленность.

Затем могут последовать постепенное прозрение и адекватная оценка ситуации.

Возникает вопрос – есть ли у общества, отдельного человека защитные силы, стойкость, способность к анализу реальной ситуации, поиску истины в условиях оболванивания и злонамеренной пропаганды.

Отметим, что свобода слова («гласность»), а шире, свобода распространения информации – лозунг довольно неоднозначный. Полная гласность сделала бы совместную жизнь людей просто невозможной. Как отмечает немецкий философ Карл Ясперс (1883–1989), «если исчерпывающие сведения вначале давали людям освобождение, то теперь это обратилось в господство над людьми». Поэтому наличие некоторых ограничений, реализуемых через контрольные органы – цензуру, необходимо, чтобы разрушительное действие не превышало некоторый приемлемый уровень. В условиях рынка это значит, что потребитель должен знать, к каким последствиям для него и окружающих приведет усвоение и использование информации. Сегодня же человек, потребляя либо неконтролируемую, либо отфильтрованную по заданным критериям информацию, не может оценить ее воздействия на свою психику и поведение. Более того, он становится зависимым от средства массовой информации и продолжает потреблять их продукцию даже в том случае, когда отдает себе отчет в ее пагубном



воздействии. Поэтому, если государственные органы не контролируют информацию, они становятся прямыми участниками манипуляции общественным сознанием.

Избавиться от усвоенной дезинформации сложно в силу особенностей человеческой психики. Предварительно частично отфильтрованную информацию и считающуюся существенной человек запоминает. При этом полученная информация образует упорядоченную структуру (базу данных) в системе координат: истина – ложь, добро – зло. Такая база знаний совершенствуется и расширяется по мере усвоения новой информации, подтверждающей прежнюю. Всякое сообщение, противоречащее созданной за несколько лет структуры и внесенное в нее, разрушает последнюю. Ибо это требует пересмотра всей системы устоявшихся взглядов. Опыт показывает, что обычно человек предпочитает не разрушать существующую структуру и не менять позицию, а игнорировать противоречивые факты. Для этого приходится прибегать к хитроумному самообману, например, утверждению, что источник информации – нехороший человек, а потому и факты неверные.

В любом случае необходимо искать точки опоры, позволяющие человеку ориентироваться в бурных информационных потоках (проверенные факты истории). Опорой может быть и здравый смысл, практический опыт, моменты истины, осознание того, что официальные СМИ способны на обман и, самое главное, того, что информационное воздействие является мощнейшим методом

управления, оружием более мощным, чем вооруженные силы и даже ядерное оружие.

Хорошим средством против возможного информационного зомбирования может быть изучение технологии старых громких, а ныне раскрытых общественных скандалов (Уотергейт, Ирангейт, дело Профьюмо и др.), каждый из которых является грандиозным обманом.

Государственное противодействие должно осуществляться различными способами и методами: перекрытием каналов распространения ложной информации, аргументированной критикой тех или иных положений, прямым разоблачением, противопоставлением конкурентной истины о тех или иных событиях. Причем реализация такого противодействия должна быть наступательной, динамичной, острой, в отдельных случаях упреждающей.

Естественно, особые требования должны предъявляться к журналистам. Они должны соответствовать особым кодексам чести, быть неподкупными и независимыми, выслушивать и давать возможность высказаться всем сторонам, допускать возможность критических высказываний и возражений – должны максимизировать число дискуссий по спорным вопросам. При изложении любого материала новости должны быть отделены от комментариев. СМИ должны критически относиться к источникам информации, всеми силами борясь с некорректностями, уважать чувства и достоинство потребителей информации.

☎ (095) 334-90-09

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



## ABSTRACTS

*Kul'ba V.V., Malyughin V.D., Shubin A.N.*

### INFORMATIVE CONTROL: PREMISES, TECHNIQUES AND TOOLS

In the broad sense, informative control is mechanism where the control actions are of implicit, indirect nature and the information provided to the control object looks like an informative picture used by the object to work out an allegedly autonomous line of behavior. Informative control exists for a long time, but until recently it remained ancillary and insignificant as compared with other control techniques. In the second half of the XX century, the role of informative control began its dramatic growth. Against this background, the paper discusses the causes of this phenomenon. – P. 62.

УДК 629.78(092)

## БОРИС НИКОЛАЕВИЧ ПЕТРОВ (к девяностолетию со дня рождения)

Борис Николаевич Петров родился 11 марта 1913 г. в Смоленске. Его мать, Вера Владимировна, была врачом, отец, Николай Георгиевич, – бухгалтером. Вскоре после революции в нашей, разоренной войной стране вспыхнула эпидемия тифа. Вера Владимировна, отдававшая все свои силы, все свое искусство врача борьбе с эпидемией, сама заразилась и умерла в 1919 г. В 1929 г. умер и Николай Георгиевич. Заботы о воспитании Бориса и его младшей сестры Тамары в значительной мере легли на сестер их родителей – Елену Георгиевну и Марии Владимировну.

Закончив в феврале 1930 г. школу, Борис Николаевич некоторое время работал счетоводом в колхозе, а осенью уехал в Москву, где был принят в фабрично-заводское училище и стал токарем. Однако его тянуло к учебе. Еще мальчиком он предпочитал чтение детским играм, любил книги о путешествиях, приключениях, увлекался рисованием.

В 1933 г. Борис Николаевич поступил в Московский энергетический институт. Во время приемных экзаменов умерла в Смоленске Елена Георгиевна, помогавшая ему материально. Встал вопрос о возможности учебы в институте. На поступлении в институт настояла другая его тетя, Мария Владимировна, жившая в Москве. Она была учительницей, и, чтобы помочь племяннику, ей пришлось давать дополнительные уроки.

Борис Николаевич учился в институте блестяще. Дипломный проект он писал под руководством своего учителя – академика Виктора Сергеевича Кулебакина. Проект был признан выдающимся.

В 1939 г. после окончания МЭИ с отличием Борис Николаевич по предложению В.С. Кулебакина был направлен на работу в Комитет телемеханики



и автоматики АН СССР, на базе которого позже В.С. Кулебакиным был создан Институт автоматики и телемеханики АН СССР (ИАТ), ныне Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. В этом институте Б.Н. Петров прошел путь от инженера до академика, работая в нем до последних дней своей жизни. В трудные годы становления института, с 1947 по 1951 гг., он возглавлял его.

Первые работы молодого научного были посвящены автоматизации процесса непрерывной разливки металла из мартена. Когда же началась Великая Отечественная война, Борис Николаевич взялся за проблему автоматической браковки изделий.

«...Недоверчиво покачивали головой старые мастера, рассматривая проекты Петрова, опытные конструкторы-чертежники опускали руки, считая идеи Петрова практически неосуществимыми. Но Петров верил в свои силы... Он снова и снова проверял расчеты, сверял чертежи, конструировал новые приспособления... К концу 1942 г. первый станок бойко защелкал, сортируя и отбраковывая гильзы. Станок локального обмера гильз ЛОГ системы проф. Трапезникова и инженера Петрова поступил на вооружение страны» (многотиражная газета МЭИ «Энергетик», 7 ноября 1945 г.).

Научные основы построения автоматических контрольных устройств были освещены в монографии, написанной В.А. Трапезниковым, Б.Н. Петровым, И.Е. Городецким и А.А. Фельдбаумом уже после войны. Это был первый в мировой научной литературе труд, где обобщались достижения в области автоматизации контроля размеров и геометрической формы изделий массового производства.

В 1945 г., через шесть лет после окончания МЭИ, Борис Николаевич защитил диссертацию на тему «Анализ автоматических копировальных



систем», за которую ему сразу была присуждена ученая степень доктора технических наук. Было тогда Борису Николаевичу 32 года. В своей диссертации он предложил оригинальную теорию построения автоматических копировальных систем широкого класса и новые принципы построения высокоточных копировальных систем для изготовления сложных изделий.

В отзыве на диссертацию известный советский математик академик Николай Николаевич Лузин писал: «Представленная диссертация... имеет высокие достоинства, позволяющие рассматривать ее как выдающееся среди других работ явление».

Борис Николаевич создал метод структурных преобразований схем автоматических систем и разработал адекватный математический аппарат — алгебру структурных схем. Много позже, уже в последние годы жизни, он снова вернулся к этой проблематике в работах, выполненных совместно со своими учениками из Уфимского авиационного института.

Весьма глубокие исследования были проведены Борисом Николаевичем в области интегрирования нелинейных дифференциальных уравнений. Эти работы привели к открытию, которое Н.Н. Лузин, ставший вторым учителем Бориса Николаевича, назвал «феноменом Б.Н. Петрова».

Б.Н. Петров — один из основоположников теории инвариантности, а также один из организаторов и идейных руководителей всесоюзных совещаний по теории инвариантности. Следует отметить, что после опубликования в 1939 г. статьи сотрудника Института автоматики и телемеханики профессора Георгия Владимировича Щипанова в научной и политической печати (журнал «Большевик») развернулась жестокая, в сталинском духе, критика теории инвариантности, которая была объявлена вредной и идеалистической наукой, а условия Г.В. Щипанова нереализуемыми ни в каких физических системах. Г.В. Щипанов был уволен из Института, ему было категорически запрещено включать в лекции идеи инвариантности и все работы по теории инвариантности были прекращены. Надо было иметь большое мужество со стороны Бориса Николаевича, чтобы в 1953 г., когда на хрущевскую оттепель еще не было и намека, выступить на II Всесоюзном совещании по теории автоматического регулирования в дискуссии по докладу В.С. Кулебакина с сообщением, в котором были установлены необходимые условия физической осуществимости условий абсолютной инвариантности. Сейчас эти условия широко известны в мировой литературе как принцип двухканальности Б.Н. Петрова. Открытие принципа двухканальности положило конец утверждениям о физической нереализуемости инвариантных сис-

тем и предопределило дальнейшее развитие теории инвариантности.

Великолепные человеческие и научные качества проявил Борис Николаевич, добившись вместе с академиком Александром Юрьевичем Ишлинским признания первенства работы Г.В. Щипанова, которому был выдан диплом на открытие и премия, правда, когда автора уже не было в живых.

Большое значение имеют исследования Бориса Николаевича по теории нелинейных инвариантных систем с запаздыванием, комбинированных систем. Новые типы автоматических систем, созданные на основе этой теории под его руководством и при его непосредственном участии, реализованы промышленностью.

В исследованиях, выполненных совместно с учениками, Б.Н. Петровым открыт новый класс систем — системы двукратной инвариантности, дано решение проблемы инвариантности в системах с переменной структурой, сделано обобщение условий инвариантности на случай статистически заданных возмущений, развиты идеи двухканальности в информационных и измерительных устройствах.

В 1950–1960 гг. Борис Николаевич провел широкие теоретические и экспериментальные исследования в области нелинейных сервомеханизмов. В результате руководимая им группа разработала основы теории этого класса автоматических систем, развила методы расчета и исследования сервомеханизмов с запаздыванием и с несколькими нелинейностями.

С 1955 г. под руководством и при непосредственном участии Б.Н. Петрова развивались методы построения нелинейных систем автоматического управления с переменной структурой, которые представляют собой качественно новый класс систем управления, обеспечивающих высокие статическую и динамическую точность управления.

В работах Бориса Николаевича и его учеников по теории беспоисковых самонастраивающихся систем дана общая постановка задачи анализа и синтеза систем такого класса, приведена их классификация. Предложена концепция обобщенного настраиваемого объекта. На основе теории инвариантности предложен метод синтеза структуры обобщенного настраиваемого объекта. Разработан метод синтеза алгоритмов адаптации, поставлена проблема оптимизации систем с моделью за счет выбора оптимальной модели. Установлено, что беспоисковые самонастраивающиеся системы являются двухканальными, что позволяет обеспечить двукратную инвариантность. Сформулированы свойства настраиваемой инвариантности и идентифицируемости и показано, что эти свойства можно реализовать в беспоисковых самонастраивающихся системах. Основные результаты этих работ



обобщены в монографии Б.Н. Петрова и его учеников «Принципы построения и проектирования самонастраивающихся систем управления» (1972).

Под руководством и при участии Бориса Николаевича впервые в СССР разработаны и созданы самонастраивающиеся системы управления для нескольких классов ракет Главного конструктора И.С. Селезнева.

Дальнейшим развитием теории самонастраивающихся систем стала теория координатно-параметрического управления. В работах, посвященных этой теории, в монографии «Адаптивное координатно-параметрическое управление нестационарными объектами», которую Борис Николаевич увидел лишь в гранках (она вышла в 1980 г.), рассматриваются принципы построения, синтез алгоритмов перестройки параметров объекта, возможности и перспективы развития систем этого класса.

Борис Николаевич возглавлял также новое в теории управления направление, связанное с информационным подходом. Им, его учениками и коллегами введено понятие «порог различимости», которое легло в основу концепции разнообразия состояний системы и метода анализа квантово-механического принципа неопределенности. В монографиях «Информационно-семантические проблемы в процессах управления и организации» (1977) и «Теория моделей в процессах управления» (1978), написанных Борисом Николаевичем совместно с его коллегами, изложены информационные и термодинамические аспекты анализа сложных систем управления.

Широко известны труды Б.П. Петрова, посвященные нестационарным системам, синтезу алгоритмов наблюдения неизмеряемых координат системы, алгоритмической процедуре синтеза управлений линейными объектами с произвольными свойствами и неполной степенью наблюдаемости. Большой интерес представляют его исследования по синтезу алгоритмов управления как обратной задачи динамики. Особенность предложенного им метода синтеза состоит в том, что структура алгоритма управления не содержит в явном виде уравнений движения управляемой системы. Моделирование осуществляется самой системой в процессе ее нормального функционирования, что предопределяет адаптивный характер синтезированного алгоритма.

В монографии «Проектирование систем автоматического управления: газотурбинных двигателей» (1980) Борисом Николаевичем, его учениками и коллегами описываются адекватные и в то же время достаточно простые математические модели газотурбинных двигателей, структуры высокоеффективных систем управления с введением дополнительной информации, обладающие свойством двукратной инвариантности, и т. д.

Можно было привести еще много результата тов Бориса Николаевича в области общей теории автоматического управления. Однако важнейшее место в деятельности Б.Н. Петрова заняли задачи теории автоматического управления подвижными объектами, о чём, в частности, свидетельствуют и уже упомянутые работы автора. Истоки этого можно искать в том, что свою педагогическую деятельность Борис Николаевич начал созданием в 1944 г. в МАИ нового курса лекций «Автоматика мотора и винта». Значение этого курса выходило за рамки технического повествования. Автор создал цикл лекций, который доносил до слушателей самые важные и наиболее свежие (по материалам научных статей и диссертаций) результаты в теории автоматического регулирования тех лет. Эти результаты Б.Н. Петровым были доведены до инженерных методик проектирования и расчета новых по тем временам систем регулирования турбокомпрессорного наддува, скорости вращения винта поршневого двигателя и пр. Впервые было получено математическое описание авиационного поршневого двигателя как объекта регулирования, а также описание герметической кабины пилота как объекта поддержания давления в ней. Б.Н. Петровым была организована лаборатория при кафедре, в которой можно было на макетах и подлинных образцах изучать поведение элементов систем регулирования и регуляторов в целом.

Проблемам управления двигательными установками таких летательных аппаратов, как баллистические ракеты, Б.Н. Петров уделял пристальное внимание всю свою творческую жизнь ученого и инженера.

Работы в этой области ввели его в круг творцов практической космонавтики. Полученные им и его коллективом результаты носили основополагающий характер. Созданные на их основе системы управления стали составной частью всех крупных жидкостных ракет разработки главных конструкторов С.П. Королева, М.К. Янгеля, В.Н. Челомея, В.Ф. Уткина.

В течение всех лет совместной работы с конструкторами-ракетчиками Б.Н. Петров уделял большое внимание проблеме построения бортовых терминалных систем управления жидкостных ракет, повышающих энергетические характеристики путем управления их двигательными установками. В течение многих лет Борис Николаевич был научным руководителем разработок многих бортовых терминалных систем. Академик В.П. Глушко отмечал, что в процессе этих разработок были получены фундаментальные для прогресса отечеств-



венной космической техники научно-технические результаты.

Фундаментальные результаты в области бортовых терминальных систем управления изложены в монографии Б.Н.Петрова и его учеников «Бортовые и терминальные системы управления», вышедшей в свет в 1983 г. уже после смерти Бориса Николаевича.

С академиком С.П. Королевым Борис Николаевич начал работать в 1950-х гг., выполняя исследования и разрабатывая системы регулирования для первой межконтинентальной баллистической ракеты Р-7 и для предваряющей основную разработку ракеты-лаборатории М5-РД. Б.Н. Петров часто был участником – консультантом на заседаниях знаменитого Совета главных конструкторов, возглавляемого С.П. Королевым. Первые конструктивные результаты в исследовании динамики жидкостных реактивных двигателей (ЖРД) и его электронном аналоговом моделировании были получены Борисом Николаевичем с сотрудниками по просьбе В.П. Глушко в 1950-1951 гг. для разрабатываемого стотонного двигателя. Полученные результаты по исследованию ЖРД как объекта регулирования были доложены на заседании комиссии в Президиуме АН СССР, которое проходило под председательством академика М.В. Келдыша. Активно участвовал в обсуждении результатов работы крупнейший специалист в области двигателистроения академик Б.С. Стечкин.

В 1954 г. Институту автоматики и телемеханики постановлением Правительства было поручено возглавить исследования в части управления двигательной установкой, разрабатываемой С.П. Королевым межконтинентальной составной двухступенчатой ракеты Р-7. Б.Н. Петров стал научным руководителем этих работ.

Разработка проблемы построения систем управления тягой ЖРД и синхронизации опорожнения баков ракеты сложной архитектуры была остро необходима и сопровождалась немалыми трудностями, которые сопутствовали созданию принципиально новых систем, начиная «с нулевого уровня», без какой-либо предыстории и при полном отсутствии прототипов систем и литературных источников. Соответственно, предпринятые работы отличались большой научностью. Главными задачами в этой проблеме были:

- исследование динамики ЖРД как объекта регулирования и разработка аппроксимаций его математического описания;
- разработка методов электронного моделирования непрерывных и дискретных бортовых систем управления;

- поиск принципов построения уникальных по точности датчиков уровня компонентов топлива;
- реализация бортовых датчиков давления высокой точности в камере сгорания ЖРД;
- реализация сервоприводов и регулирующих органов для управления тягой и коэффициентом соотношения компонентов топлива ЖРД.

Работы Б.Н. Петрова и его учеников по методологии разработки математических моделей ЖРД и анализу динамики двигателя как объекта управления и проблемы управляемости ЖРД имели приоритетный характер и составили раздел теории ЖРД, охватывающий ряд принципиально новых задач, возникших при создании ракеты Р-7 и всех последующих крупных жидкостных ракет.

Как динамическое звено ЖРД вошел в состав систем управления тягой, систем регулирования опорожнения баков и синхронизации расходования топлива в ракетах пакетной архитектуры.

Разработанная коллективом Б.Н. Петрова методика электронного моделирования ЖРД на аналоговых ЭВМ (цифровых ЭВМ в те годы не было) существенно ускорила нахождение способов борьбы с продольной неустойчивостью ракеты Р-7, которая была «терра инкогнито» и чрезвычайно мешала продвижению космонавтики. Это было в 1958 г., когда готовились к достижению Луны первой автоматической межпланетной станцией «Мечта», но полеты срывались из-за взрывов ракет. Усилиями большого коллектива ученых и конструкторов природа сложного процесса была разгадана. Жидкостный реактивный двигатель, источник колоссальной энергии, входит колебательный контур, включающий в себя трубопроводы и конструкцию ракеты. При резонансе ракета разрушалась. Разработанная Б.Н. Петровым методика имитационного моделирования ЖРД позволила существенно ускорить поиск причины катастроф и найти средства их парирования.

Знание динамики ЖРД и умение доказательно упрощать его сложные уравнения позволили провести аналоговое моделирование системы регулирования кажущейся скорости, в результате чего оказалось возможным натурную отработку этой системы существенно упростить и сократить.

При разработке системы регулирования соотношения компонентов топлива ЖРД из-за наличия в системе ряда нелинейностей возникали автоколебания дросселя в магистрали компонента. Это опасное явление было устранено после моделирования системы с ЖРД в замкнутом контуре. Впоследствии это явление было исследовано детально теоретически. Здесь также умение аппроксимировать сложные уравнения двигателя существенно сократили достижение желаемого результата –



нахождение способов борьбы с автоколебаниями дросселя. Руководил этими работами Б.Н. Петров.

В 1954 г. Правительством был выпущен ряд постановлений в обеспечение создания межконтинентальной ракеты.

Было поручено создать бесплавковые бортовые измерители уровня компонентов высокой точности. К работе были привлечены НИИ-88, Акустический институт АН СССР (АКИН) и ИАТ. Научным руководителем был Б.Н. Петров. Он организовал широкий поиск принципиальных решений этой сложной задачи. После рассмотрения предложений АКИН по ультразвуковым датчикам, ознакомления с радиоизотопным датчиком НИИТеплоприбора, эндовибраторным датчиком ИАТ было принято решение о построении опытных образцов для ракеты-лаборатории М5-РД емкостного дискретного датчика с мостовой схемой включения. В ИАТ под руководством Б.Н. Петрова были выполнены поисковые работы по прототипу емкостной чувствительной точки, предусматривавшие исследование влияния отрицательной температуры на работу датчика и учет неопределенности распределения компонентов топлива в баках. Принятая к исполнению конструкция емкостного датчика для системы опорожнения баков ракеты М5-РД, (а затем – и Р-7) была разработана в НИИ-88 (ОКБ-1) под руководством академика Б.Е. Чертока. Академик Д.Е. Охоцимский (Отделение прикладной математики АН СССР) создал оригинальный гидромеханический фильтр для уменьшения влияния колебаний жидкости в полете на показания датчика.

Много усилий вложил Б.Н. Петров в создание прецизионного бортового датчика давления в камере сгорания ЖРД. В.П. Глушко наложил жесткие ограничения на погрешность регулирования давления в камере сгорания (КС) ЖРД  $\pm 1\%$ . Поэтому в системе регулирования давления в КС датчик должен был иметь погрешность не более  $\pm 0,4...0,5\%$ . В условиях работы непосредственно на ЖРД в режимах с широким спектром сильных вибраций и больших ускорений и в широком температурном диапазоне создание такого бортового датчика было неслыханной по трудности задачей. И только жесткая позиция Б.Н. Петрова дала возможность выбрать из числа конструкторских бюро МАП организацию, которая, после длительных «технических» препирательств, согласилась на эту работу. Датчик был создан в ОКБ Главного конструктора Р.Г. Чачкина для Р-7 и до сих пор работает удовлетворительно.

Надо сказать, что этот датчик помог разгадать природу продольных колебаний, так как разрешающая способность его выходного потенциомет-

ра была намного выше, чем у телеметрического датчика давления.

В коллективе Б.Н. Петрова были выполнены первые работы по поиску рациональных характеристик управляющих органов – дросселей системы опорожнения баков и регулирований соотношения компонентов в магистралях ЖРД.

Результаты были переданы в ОКБ С.П. Королева и В.П. Глушко, где и были созданы работоспособные конструкции.

В целом, Б.Н. Петров взял на себя ответственность за идеологию создания принципиально новых терминалных систем управления расходованием топлива ЖРД, которые существенно повышали энергетику ракеты из-за резкого сокращения гарантийных запасов топлива. Он был научным руководителем работ по таким системам для всех крупных жидкостных ракет, начиная с королевской Р-7 и для всех последующих крупных боевых ракет и ракет-носителей космических аппаратов.

Конструкция новых систем была поручена ОКБ-12 МАП, где под руководством Главного конструктора А.С. Абрамова были созданы опытные и головные образцы систем.

В 1952–1954 гг. под руководством Б.Н. Петрова были выполнены исследования и получены первые конструктивные результаты по (новой по тем временам) системе стабилизации углового положения ракеты Р-7 с помощью рассогласования тяг ЖРД боковых блоков. Идея такого типа управления ракетой была высказана академиком В.П. Мишиным.

Важным направлением работ Б.Н. Петрова, начиная с 1956 г., была разработка теории и систем управления искусственными спутниками земли (ИСЗ).

По инициативе и под руководством Д.Е. Охоцимского в нашей стране в те годы начали создаваться гравитационные системы ориентации ИСЗ. Это пассивные системы, не требующие для создания восстанавливающих моментов расхода какого-либо вида энергии. Однако при отделении спутника от ракеты-носителя возникали значительные возмущения и требовалось разработать простую и экономичную систему предварительного успокоения.

В Институте проблем управления под руководством Б.Н. Петрова была разработана структура и теория оригинальной релейной системы предварительного успокоения, в которой высокая экономичность достигалась путем введения специальной связи, компенсирующей петлю гистерезиса релейной характеристики, и выбором соответствующего соотношения ограничений выходных величин датчиков угловой скорости и углового по-



ложении ИСЗ. В связи с влиянием изгибных колебаний штанги гравитационного стабилизатора на динамику системы и расход потребляемой энергии была поставлена и решена задача коррекции закона управления.

Дальнейшее развитие этого направления связано с разработкой теории и систем управления деформируемых космических аппаратов (ДКА). К последним относятся ИСЗ с присоединенными гибкими элементами (панели солнечных батарей большой площади, выносные радиоантенны). Эта проблема возникла в начале 1960-х гг., когда американский спутник «Эксплоуэр-1» из-за рассеяния энергии закрутки, вызванной упругостью четырех штыревых антенн, после вывода на орбиту достаточно быстро потерял устойчивость. С тех пор к этой проблеме привлечено пристальное внимание ученых и инженеров во многих странах мира, где разрабатываются подобные ИСЗ. В Институте проблем управления работы в этой области велись совместно с Научно-производственным объединением прикладной механики (Главный конструктор академик М.Ф.Решетнев) в связи с разработкой спутников на геосинхронной орбите и систем ориентации для них.

Нежесткость конструкции ДКА порождает новые проблемы в управлении, которые тем значительнее, чем ниже степень конструктивной жесткости и чем выше интенсивность управляющих воздействий. Особенно опасно взаимодействие регулятора с упругими колебаниями ДКА в случае релейного управления, когда периодически повторяющиеся «ударные» нагрузки управляющего воздействия могут привести к неконтролируемому нарастанию амплитуды упругих колебаний до критического значения, при котором происходят «захват регулятора» и последующая потеря устойчивости движения ДКА. Режимы с релейным управлением занимают значительные отрезки времени полета практически во всех типах ДКА с длительным сроком активной жизни (разгрузка гиродинов, стабилизация углового положения при коррекции орбиты и др.)

Б.Н. Петровым и его учениками была предложена модально-физическая форма математической модели ДКА. Этот тип модели отличается от модальной тем, что здесь все координаты и коэффициенты имеют четкий физический смысл. В связи с этим данная форма модели наиболее удобна для исследования динамики ДКА как объекта управления, позволяет строить «портрет» динамики объекта и наиболее просто формировать процедуру идентификации параметров и синтез управления.

Предложен также метод анализа релейной системы ориентации одномодального ДКА – метод

фазовой биплоскости, позволивший понять роль фазовых соотношений во взаимодействии управления с изгибными колебаниями конструкции ДКА и механизм потери устойчивости движения, вызываемой этими колебаниями, определить критическое значение амплитуды моды, при котором происходит захват регулятора изгибными колебаниями, получить закон распределения случайных значений фазы упругой моды и предложить два типа (амплитудный и фазовый) алгоритмов демпфирования упругих колебаний.

Результаты, полученные под руководством Б.Н. Петрова и при его участии, нашли применение при проектировании и создании систем управления спутников связи на геосинхронной орбите серии «Радуга», серии «Горизонт» и спутников непосредственного телевещания серии «Экран».

Существенный научный вклад внес Б.Н. Петров в создание многоместных пилотируемых кораблей-спутников, автоматических станций, запускаемых к Луне, систем мягкой посадки автоматических аппаратов на Луну.

Нельзя не упомянуть о международном проекте «Союз–Аполлон» (СССР – США). Над подготовкой полета по этому проекту в течение более пяти лет работали большие коллективы советских и американских ученых, инженеров, конструкторов в различных областях. Координацию работ советских коллективов осуществлял Совет «Интеркосмос», и Б.Н. Петров, являясь председателем Совета, внес большой личный вклад в решение многочисленных организационных, научных и технических проблем.

Б.Н. Петров всю свою творческую жизнь работал в тесном контакте с ведущими деятелями нашей ракетно-космической науки и техники – С.П. Королевым, В.П. Глушко, М.К. Янгелем, В.Н. Челомеем, В.Ф. Уткиным, М.Ф. Решетневым, В.П. Мишиным, Н.А. Пилюгиным и другими первопроходцами нашего ракетостроения и космонавтики. Он по праву вошел в состав когорты основоположников отечественной космонавтики. Он участвовал в большинстве пусков в Капустином Яре и Байконуре в период становления и первых работ С.П. Королева по освоению космического пространства. Неоднократно участвовал в работе государственной комиссии по пускам. Многолетний творческий контакт связывал Бориса Николаевича с М.В. Келдышем. Б.Н. Петров участвовал в разработке и обсуждении космических программ нашей страны. В период разработки отечественной многоразовой космической системы Б.Н. Петров активно участвовал в формировании облика корабля «Буран».



Академик Б.Н. Петров вел колоссальный объем научно-организационной и педагогической работы. Им написано около 200 публицистических и научно-популярных статей по крупным научным проблемам, связанным с развитием автоматики, вычислительной техники, автоматизации эксперимента, программного управления космическими исследованиями. Он поддерживал все новое и перспективное в науке, не раз отмечал важность развития математической или абстрактной теории систем, которая, как он выражался, раздвигает горизонты науки об управлении.

В 1953 г. Б.Н. Петров был избран членом-корреспондентом АН СССР, в 1960 г. — академиком.

Борис Николаевич был не только крупным ученым, но и выдающимся организатором науки. С 1963 г. он бессменно был академиком-секретарем Отделения механики и процессов управления АН СССР, а в 1979 г. его избрали вице-президентом Академии наук СССР.

Борис Николаевич был талантливым педагогом. Свою педагогическую деятельность, как уже упоминалось ранее, он начал в Московском авиационном институте в 1944 г. на кафедре «Автоматическое управление и стабилизация самолетов». С 1950 г. и до последних дней своей жизни он возглавлял эту кафедру, преобразованную позднее в кафедру «Системы автоматического управления летательными аппаратами». Лекции Бориса Николаевича всегда пользовались успехом у студентов. Благодаря его постоянной и кропотливой работе на кафедре сложился высококвалифицированный научно-педагогический коллектив, ее учебный план стал образцом для многих вузов страны.

Под руководством Б.Н. Петрова выросли крупные коллектизы специалистов. Созданная им большая научная школа успешно развивает актуальные проблемы современной теории управления. Многие его ученики защитили диссертации, стали известными учеными и инженерами, возглавляют кафедры, различные научные и промышленные организации.

Советское правительство высоко оценило заслуги Бориса Николаевича Петрова. Ему было присвоено звание Героя Социалистического Труда, он был награжден пятью орденами Ленина, орденами Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени, Красной Звезды, удостоен Ленинской премии и Государственных премий СССР.

Его деятельность нашла широкое международное признание. Он был действительным членом

Международной Академии астронавтики, иностранным членом Чехословацкой, Венгерской, Болгарской и Польской академий наук, был удостоен ряда иностранных орденов, золотой медали Национального центра космических исследований Франции.

Заканчивая рассказ о жизни и деятельности Б.Н. Петрова, хотелось бы сказать следующее. Борис Николаевич любили его ученики, его коллеги, его старшие товарищи, его учителя. С большой теплотой относились к нему Виктор Сергеевич Кулебакин и Николай Николаевич Лузин, в домах которых Петров и члены его семьи были всегда желанными гостями. Сохранилось письмо Н.Н. Лузина от 23 августа 1949 г., в котором он писал Борису Николаевичу: «Не получая от Вас столь долгое время известий, я уже начал думать, что административная жизнь (Борис Николаевич Петров возглавлял в то время коллектив Института автоматики и телемеханики) отнесла Вас от научного углубления, и искренне пожалел Вас, ибо администрирование сушит людей и старит их не по годам, тогда как научное и художественное творчество молодит. А ведь Вы — молоды!» Н.Н. Лузин, учитель Бориса Николаевича, боялся, что его любимый, талантливый ученик отойдет от большой науки, и это его очень волновало. Но его опасения были напрасными. Борис Николаевич был и крупным организатором науки, и выдающимся исследователем, и «административная жизнь» отнюдь не отвлекла его от «научного углубления».

Все, чего достиг Борис Николаевич, он достиг благодаря большому труду. Борис Николаевич работал очень много, любил работать, получал удовольствие от работы. Он был всесторонне образованным человеком. Прекрасно знал художественную литературу, искусство. В часы отдыха любил рисовать, и для художника-любителя его картины были великолепны.

Прекрасный семьянин, Борис Николаевич с большой нежностью относился к своей жене Ирине Анатольевне — верному его другу и спутнику жизни.

Безвременная смерть унесла его, полного творческих сил. Он умер 23 августа 1980 г. Имя Бориса Николаевича Петрова навсегда останется в анналах отечественной науки об управлении и космонавтике.

Ю.П. Портнов-Соколов,  
В.Ю. Рутковский.



## Конференция по теории управления, посвященная памяти академика Б.Н. Петрова

11 марта 2003 года в Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН состоялась конференция по теории управления, посвященная памяти академика Бориса Николаевича Петрова, которому в этот день исполнилось бы 90 лет.

На утреннем заседании были заслушаны два доклада: *Ю.П. Портнова-Соколова* и *В.Ю. Рутковского* «Жизнь и деятельность академика Б.Н. Петрова»; *Н.А. Анфимова* «Академик Б.Н. Петров и ракетно-космическая техника». С воспоминаниями о Б.Н. Петрове выступил академик *К.В. Фролов*. Затем был показан 20-минутный фильм «Академик Б.Н. Петров».

Во второй половине дня работали 4 секции. На первых двух секциях в докладах рассматривались новые задачи теории автоматического управления, доклады третьей секции были посвящены управлению космическими аппаратами, доклады четвертой секции — задачам управления летательными аппаратами различного назначения и объектами некоторых других типов. Всего было представлено 50 докладов.

В докладе *Ю.П. Портнова-Соколова* и *Рутковского* *В.Ю.* были приведены краткая биография вице-президента АН СССР, Героя Социалистического Труда, лауреата Ленинской и Государственных премий СССР, академика Б.Н. Петрова, основные направления его теоретических работ и полученные им с его учениками и коллегами результаты. Было отмечено, что важнейшее место в деятельности Б.Н. Петрова заняли задачи теории управления космическими аппаратами, ракетами и самолетами.

Б.Н. Петров начал работать с С.П. Королевым в 1950 гг., взял на себя ответственность за идеологию создания терминалных систем управления расходованием топлива жидкостных реактивных двигателей (ЖРД), адаптивных систем управления для некоторых классов ракет Главного конструктора И.С. Селезнева.

Существенный научный вклад Б.Н. Петров внес в теорию систем управления деформируемыми космическими аппаратами, в создание многоместных пилотируемых кораблей-спутников, автоматических станций, запускаемых к Луне, систем мягкой посадки автоматических аппаратов на Луну.

Б.Н. Петров всю свою творческую жизнь работал в тесном контакте с С.П. Королевым, М.В. Келдышем, В.П. Глушко и другими первоходцами нашего ракетостроения и космонавтики и по праву вошел в когорту основоположников отечественной космонавтики.

В докладе академика *Н.А. Анфимова* отмечена выдающаяся роль Б.Н. Петрова в создание систем управления тягой ЖРД и синхронизации опорожнения баков ракет сложной архитектуры, начиная с королевской Р-7 и всех последующих крупных жидкостных ракет разработки Главных конструкторов С.П. Королева, М.К. Янгеля, В.Н. Челомея, В.Ф. Уткина. Были приведены иллюстрации всех этих ракет. Автор остановился на работах Б.Н. Петрова по системам управления спутников связи на геостационарной орбите серии «Радуга», серии «Горизонт» и спутников непосредственного телевещания серии «Экран». Отметил большую роль Б.Н. Петрова в создании пилотируемых кораблей-спутников и других объектов космической техники.

Много внимания в докладе было уделено деятельности Б.Н. Петрова в связи с выполнением работ по международному проекту «Союз — Аполлон» (СССР — США). Были продемонстрированы редкие фотографии, иллюстрирующие многогранную деятельность Б.Н. Петрова в течение всего периода выполнения этого проекта и подготовки к стыковке на орбите советского и американского пилотируемых космических аппаратов. *Н.А. Анфимов* отметил, что за развитие космической науки и техники Б.Н. Петров был удостоен Ленинской премии.

В кратком выступлении академик *К.В. Фролов* вспоминал, что Б.Н. Петров поехал в больницу (он должен был проходить плановую диспансеризацию) непосредственно после посещения Института машиноведения АН СССР и беседы с ним. *К.В. Фролов* отметил широту взглядов Б.Н. Петрова, его способность быстро оценивать новое в науке, его необыкновенную доброжелательность и стремление помогать людям в самых различных ситуациях.

В кинофильме с воспоминаниями о Б.Н. Петрове выступили Президент АН СССР А.П. Александров, вице-президент АН СССР В.А. Котельников, космонавт Г.Т. Береговой, Главный конструктор А.А. Туполев и ученица Б.Н. Петрова д-р техн. наук, профессор И.Н. Крутова.

В секционных докладах на первых двух секциях были рассмотрены задачи стохастического подхода к робастной теории управления (*И.Г. Владимиров*, *А.П. Курдюков*, *А.В. Семенов*), вопрос о связи свойства адаптируемости нелинейных систем со свойством двукратной инвариантности (*И.Б. Ядыкин*), задачи о технической управляемости и декомпозиции математической модели движения многосвязных нелинейных нестационарных объектов (*В.Ю. Рутковский*, *С.Д. Земляков*), об услов-



виях неустойчивости неавтономных динамических систем (*В.П. Жуков*).

В докладе *Б.Г. Ильясова и др.* приведена методика анализа нечетких систем управления методом гармонической линеаризации. *Р.М. Юсупов и Б.В. Соколов* представили результаты по теории управления структурной динамикой сложной организационно-технической системы. Устойчивость, робастность и нежесткость многомерных систем рассматривались в докладе *С.А. Дубовика*.

Развитию частотных методов в теории многосвязных систем был посвящен доклад *Б.Г. Ильясова, Е.В. Денисовой, Г.А. Саитовой*. Доклад «Моделирование и проектирование интеллектуальных робастных систем управления с использованием квантовых и мягких вычислений: с 1965 года вместе с нашим учителем Б.Н. Петровым», подготовленный восемью авторами, прочитал *С.В. Ульянов*.

В третьей секции обсуждалась методика построения и обработки цифровых алгоритмов работы бортовых систем управления надувом топливных баков жидкостных ракет (*В.А. Гордеев и др.*), были доложены результаты работ по радиочастотным датчикам для систем измерения запасов топлива на борту космической станции (*Б.В. Лункин и В.Я. Фатеев*), по принципам построения систем идентификации положения топлива в баке и измерения сплошности топлива в трубопроводе для разгонного блока космических аппаратов (*Б.В. Лункин, В.И. Мишенин*), по критериям выбора проектного облика перспективных средств гарантированного выведения на орбиту (*А.Я. Андрценко, Ю.П. Портнов-Соколов*), по состоянию проблемы оценивания и идентификации координат и параметров деформируемых космических аппаратов (*В.М. Суханов и др.*), по адаптивной системе управления с нечеткой логикой для деформируемых космических аппаратов (*И.Н. Крутова, В.М. Глумов*). Большой интерес вызвал доклад *С.И. Рыбникова*, в котором рассматривались взаимосвязанные проблемы техногенной возмущаемости, частичной управляемости крупных участков геофизической системы и частичного управления процессами в них с целью повышения экологической безопасности населения и инфраструктуры регионов.

На заседании четвертой секции обсуждались вопросы формирования системы улучшения устойчивости и управляемости самолета с упругим стреловидным крылом (*Б.В. Викторов, В.Д. Елисеев*), управления полетом летательных аппаратов широкого класса на основе энергетического подхода (*Б.В. Павлов, Г.Н. Начинкина, А.М. Шевченко*), рассматривалась система управления интерцепторами, обеспечивающая улучшение ходовых, маневренных, мореходных характеристик быстроходных судов (*А.А. Баганин, В.И. Бочагов, В.П. Сидоров*). Здесь также были представлены доклады по управлению процессами в ряде объектов, не связанных с летательными аппаратами. Так, в докладе *Э.М. Солнечного* изучалась устойчивость системы теплопроводности по отношению к граничным воздействиям и причинность замкнутой системы управления этим объектом, в докладе *В.М. Шеленкова и А.А. Шульги* рассматривалась интегрированная среда разработчика устройств систем автоматического управления объектами общего типа. Задача компенсации нелинейности характеристики системы управления антенны радиотелескопа для наблюдения квазаров была представлена в докладе *И.Г. Рубина*. Принципы построения инвариантных измерительных устройств с применением датчиков с управляемой функцией преобразования обсуждались в докладе *В.А. Викторова и А.С. Совлукова*.

На секционных заседаниях были заслушаны многие другие интересные доклады.

В целом конференция прошла весьма успешно. Секционные доклады, многие авторы которых являются учениками Б.Н. Петрова, отличались высоким уровнем теоретических исследований и практической направленностью рассматриваемых задач.

*В.Ю. Рутковский*

## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

Статья представляется в редакцию на бумаге в 2-х экземплярах, с аннотацией и направлением организации, а также обязательно в электронном виде на диске 3,5 дюйма или по электронной почте (не более 2 Мбайт). Аннотация, название статьи и фамилии авторов должны быть представлены также на английском языке. Объем оригинальной статьи не должен превышать 10, обзорной – 18 стр. текста. Текст печатается через 2 интервала с одной стороны бумаги формата А4, страницы нумеруются. В электронной форме текст должен быть в редакторе Word97 (не ниже) шрифтом №12 Times New Roman; текст не форматируется, т. е. не имеет табуляции, колонок и т. д. Рисунки должны иметь расширение, совместимое с Word97, или в формате CorelDraw: шрифты представляются отдельно или переводятся в кривые; фотографии должны быть предельно четкими, черно-белыми, на глянцевой бумаге или в формате TIFF с разрешением 300 дпі. Толщина линии рисунков, представляемых в электронной форме – не менее 3 пикселей.

Все буквенные обозначения, приведенные на рисунках, необходимо пояснить в основном или подрисуночном текстах (недопустимы повторные обозначения – в подрисуночных подписях и в тексте). Нумеровать следует только формулы и уравнения, на которые есть ссылка в последующем изложении. Список литературы (только органически связанной со статьей) составляется в порядке цитирования и дается в конце статьи. Ссылки на литературу в тексте отмечаются порядковыми номерами в квадратных скобках.

В конце статьи следует указать полностью имя, отчество и фамилию автора, ученыe степени и звания, должность, место работы, контактный телефон, электронные адреса.

*Адрес редакции: 117997, ГСП-7, Москва, Профсоюзная ул., д. 65, ИПУ РАН, офис 104.  
Тел./факс: (095) 330-42-66. Тел.: 334-90-20, 334-92-00. E-mail: datchik@ipu.rssi.ru*