СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методологические проблемы

Ежегодник

1983

ЕЖЕГОДНИК
1983

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

•

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД
В ИССЛЕДОВАНИИ
СОЦИАЛЬНЫХ ЯВЛЕНИЙ

•

МЕТОДОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ
СИСТЕМ

•

ПРИЛОЖЕНИЕ СИСТЕМНЫХ МЕТОДОВ
К АНАЛИЗУ
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ЗНАНИЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУКА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Всесоюзный научно-исследовательский институт
системных исследований

СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методологические проблемы

Ежегодник
1983

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
МОСКВА 1983

USSR STATE COMMITTEE
FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY

USSR ACADEMY OF SCIENCES

Institute for System Studies

SYSTEMS RESEARCH

Methodological Problems

Yearbook
1983

PUBLISHING HOUSE «NAUKA»
MOSCOW 1983

В очередном ежегоднике рассматриваются проблемы общей методологии системных исследований, дается анализ сложных социально-экономических систем, методов и подходов системного исследования естественнонаучного знания. Значительное внимание уделено разработке конкретных математических методов моделирования систем.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Д. М. ГВИШИАНИ (главный редактор),
В. Н. САДОВСКИЙ (зам. главного редактора),
В. Л. АРЛАЗАРОВ, Б. В. БИРЮКОВ, И. В. БЛАУБЕРГ,
В. И. ДАНИЛОВ-ДАНИЛЬЯН, В. П. ЗИНЧЕНКО, О. А. КОССОВ,
Н. И. ЛАПИН, О. И. ЛАРИЧЕВ, В. А. ЛЕКТОРСКИЙ,
А. А. МАЛИНОВСКИЙ, Э. С. МАРКАРЯН, Б. З. МИЛЬНЕР,
Э. М. МИРСКИЙ, Э. Л. НАППЕЛЬБАУМ, И. Б. НОВИК, Д. А. ПОСПЕЛОВ,
А. И. УЕМОВ, К. М. ХАЙЛОВ, Б. Г. ЮДИН

С $\frac{0302020100-385}{042\ (02)-83}$ 13—1983—IV

© Издательство «Наука», 1983 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Пятнадцатый выпуск ежегодника «Системные исследования. Методологические проблемы» публикуется в год юбилея Карла Маркса — 165-летия со дня его рождения и 100-летия со дня смерти. Марксизм дал общефилософское обоснование системных исследований и поэтому вполне естественно, что настоящий выпуск открывается публикацией материалов, освещающих определенные аспекты диалектико-материалистической интерпретации системных исследований. В статье академика Д. М. Гвишиани показано значение учения К. Маркса для разработки методологических проблем исследования систем. Н. И. Лапин посвящает свою статью историческому анализу развития марксизма как целостного учения. В других материалах ежегодника обсуждаются методологические проблемы, возникающие на всех уровнях системных исследований. Авторы стараются фиксировать наиболее перспективные точки роста системного движения.

Работы советских ученых, публикуемые в настоящем выпуске ежегодника, направлены на реализацию решений, принятых XXVI съездом КПСС, ноябрьским (1982 г.) и июньским (1983 г.) Пленумами ЦК КПСС по ускорению научно-технического прогресса, концентрации научных сил для эффективной разработки актуальных народнохозяйственных проблем.

В разделе, посвященном анализу общеметодологических проблем системного исследования, значительно большее внимание по сравнению с предшествующими выпусками уделено раскрытию взаимоотношения системных идей и математики. Функции, выполняемые системным подходом и математикой в научном познании, имеют много общего: средства, выработанные внутри этих областей исследования, используются в самых разных сферах научной деятельности. Поэтому вопрос об их соотношении и взаимодействии имеет важное теоретическое и практическое значение.

Решение важнейших народнохозяйственных задач невозможно без дальнейшего совершенствования системы планирования и управления, без усиления действенности хозяйственного механизма. Во втором разделе ежегодника, посвященном исследованию социальных явлений на основе принципов системного подхода, помещен ряд статей, предметом

анализа которых являются различные социально-экономические структуры. В других материалах этого же раздела рассматриваются организационные и поведенческие аспекты социальных систем.

Одной из центральных задач системного исследования является разработка методов моделирования систем. Методологическим проблемам этой сферы системной деятельности посвящен специальный раздел настоящего выпуска ежегодника. В нем затрагиваются вопросы, связанные со становлением нового научно-технического направления,— исследований в области искусственного интеллекта; предлагается новый подход к изучению систем, совмещающий два до сих пор разобщенных способа их представления: в виде объектов анализа и конструирования и как инструментов для решения задач, а также обсуждаются проблемы имитационного моделирования.

В заключительном разделе ежегодника излагаются результаты методологического анализа общих структур научно-технического знания и дается описание методологического среза конкретной научно-технической дисциплины — физики горных пород.

Редколлегия надеется, что материалы настоящего выпуска ежегодника помогут составить представление о некоторых существенных аспектах современного состояния системных исследований.

Научно-организационная и техническая работа по подготовке настоящего издания выполнена сотрудниками ВНИИСИ Г. А. Смирновым, И. А. Пащенко, Ю. Г. Климовой, О. В. Хмелевской и Н. С. Красновой.

К. МАРКС И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ*

Д. М. ГВИШИАНИ

Все прогрессивное человечество отмечает 1983 г. как год Карла Маркса: в этом году 5 мая исполнилось 165 лет со дня рождения, а 14 марта — 100 лет со дня смерти основоположника научного мировоззрения. Он прожил неполных 65 лет, но имя и дело его живут и переживут века.

Это был поистине гениальный человек, талант которого блистал многими гранями. На поприще общественно-политической деятельности он вступил в 23 года и сразу приковал к себе внимание современников. Один из его старших коллег, Моисей Гесс, писал своему другу Ауэрбаху: «Глубочайшая философская серьезность сочетается в нем с тончайшим остроумием; вообрази себе Руссо, Вольтера, Гольбаха, Лессинга, Гейне и Гегеля соединенными в одном лице,— я говорю соединенными, а не смешанными,— это и будет доктор Маркс» [1].

В 25 лет Маркс сформулировал исходные для марксизма положения об исторической миссии пролетариата; в 26 лет он создал знаменитые «Экономическо-философские рукописи»; в 27 лет совершил первое свое великое открытие, предложив принципы материалистического понимания истории; в 30 лет Маркс вместе с Энгельсом написал «Манифест Коммунистической партии», ставший знаменем борьбы всех последующих поколений коммунистов; Марксу было около 40 лет, когда он совершил второе свое великое открытие, проникнув в тайну происхождения прибавочной стоимости;

* Вступительное слово на заседании Ученого совета Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР, посвященном 165-летию со дня рождения и 100-летию со дня смерти К. Маркса (май 1983 г.).

[1] *Marx K., Engels F.* Gesamtausgabe. B., 1929. Erste Abteilung, Bd. 1, Halbband 2, S. 261.

первый том «Капитала» увидел свет, когда его автору еще не было и 50 лет.

Теоретические открытия Маркса были результатом напряженнейшей работы, на пределе творческих сил и всей жизненной энергии организма. Это и результат высочайшей взыскательности к научной работе; достаточно напомнить, что публикации первого тома «Капитала» предшествовали три черновых рукописи объемом свыше 100 печатных листов каждая.

Для тех, кто работает в области системных исследований, имеет особое значение тот факт, что именно Карл Маркс является основоположником системного исследования общества и процессов его развития. С появлением «Капитала» материалистическое понимание истории превратилось из гипотезы в научно доказанное положение. Используя современный язык, можно сказать, что это превращение гипотезы в научную теорию общественного развития в значительной мере было обусловлено тем, что Маркс сумел дать системное изображение буржуазной общественно-экономической формации, выделив производственные отношения в качестве системообразующих связей. В теории марксизма общественно-экономическая формация предстает не только как функционирующая (т. е. воспроизводящая свою целостность), но и как развивающаяся, проходящая стадии коренных структурных изменений. «Капитал» является своего рода исчерпывающим описанием механизма «жизни» — функционирования и развития — определенной общественно-экономической формации. «Маркс,— писал В. И. Ленин,— положил конец воззрению на общество, как на механический агрегат индивидов... возникающий и изменяющийся случайно, и впервые поставил социологию на научную почву, установив понятие общественно-экономической формации, как совокупности данных производственных отношений, установив, что развитие таких формаций есть естественноисторический процесс» [2].

Несомненно, перед нами также стоит задача раскрытия механизма «жизни» развитого социалистического общества, совершенствование которого будет осуществляться в последние десятилетия XX в. На пути решения этой задачи теоретиками-марксистами достигнуты определенные успехи, однако пока нельзя сказать, что она решена с той же степенью теоретической точности и полноты, как это сделано в «Капитале» применительно к капитализму. И в этом отношении

[2] *Ленин В. И.* Полн. собр. соч., т. 1, с. 139.

марксовы принципы системного исследования общества сохраняют для нас непреходящую ценность.

К. Маркс не только дал замечательный образец успешного анализа сложной социально-экономической системы, но и создал специальные методологические средства такого анализа. Здесь следует отметить глубокую и последовательную разработку философского принципа системности (т. е. внутренней упорядоченности, целостности, организованности объективного мира и процесса его познания), принципа восхождения от абстрактного к конкретному с использованием представлений о товаре как «клеточке» капиталистического способа производства, внутри которой заключены существенные характеристики определенных форм взаимодействия человека с природой и связанных с ними форм общения самих людей. Маркс также широко опирался на разработку проблемы целостности, на структурные и функциональные представления исследуемой реальности, на их синтез с представлениями генетическими, исследовал различные типы связей и их взаимодействие. Все это позволяет назвать Маркса не только основоположником системного изучения общества в целом и различных сфер общественной жизни, но и пионером подлинно научной методологии системного исследования.

Деятельность Маркса представляет собой величайший образец соединения теории с практикой. У истоков марксизма, в «Тезисах о Фейербахе», он начертал знаменитый одиннадцатый тезис: «Философы лишь различным образом *объясняли* мир, но дело заключается в том, чтобы *изменить* его» [3]. И это был для Маркса не просто тезис, а основной принцип всей его деятельности. Как говорил Энгельс на похоронах своего великого друга, «наука была для Маркса исторически движущей, революционной силой. Какую бы живую радость ни доставляло ему каждое новое открытие в любой теоретической науке, практическое применение которого подчас нельзя было даже и предвидеть,— его радость была совсем иной, когда дело шло об открытии, немедленно оказывающем революционное воздействие на промышленность, на историческое развитие вообще» [4].

Задача укрепления связей между наукой и практикой, быстрой и масштабной реализации научных достижений, в том числе и в области общественных наук, в практике нашего народного хозяйства становится все более насущной.

---

[3] *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч. 2-е изд., т. 3, с. 4.
[4] Там же, т. 19, с. 351.

В статье «Учение Карла Маркса и некоторые вопросы социалистического строительства в СССР» Генеральный секретарь ЦК КПСС Ю. В. Андропов с полным основанием подчеркнул: «Можно снова и снова повторять основополагающую идею Маркса о том, что для ускорения прогресса производительных сил нужны соответствующие формы организации экономической жизни, но дело не сдвинется с места, пока эта теоретическая истина не будет переведена на конкретный язык практики. Во главу угла выдвигается сегодня задача продумать и последовательно осуществить меры, способные дать больший простор действию колоссальных созидательных сил, заложенных в нашей экономике. Эти меры должны быть тщательно подготовленными, реалистическими, а значит, при их разработке необходимо неуклонно исходить из законов развития экономической системы социализма. Объективный характер этих законов требует избавиться от всякого рода попыток управлять экономикой чуждыми ее природе методами. Нелишне здесь вспомнить предостережение Ленина об опасности, которая кроется в наивной вере иных работников, будто все свои задачи они могут решить «коммунистическим декретированием»» [5].

Эта установка партии означает дальнейшее возрастание роли науки (ее объективного анализа совершающихся процессов, ее беспристрастных выводов и конкретных рекомендаций) в совершенствовании организации и управления развитием народного хозяйства, в ускорении его перевода на путь интенсивного развития.

Здесь открывается широкое поле для развития и применения подходов и методов системных исследований. Это должно стать предметом повседневной деятельности всех научных подразделений Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований.

Во всей нашей научной деятельности мы еще точнее и глубже должны сверять свои подходы и методы с принципами и методологией, разработанными и блестяще примененными на практике Марксом, Энгельсом, Лениным. Принцип системности является одним из важнейших в марксистской теории и методологии, а глубокое овладение этой теорией и методологией как целостным учением — необходимая предпосылка для успешного развития методологии системных исследований и эффективного ее применения при решении практических задач, стоящих перед нашим обществом.

---

[5] *Андропов Ю. В.* Учение Карла Маркса и некоторые вопросы социалистического строительства в СССР.— Коммунист, 1983, № 3, с. 13.

ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ МАРКСИЗМА КАК ЦЕЛЬНОГО УЧЕНИЯ*

Н. И. ЛАПИН

Тема о Марксе и марксизме неисчерпаема, потому что сам марксизм есть многогранное и развивающееся целое. Это — единство философских, экономических и политических воззрений, поднятых гением Маркса и Энгельса на высшую ступень научной обоснованности. Это — единство революционной теории и революционной практики, которой эта теория сознательно служит и в которой она черпает источник своего развития.

В данной статье я сосредоточу внимание на двух проблемах, тесно связанных между собой и имеющих существенное значение для методологии системных исследований. Это, во-первых, проблема специфики марксизма как цельного учения, т. е. не просто как суммы его составных частей, а как их синтеза, взаимосвязанной целостности. Во-вторых, это проблема внутренней логики процесса формирования и развития марксизма как цельного учения.

ОСОБЕННОСТИ МАРКСИЗМА КАК ЦЕЛЬНОГО УЧЕНИЯ

Жизненность марксизма заключается в том, что он дает ответ на коренные вопросы, выдвигаемые историей человечества. Эти вопросы касаются: основных тенденций каждого данного этапа истории (что́ происходит?); ближайших и отдаленных перспектив развития (что́ будет?); форм и методов массовых действий для развития желательных и предотвращения или сдерживания нежелательных тенденций (что́ делать и ка́к делать?).

Способность марксизма давать ответы на такие вопросы доказана практикой почти полуторавековой его истории. В основе этой его способности лежит именно цельность его как научного мировоззрения, как многодисциплинарного учения. В статье «Три источника и три составных части марксизма», опубликованной к 30-летию со дня смерти основоположника научного мировоззрения, В. И. Ленин писал: «Учение Маркса всесильно, потому что оно верно.

* Статья написана на основе доклада на заседании Ученого совета ВНИИСИ, посвященного 165-летию со дня рождения и 100-летию со дня смерти Карла Маркса.

Оно полно и стройно, давая людям цельное миросозерцание, непримиримое ни с каким суеверием, ни с какой реакцией, ни с какой защитой буржуазного гнета» [2, т. 23, с. 43].

Марксизм есть учение об общих законах развития, познания и преобразования мира, в особенности о законах и формах перехода от капитализма к социализму (подробнее см. [3—5, 9]); он представляет собой органическое единство диалектического и исторического материализма, марксистской политической экономии и научного коммунизма. Благодаря такой целостности марксизм обладает несколькими уникальными в истории общественной мысли качествами:

— он опирается на классические достижения человеческой мысли не в какой-либо одной, а сразу в трех областях: философии, политической экономии, социализме;

— каждую из этих областей знания Маркс и Энгельс преобразовали и одновременно синтезировали в качественно новое целое, где каждая область имеет относительную самостоятельность лишь как часть целого, которая постоянно и органически взаимодействует с другими его частями, что придает целому не только многосторонность, но и динамизм;

— основная ориентация этого целого заключается не просто в познании свойств и законов объекта, а в его изменении на основе познания, причем в изменении, нацеленном на осуществление интересов рабочего класса, всех трудящихся;

— многодисциплинарность марксизма и его направленность на практическое изменение действительности обусловливают его способность к постоянному саморазвитию: взаимодействие его составных частей между собой и с множеством специальных наук не позволяет им замкнуться внутри себя, а взаимодействие с меняющейся действительностью побуждает отвечать на все новые и новые вопросы, выдвигаемые жизнью;

— методологическое ядро, живую душу марксизма как развивающегося целого составляет диалектика, или наиболее полное учение о взаимосвязях и развитии.

Эти особенности делают органичными для марксизма принцип системности, общенаучную методологию системного подхода. Наиболее отчетливо это проявляется на тех этапах, когда в центре внимания марксизма оказывается комплексный анализ той или иной общественной формации как целого — будь то анализ капитализма, достигшего зрелых форм и охваченного общим кризисом, или же анализ путей становления и совершенствования развитого социализма.

Сложность структуры и функций марксизма демонстрируется его историей как цельного учения. Эта история не линейное восхождение, а сложное движение со своими подъемами и проблемами, ускорениями и замедлениями, поисками магистрального пути развития. Вместе с тем в самой истории становления и развития марксизма воплощена определенная целостность. К марксизму и его истории вполне применим тот общеметодологический вывод, который сделан Марксом в «Экономических рукописях 1857—1859 годов»:

«Органическая система как совокупное целое имеет свои предпосылки, и ее развитие в направлении целостности состоит именно в том, чтобы подчинить себе все элементы общества или создать из него недостающие ей органы. Таким путем система в ходе исторического развития превращается в целостность. Становление системы такой целостностью образует момент ее, системы, процесса, ее развития» [1, т. 46, ч. I, с. 229].

ПРЕДПОСЫЛКИ И ПОТРЕБНОСТИ В ЦЕЛЬНОМ МИРОВОЗЗРЕНИИ

К 40-м годам XIX в. сложились двоякого рода предпосылки и потребности в цельном мировоззрении: объективные и субъективные. К объективным предпосылкам относилось прежде всего превращение капитализма в наиболее развитых странах Европы в органическую систему, антагонистические противоречия которой уже достигли высокой степени остроты. По мере развития этих противоречий назревала потребность в радикальном, всестороннем перевороте во всей совокупности общественных отношений, который должен был положить конец предыстории (когда господствовали различные формы частной собственности и угнетения, эксплуатации одних классов другими) и открыть эпоху подлинной истории человечества (когда господствует общественная собственность, составляющая главное условие свободного развития каждого человека). Одновременно зрела и материальная сила этого радикального переворота — пролетариат. В то время, однако, он еще не имел ни организации, ни правильного понимания сущности и объема тех исторических задач, которые ему предстояло решать. Выработать такое понимание и значило создать качественно новое мировоззрение.

Имелись и субъективные, теоретические предпосылки возникновения такого мировоззрения. Они заключались в том, что три основные области общественного знания (философия, политическая экономия, социализм) уже тогда достигли

классического для своего времени состояния, за которым началась их вульгаризация. Но каждая из этих областей знания развивалась весьма автономно, при слабом взаимодействии с другими областями. Следует также отметить, что философия достигла классического развития в Германии, политическая экономия — в Англии, утопический социализм — преимущественно во Франции. Назревала потребность в синтезе всех этих областей знания, но он был возможен не как синтез существующих знаний (такие попытки делались, но все они оказались малоэффективными), а лишь путем качественного преобразования каждой области. Иными словами, имелась потребность осуществить переворот во всех основных областях общественных наук и одновременно синтезировать все эти области в качественно новое целое.

Такая задача была под силу лишь всесторонне талантливым, поистине гениальным людям. Такими людьми и были Карл Маркс и Фридрих Энгельс. Марксизм есть творение двух гениев. И все же, как неоднократно подчеркивал сам Энгельс, роль Маркса в их творческом союзе была основной— совместно созданное ими учение по праву носит имя Маркса.

ДИАЛЕКТИКА СТАНОВЛЕНИЯ МАРКСИЗМА КАК ЦЕЛЬНОГО УЧЕНИЯ

Первый этап духовного развития Маркса (1837—1842 гг.) относится скорее к предыстории возникновения марксизма. Содержание этого этапа составляют первоначальные поиски концепции мира, а отличительная особенность этих поисков заключается в их многогранности и революционно-демократической направленности. Право и философия, логика и политика — вот лишь основные области интеллектуальных интересов юного Маркса в студенческие годы в Боннском, а затем в Берлинском университетах. В этой, как бы мы сказали теперь, многодисциплинарности есть внутренняя логика: от первоначального намерения выработать единый философский взгляд на право Маркс переходит к усвоению гегелевской философии в ее младогегельянской интерпретации, а на этой основе к исследованию взаимоотношения между философией и действительностью, к революционному демократизму.

В докторской диссертации, посвященной, казалось бы, сугубо академической теме — «Различие между натурфилософией Демокрита и натурфилософией Эпикура», Маркс выясняет двойственность отношения философии к действительности. Активно воздействуя на мир, философия изменяет

ого согласно своим принципам. Но при этом философия сама испытывает воздействие мира, «обмирщается». Эта двойственность выражается в расколе носителей философского сознания на два направления: позитивное направление акцентирует на сущем, а либеральное — на принципах философии.

Сам Маркс был на радикальном фланге последователей Гегеля. Его вниманием все более завладевала проблема соотношения между частными и общими интересами. Анализ этой проблемы и привел Маркса к материализму и коммунизму.

Конкретный механизм этого перехода заключался во взаимодействии философских, политических, исторических и правовых воззрений Маркса. Став редактором «Рейнской газеты», Маркс публично заявил, что выступает «в интересах бедной, политически и социально обездоленной массы» [1, т. 1, с. 125]. Эта позиция побуждала его перевести абстрактный вопрос о соотношении частных и общих интересов в более конкретную плоскость и выяснить фактическое соотношение между частной собственностью и государством, призванным, по Гегелю, выражать общие интересы общества. Анализ дебатов Рейнского ландтага по поводу закона о краже леса убедил Маркса, что на практике интерес частной собственности подчиняет себе все сферы общественной жизни: государство, право, мораль и саму логику мышления. Вместо того чтобы государство подчиняло частный интерес разумным интересам общества, «все делается навыворот»: «частный интерес стремится низвести и низводит государство до роли средства частного интереса» [1, т. 1, с. 137—138].

Этот вывод нуждался в более детальном анализе и обосновании. Объектом такого анализа стало бедственное положение виноделов Мозельского края. В начале 1843 г. Маркс провел, по сути дела, конкретное социологическое исследование положения мозельских виноделов. На основе многочисленных официальных и личных документов, а также опросов значительного числа крестьян и чиновников он получил обширные эмпирические данные. Анализ этих данных привел его к трем основным выводам:

— существуют объективные по своей природе «*отношения*, которые определяют действия как частных лиц, так и отдельных представителей власти и которые столь же независимы от них, как способ дыхания» [1, т. 1, с. 192];

— «*бедственное положение примозельского* края является одновременно и *бедственным положением управления*» [1, т. 1, с. 205];

— следовательно, необходима борьба не с отдельными нерадивыми чиновниками, а со всей системой управления, более того, со всей системой общественных отношений, существующих в Германии.

Эти выводы были радикальными не только в политическом, но и в теоретическом отношении. Они свидетельствовали о начале перехода Маркса к материализму. Марксом овладевают сомнения в истинности гегелевского учения о государстве. Запрещение «Рейнской газеты» предоставило ему время для детальной критики этого учения.

В рукописи «К критике гегелевской философии права» (весна и лето 1843 г.) запечатлен сознательный переход Маркса на позиции материализма. Прежде всего Маркс убедился, что «Гегель всюду делает идею субъектом, а действительного субъекта... превращает в предикат» [1, т. 1, с. 228]. По Гегелю, семья и гражданское общество суть лишь конечные сферы, на которые делит себя дух, воплощающийся в государстве, а в действительности это реальные субъекты, создающие государство.

Не ограничиваясь чисто теоретическим анализом, Маркс изучает историю соотношения гражданского общества и государства от античности до Великой французской революции. Этот анализ подтверждает теоретический вывод: определяющим является не государство, а гражданское общество, точнее, частная собственность; именно отношения частной собственности порождают такое государство, которое отчуждено от народа. Французская революция не устранила, а завершила это отчуждение. Чтобы действительно устранить его, необходимо ликвидировать частную собственность.

Где та социальная сила, которая способна совершить этот исторический акт? Ответ на этот фундаментальный вопрос Маркс находит на рубеже 1843—1844 гг.: такой силой призван стать пролетариат, т. е. класс, лишенный частной собственности: «Требуя *отрицания частной собственности* пролетариат лишь возводит в *принцип общества* то, что́ общество возвело в *его* принцип» [1, т. 1, с. 428].

Так завершился переход Маркса к материализму и коммунизму. Из критического взаимодействия философских, исторических, правовых, политических воззрений и практической борьбы за интересы трудящихся родилась принципиально новая идея — идея исторической миссии пролетариата как единственного в истории класса, который борется не за установление собственного господства как новой формы гнета, а за ликвидацию всякого угнетения и господ-

ства. Это был именно вывод из истории и теории, а не некий новый догмат. По оценке Ленина, этот вывод — главное в марксизме. С его появлением можно говорить о начале существования марксизма.

Однако этому началу еще недоставало экономической обоснованности. Понимание определяющей роли гражданского общества, изучение «Набросков к критике политической экономии» Энгельса приводят Маркса к выводу, что именно в области политической экономики кроются коренные проблемы человеческих отношений. В 1844 г. Маркс штудирует основные труды классиков буржуазной экономической науки и их последователей, подвергая их критическому переосмыслению с диалектико-материалистических и коммунистических позиций. Эта работа отражена в «Экономическо-философских рукописях 1844 года».

Во всех публикациях рукописи 1844 г. начинаются с фрагмента о заработной плате, далее следует фрагмент о прибыли на капитал, за которым следует фрагмент о земельной ренте. В действительности же Маркс осуществил *параллельный анализ* трех источников дохода, сознательно использовав этот метод как эвристический прием, стимулировавший новые постановки и новые решения стоявших перед ним проблем (подробнее см. [7, ч. 3, гл. 2]).

Содержательный и текстологический, а также графологический анализ фотокопий и подлинника рукописи убеждает, что фактически Маркс начал с рассмотрения природы капитала как накопленного чужого труда, осуществляющего командную власть над живым трудом. Затем он обращается к земельной ренте и заработной плате, всюду обнаруживая один и тот же антагонизм — между трудящимися и собственниками. Это позволяет ему принципиально по-новому поставить вопрос: «Поднимемся теперь над уровнем политической экономии», для которой «*труд* фигурирует... лишь в виде *деятельности для заработка*, и поставим более общий, социально-философский вопрос: «Какой смысл в ходе развития человечества имеет это сведение большей части человечества к абстрактному труду?» [1, т. 42, с. 54].

Ответ на этот философский вопрос Маркс ищет прежде всего не в философии, а в политической экономии: логика развития частной собственности от мелкой к крупной, а от нее к монополии с неизбежностью ведет к революции — упразднению частной собственности и установлению социалистической ассоциации.

А как возникла частная собственность? Буржуазная «политическая экономия исходит из факта частной собственнос-

ти. Объяснения ее она нам не дает» [1, т. 42, с. 86]. В поисках такого объяснения Маркс выдвигает философско-экономическую категорию «отчужденный труд».

На данном этапе категория «отчужденный труд» оказалась в центре мировоззренческой концепции Маркса, как такое ее ядро, в котором концентрируются фундаментальные проблемы — как теоретические, так и практические. Она включала следующие основные аспекты: отчуждение в опредмечивании труда, самоотчуждение труда, отчуждение родовой жизни человека, отчуждение человека от человека. Главным при этом было диалектико-материалистическое понимание отчужденного труда как предпосылки и продукта частной собственности. Исторически частная собственность сначала выступает как «результат, необходимое следствие отчужденного труда», а затем отношение переворачивается — возникшая частная собственность воспроизводит и углубляет отчуждение труда, выступает как его причина.

Исторический характер имеет не только способ связи между отчужденным трудом и частной собственностью, но и сама эта связь вообще: «Противоположность труда и капитала, будучи доведена до крайности, неизбежно становится высшим пунктом, высшей ступенью и гибелью всего отношения» [1, т. 42, с. 102]. При этом Маркс проницательно заметил: «Снятие самоотчуждения проходит тот же путь, что и самоотчуждение» [1, т. 42, с. 113], что позволило ему предвидеть этапы социалистически-коммунистических преобразований: сначала упраздняются объективные, предметные характеристики частной собственности, а затем и ее субъективные проявления в политической и духовной жизни; развитый коммунизм выступает как упразднение всех форм отчуждения, как всестороннее, «подлинное *присвоение человеческой* сущности человеком и для человека» [1, т. 42, с. 116].

Таким образом, на данном этапе духовного развития Маркса категория «отчужденный труд» стала стержнем, вокруг которого синтезировались вырабатываемые им новые философские, экономические и политические взгляды. В то же время она играла роль стимулятора развития всех этих взглядов с единой точки зрения.

В рукописях 1844 г. запечатлены *первый синтез* философских, экономических и политических взглядов Маркса и одновременная их переработка в качественно новое, научное мировоззрение пролетариата. Здесь марксизм возникает уже как цельное учение, однако формирование его как тако-

вого еще отнюдь не завершено, потому что еще отсутствуют некоторые генерализующие идеи, которые бы структурировали целое.

Следующий этап формирования марксизма связан как раз с выработкой таких идей. Их появление было подготовлено первой совместной работой Маркса и Энгельса над «Святым семейством» (осень 1844 г.), где марксизм уже предстает как разностороннее учение, и книгой Энгельса «Положение рабочего класса в Англии» (осень 1844 — весна 1845 г.), которая внесла значительный вклад в марксистскую политическую экономию и явилась первым фундаментальным конкретным исследованием социальных процессов с марксистских позиций. И все же обе эти работы создавались при отсутствии разработанной структуры марксистского учения в целом.

Остов такой структуры возникает в «Немецкой идеологии» (1845—1846 гг.) — втором совместном труде Маркса и Энгельса, который был уже не только задуман, но и написан ими сообща. Здесь выдвинута фундаментальная идея о диалектике производительных сил и производственных отношений как источнике самодвижения истории. Выдвижение этой идеи имело три главных следствия: 1) завершилось выяснение общей структуры общества (производительные силы — производственные и другие общественные отношения — политическая надстройка — формы общественного сознания); 2) уяснена общая закономерность исторического развития общества, выдвинута идея о закономерной смене форм собственности, положено начало учению об общественных формациях; 3) необходимость коммунизма обоснована развитием противоречий между производительными силами и производственными отношениями, материалистическое понимание истории впервые разрабатывается как относительно целостная концепция [4].

Вместе с диалектико-материалистической структуризацией общества и всего исторического процесса возникает и структуризация марксизма как цельного учения, благодаря чему каждый его элемент находит свое место в структуре целого. Это означало и изменение места и функций в структуре марксизма таких категорий, как «отчуждение» и «отчужденный труд». Некоторые конкретно-научные аспекты этих категорий выражаются в более адекватных понятиях, таких, как разделение труда, частная собственность и др. Собственно же философское содержание указанных категорий не только не утрачивается, но и получает дальнейшее развитие в ряде произведений зрелого марксизма, в особен-

ности в «Капитале». При этом, однако, они уже не являются доминирующими, как это было в «Экономическо-философских рукописях», а находят свое место в ряду других структурообразующих категорий марксизма.

И все же в «Немецкой идеологии» марксизм еще не обрел развитой формы целостности. Более зрелым он выступает в «Нищете философии» Маркса (1847), а в «Манифесте Коммунистической партии» Маркса и Энгельса (конец 1847 — начало 1848 г.) марксизм как целостное учение уже запечатлен в теоретически-систематизированной и практически-программной форме. Согласно емкой оценке В. И. Ленина, «в этом произведении с гениальной ясностью и яркостью обрисовано новое миросозерцание, последовательный материализм, охватывающий и область социальной жизни, диалектика, как наиболее всестороннее и глубокое учение о развитии, теория классовой борьбы и всемирно-исторической революционной роли пролетариата, творца нового, коммунистического общества» [2, т. 26, с. 48].

Первые же крупные сражения пролетариата в европейских революциях 1848—1849 гг. доказали правильность, истинность основополагающих принципов марксизма, их соответствие коренным интересам рабочего класса и всех трудящихся, а следовательно, их жизненность.

РАЗВИТИЕ ФОРМ ЦЕЛОСТНОСТИ МАРКСИЗМА

Итак, к 1848 г. завершилось формирование марксизма как цельного учения. Возникает вопрос: можно ли говорить о таком завершении, если еще не было сделано второе великое открытие Маркса — не было создано учение о прибавочной стоимости?

На наш взгляд, при исследовании этого вопроса важно проводить различие между первой и последующими формами целостности зрелого марксизма, видеть в его развитии изменение не только отдельных положений и принципов, но и самих форм его целостности. Анализируя место Людвига Фейербаха в истории философии, Энгельс высказал следующие два положения, из которых обычно цитируют лишь первое: «С каждым составляющим эпоху открытием даже в естественноисторической области материализм неизбежно должен изменять свою форму. А с тех пор, как и истории было дано материалистическое объяснение, здесь также открывается новый путь для развития материализма» [1, т. 21, с. 286]. Иными словами, диалектический и исторический материализм, марксизм в целом также должны изменять свою фор-

му с каждым составляющим эпоху открытием в естественных или общественных науках, а тем более в производственной и социальной практике человечества.

На наш взгляд, крупные изменения в содержании марксизма как цельного учения на различных этапах его истории суть изменения формы его целостности. Они выражаются в перенесении центра внимания с одной его составляющей части на другую, в ускоренном развитии последней; в изменении функций отдельных принципов в структуре марксизма — в их перемещении с «периферии» в «ядро» этой структуры или наоборот; в возникновении новых принципов, включаемых в «ядро» структуры учения, и в других изменениях. Все эти изменения предполагают сохранение исходного «ядра», его углубление и развитие, а не отказ от него под предлогом «углубления» и «развития», как это делали и делают всевозможные оппортунисты, ревизионисты, неомарксисты и прочие теоретики, не усвоившие или не желающие усвоить исходные критерии марксизма.

Вот почему, зафиксировав первую зрелую форму целостности, которой марксизм достиг уже в 1848 г., необходимо также видеть и возникновение в дальнейшем новых форм этой целостности, выявлять их специфику, проблемы и трудности.

Первую такую новую форму целостности марксизма, по-видимому, справедливо связывать с созданием «Капитала» Маркса, а точнее, с тремя его экономическими рукописями — черновыми вариантами «Капитала» (1857—1858, 1861—1863, 1863—1865 гг.) и публикациями первого выпуска «К критике политической экономии» (1859) и первого тома «Капитала» (1867). Это было прежде всего экономическое, но также и комплексное исследование буржуазной общественной формации в целом. В результате:

— раскрыта тайна получения прибавочной стоимости на основе закона стоимости;

— выявлена и теоретически воспроизведена совокупность основных законов и механизмов функционирования и развития капиталистического производства, обмена и распределения в их взаимной связи;

— полностью сформировано учение об общественно-экономической формации и «Монбланом фактов» доказана истинность выдвинутого ранее материалистического понимания истории;

— необходимость коммунизма получила развернутое экономическое обоснование, самое убедительное за всю историю социалистических и коммунистических учений;

— это было достигнуто во многом благодаря разработке новых принципов и методов диалектико-материалистической теории познания, логики и методологии научного исследования сложных объектов: были разработаны принципы соответствия логического и исторического, концепция восхождения от абстрактного к конкретному, методология анализа превращенных форм бытия и сознания и некоторые другие.

В итоге на качественно новую ступень были подняты все составные части марксизма: прежде всего, конечно, политическая экономия, а также научный коммунизм и диалектический и исторический материализм. Развитие каждой из составных частей марксизма сопровождалось углублением их взаимообусловленности и внутреннего единства. В центр выдвинулось экономическое содержание марксистского учения.

Одну из важнейших предпосылок и характеристик этой новой формы целостности марксизма составляет выдвижение и разработка Марксом *принципа системности*, адекватного стоявшей перед Марксом задаче комплексного воспроизведения объекта. Он доказал реальность интегративных качеств общественных систем как качеств «второго порядка» (в отличие от «осязаемых» качеств первого порядка), например стоимости как такого качества. Он показал, что в системных качествах второго порядка проявляется специфика общественных формаций; раскрыл, что в последовательной смене формаций выражается возрастание целостности социальных систем вплоть до появления органической целостности в условиях буржуазного общества и «действительной социальной общности» при социализме как высшей социальной целостности [6].

Таким образом, принцип системности выступает как неотъемлемый элемент диалектико-материалистической методологии в ее развитой форме.

В «Капитале» представлена как целое одна общественная формация — капитализм. В последние годы жизни внимание Маркса привлекла проблема взаимодействия всех одновременно существующих общественных формаций. Значение этой проблемы трудно переоценить: ведь реальная история человечества, за исключением первых ее этапов, представляла собой именно взаимодействие двух, трех и даже четырех формаций.

В 1881—1882 гг. Маркс штудирует фундаментальные труды по всемирной истории и истории отдельных стран и составляет «Хронологические выписки», охватывающие почти 2000 лет. Эти выписки превышают по объему 100 печ. л.

и состоят в основном из колонок дат и событий, подчас снабженных краткими комментариями. Это одна из последних рукописей Маркса.

Каков был ее замысел? До сих пор нет единого мнения специалистов по этому вопросу, да и вообще эта рукопись остается недостаточно изученной. По предположению Б. Ф. Поршнева [8], Маркс составлял не просто хронологическую, а синхронистическую таблицу для обзора одновременно совершавшихся событий всемирной истории. Следовательно, его мысль была привлечена к проблеме взаимосвязи событий и процессов, совершающихся одновременно или в некоторой последовательности в разных странах и обществах.

За этим, по-видимому, стояло намерение сделать новые шаги в диалектико-материалистическом понимании истории. Он стремился представить картину всемирной истории целиком — во взаимодействии различных типов обществ и во всех сферах жизнедеятельности этих обществ (экономической, социальной, политической, идеологической). В особенности его интересовал вопрос о взаимодействии «центров» и «периферии» социального прогресса, о роли колониальных и вообще отсталых стран в предстоящих революционных битвах рабочего класса, в процессе перехода от капитализма к социализму во всемирном масштабе.

В этот период достигает кульминации интерес Маркса к России — ее прошлому, настоящему и будущему, в тесной связи с процессами всемирно-исторического характера. В ответе на письмо Веры Засулич он подчеркивает (март 1881 г.), что доказательство исторической неизбежности превращения частной собственности, основанной на личном труде, в капиталистическую частную собственность, основанную на эксплуатации чужого, наемного труда, ограничено в «Капитале» лишь странами Западной Европы, где частная собственность давно уже стала господствующей формой общественных отношений. Что касается других стран, где сохраняют значительное влияние различные формы общинной собственности, особенно в земледелии, то вопрос о неизбежности их перехода к капитализму остается открытым, а его решение будет зависеть от конкретных исторических обстоятельств.

На основе проведенного им специального анализа Маркс приходит к выводу, что земледельческой общине присущ «внутренний дуализм»: в ней собственность на землю еще общая, но каждый крестьянин уже обрабатывает свое поле индивидуально. В этом проявляется диалектика исторического

процесса перехода от первичной к вторичной общественной формации:

«Земледельческая община, будучи последней фазой первичной общественной формации, является в то же время переходной фазой ко вторичной формации, т. е. переходом от общества, основанного на общей собственности, к обществу, основанному на частной собственности. Вторичная формация охватывает, разумеется, ряд обществ, основывающихся на рабстве и крепостничестве.

Но значит ли это, что исторический путь земледельческой общины неизбежно должен привести к этому исходу? Вовсе нет. Ее врожденный дуализм допускает альтернативу: либо собственническое начало одержит в ней верх над началом коллективным, либо же последнее одержит верх над первым. Все зависит от исторической среды, в которой она находится» [1, т. 19, с. 419].

В этих словах концентрированно выражена суть диалектико-материалистического понимания истории: исследование форм собственности как решающих детерминант развития; выявление общей исторической закономерности и ее противоречивости, допускающей возможность альтернативных вариантов развития; глобальность охвата исторических процессов и учет их специфики в различных регионах.

Движение мысли Маркса вширь (до глобальных масштабов) и в глубь истории, к ее истокам и от них к современности выражалось и в его возросшем интересе к антропологии и этнографии. В то же время, изучая проблемы земельной ренты, он углубляется в различные разделы химии, агрохимии, биологии, геологии и других областей естествознания. Нарастает его интерес к взаимодействию различных наук, ведущему к крупным открытиям.

Мысль Маркса выходила к новым горизонтам проблематики научного мировоззрения как цельного учения, однако его замыслам уже не суждено было осуществиться: болезни и утраты близких значительно сократили его жизнь.

Творческое развитие составляет способ существования марксизма [4], а ядро его как развивающегося целого образует диалектика. Вместе с тем это и самый «твердый орешек» для усвоения. Отнюдь не случайно, что он оказался камнем преткновения для многих последователей Маркса: не усвоив материалистическую диалектику, они восприняли лишь отдельные стороны его учения, но не марксизм как целое. В таком случае марксизм утрачивает эвристические свойства метода и превращается в совокупность готовых выводов,

применение которых к меняющейся действительности редко бывает удачным.

Маркс и Энгельс яростно восставали против такого восприятия их учения. В мае 1894 г. Энгельс с горечью писал Ф. Зорге (из Англии в США): «Здешняя Социал-демократическая федерация разделяет с вашими немецко-американскими социалистами право быть отмеченной как единственная партия, ухитрившаяся превратить теорию развития Маркса в окаменелую ортодоксию... Поэтому обе партии остаются лишь сектами и придут, как говорит Гегель, от ничего через ничто к ничему» [1, т. 39, с. 207].

Непреходящая заслуга В. И. Ленина заключается в том, что он с самого начала воспринял диалектику как революционную душу марксизма. И не только воспринял, но блестяще развил и применил ее при исследовании и решении центральных теоретических и практических проблем новой исторической эпохи. Как отметил Ю. В. Андропов, В. И. Ленин «больше всех сделал не только для защиты, но и для творческого развития в новых исторических условиях всех составных частей марксизма, для практической его реализации. Он поднял марксизм на новую, высшую ступень. Имя Ленина неотделимо от имени Маркса. Ленинизм — это марксизм эпохи империализма и пролетарских революций, крушения колониальной системы, эпохи перехода человечества от капитализма к социализму. Вне и помимо ленинизма марксизм в наше время попросту невозможен» [3, с. 11].

Марксизм как цельное учение в наше время — это марксизм-ленинизм. И как таковой он не в меньшей, а еще в большей степени нуждается в творческом развитии в соответствии с новыми задачами, которые выдвигает жизнь. Не претендуя на полноту, можно выделить следующие области, в которых необходимо интенсивное продвижение вперед:

— всестороннее, комплексное исследование развитого социализма как целостной, органической системы;

— глубокий и конкретный анализ взаимосвязей между революционными процессами, совершающимися в развитых капиталистических и в развивающихся странах, как компонентов социального прогресса во всемирно-историческом масштабе;

— системное исследование и разработка путей решения глобальных проблем как показателей возрастающей целостности глобальной системы, включающей человеческую цивилизацию и природу в их взаимодействии, показателей уско-

рения процессов развития глобальной системы и нарастания ее противоречивости.

В наше время углубляется интеграция составных частей марксизма-ленинизма. Это соответствует объективно возрастающей его роли как научного руководства процессами материально-производственной, общественно-политической и духовной жизни социалистических стран и все более значительной части трудящихся всего мира, борющихся за мир и социальный прогресс, за социализм.

На базе марксистского учения разрабатываются новые теоретико-методологические средства, обеспечивающие возможно более эффективное решение этих практических задач. Значимое место среди них занимает методология системных исследований. Вполне закономерно, что в «ядре» развивающейся проблематики марксизма-ленинизма находится и принцип системности, впервые развитый Марксом в «Капитале», постоянно обогащаемый открытиями, идущими от широкого круга общественных, естественных и технических наук, и давший начало новому направлению научной деятельности — системным исследованиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч. 2-е изд.
2. *Ленин В. И.* Поли. собр. соч.
3. *Андропов Ю. В.* Учение Карла Маркса и некоторые вопросы социалистического строительства в СССР.— Коммунист, 1983, № 3, с. 9—23.
4. *Багатурия Г. А.* О некоторых особенностях развития марксизма как теоретической системы.— Вопр. философии, 1983, № 1, с. 49—59.
5. *Егоров А.* Могучее орудие научного познания и революционного действия.— Коммунист, 1983, № 5, с. 14—34.
6. *Кузьмин В. П.* Принцип системности в теории и методологии К. Маркса. М.: Политиздат, 2-е изд. 1980. 312 с.
7. *Лапин Н. И.* Молодой Маркс. М.: Политиздат, 2-е изд. 1976. 415 с.
8. *Поршнев Б. Ф.* Исторические интересы Маркса в последние годы жизни и работа над «Хронологическими выписками».— В кн.: Маркс—историк. М.: Наука, 1968, с. 404—432.
9. *Федосеев П. Н.* К. Маркс и современность.— Вопр. философии, 1983, № 4, с. 17—39.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В МЕТОДОЛОГИИ МАТЕМАТИКИ

Л. В. КАНТОРОВИЧ, В. Е. ПЛИСКО

Современные системные исследования включают в себя многочисленные направления от философского анализа принципа системности и категории системы до изучения конкретных биологических, социально-экономических и других систем. При разработке общих принципов системного подхода целесообразно использовать опыт исследования систем, накопленный разными науками. В настоящей статье предпринимается попытка анализа применения системного подхода в математике.

Математические системы. Когда математик знакомится с идеей системного подхода и его методологией, он обнаруживает существенное сходство некоторых методологических проблем математики и системного подхода, обусловленное тем обстоятельством, что среди математических объектов есть такие, которые могут быть отнесены к системам при том истолковании этого термина, которое принято в системных исследованиях.

Под *математической системой* мы будем понимать такой математический объект, который характеризуется сложным внутренним строением и допускает многообразные способы анализа, причем сущность этого объекта в целом не сводится ни к какому конкретному способу его исследования. Анализ системы включает, в частности, представление ее в виде множества элементов, выделение в ней различных математических структур. Системный подход к исследованию того или иного объекта как системы состоит в рассмотрении его во всем многообразии его внутренних свойств и отношений (в том числе, возможно, еще не выявленных) или в рассмотрении его внутри некоторой системы.

Большинство известных определений понятия системы самым непосредственным образом сводят его к понятию множества. Например, Л. фон Берталанфи пишет: «Система может быть определена как совокупность элементов, находящихся в определенных отношениях друг с другом и со средой» [1, с. 29]. Другие авторы также обычно определяют систему как множество взаимосвязанных или взаимодействующих элементов. Возможно, при рассмотрении реальных систем не так существенно употребление термина «множест-

во», ибо никому не придет в голову рассматривать типичные теоретико-множественные вопросы применительно, скажем, к множеству атомов или клеток, составляющих живой организм, или множеству людей, составляющих производственный коллектив. Действительно, почти любой сторонник системного подхода согласится считать живой организм системой. Однако с каким множеством отождествить эту систему? Во всяком случае здесь не годится, например, множество атомов или множество клеток, из которых состоит этот организм. Точно так же производственный коллектив, рассматриваемый как система, нельзя отождествлять просто с множеством входящих в него людей.

Отождествление систем с множествами оказывается еще более неприемлемым при рассмотрении математических систем, так как при этом сущность понятия системы, так сказать, уничтожается в зародыше. Поэтому наша концепция математической системы будет отличаться от той, которая нашла свое выражение в так называемой математической теории систем, развиваемой М. Месаровичем [4] и другими авторами. Точка зрения авторов ближе к высказываемой Ю. А. Шрейдером: «Мы будем рассматривать систему не как „множество", составленное из готовых элементов, а как целостный объект, допускающий принципиально различные членения (быть может, даже бесконечное число членений) и, вообще говоря, не тождественный этим членениям» [6, с. 226].

В силу сказанного выше примерами математических систем могут служить такие математические объекты, которые характеризуются сложной внутренней структурой, и эта сложность учитывается при их исследовании. В качестве одного из типов математических систем можно указать *числовые системы*. Например, система действительных чисел — это объект, допускающий многообразные способы анализа. С самого начала эта система дается нам как множество действительных чисел. Это низшая ступень анализа системы. Теоретико-множественное рассмотрение системы действительных чисел позволяет, например, установить, что действительных чисел существенно больше, чем рациональных, так как множество действительных чисел несчетно, а рациональные числа образуют его счетное подмножество. Дальнейшие шаги в исследовании этой системы состоят в выявлении в ней различных математических структур. Например, система действительных чисел может рассматриваться как упорядоченное множество. Тогда обнаруживается, что линейно упорядоченное множество действительных чисел непрерывно в том смысле, что его нельзя разбить на два

непустых непересекающихся множества A и B, где A состоит из тех a, для которых $x \leqslant a$ для всех x из B, а B состоит из тех b, для которых $b \leqslant x$ для всех x из A. Это упорядоченное множество содержит плотное в нем упорядоченное множество рациональных чисел, т. е. между любыми двумя действительными числами лежит по крайней мере одно рациональное число. Наконец, приняв во внимание, что над действительными числами можно совершать арифметические действия, мы можем представлять систему действительных чисел как архимедово упорядоченное поле. Алгебраическое исследование этой структуры позволяет, например, рассматривать систему действительных чисел как расширение системы рациональных чисел, полученное некоторой алгебраической конструкцией, а именно как поле классов вычетов по модулю идеала сходящихся к нулю последовательностей в кольце фундаментальных последовательностей рациональных чисел. Здесь мы имеем по существу уже иное членение данной системы на элементы, ибо каждый класс вычетов сам по себе имеет некоторую теоретико-множественную структуру и, строго говоря, не может отождествляться с другим представлением того же числа при каком-либо другом подходе к определению действительного числа, например как сечения в области рациональных чисел.

Очевидно, что, кроме отношения $\leqslant$ на множестве действительных чисел и арифметических действий над числами, в принципе возможны выявление и изучение каких-то других отношений, внутренне присущих системе действительных чисел. Поэтому «множество действительных чисел», «архимедово упорядоченное поле», «линейно упорядоченное множество действительных чисел» — это лишь некоторые частные аспекты системы, и хотя их изучение служит познанию системы действительных чисел, они не исчерпывают всего многообразия характеристик того сложного объекта, который мы назвали системой.

Если при образовании числовых систем первичную роль играют отдельные элементы — числа, т. е. некоторая декомпозиция таких систем на элементы задана с самого начала, то *геометрические системы*, возникающие из абстрактного рассмотрения реального физического пространства, характеризуются первичной целостностью. Действительно, отдельно взятая точка пространства, вне связи с другими геометрическими объектами, теряет свою индивидуальность, т. е. не может рассматриваться иначе как в геометрической системе. Отметим, что в практике геометрических исследований декомпозиция геометрического пространства на конти-

нуум отдельных точек почти никогда не играла существенной роли.

Системный характер геометрического пространства проявляется, например, в геометрии Евклида. Хотя евклидова геометрия представляет собой аксиоматическую теорию, пространство в ней все же мыслится как существующее независимо от аксиом, которые выступают лишь как явно сформулированные его свойства. Здесь в отличие от современных формальных аксиоматик геометрическое пространство не подменяется совокупностью представлений о нем, зафиксированных в аксиомах. Рассуждая о точках, прямых, плоскостях, древний геометр имел в виду то, как эти объекты представляются ему, а не только то, что говорится о них в аксиомах. С этим связано, в частности, использование Евклидом в процессе доказательств чертежей и положений, не сформулированных явно в виде аксиом. Работа по выявлению скрытых допущений, использованных Евклидом, была завершена лишь в конце XIX в. Д. Гильбертом.

Приведенные примеры должны были в какой-то мере способствовать разъяснению наших представлений о математических системах. С этой же целью будет уместно рассмотреть взаимосвязь и различие неформализованного понятия математической системы и других достаточно точных математических понятий, тесно связанных с понятием системы. К их числу в первую очередь относятся понятия «множество» и «математическая структура».

Системы и структуры. В основе системных рассмотрений лежат ставший привычным для математики переход от изучения отдельных объектов к образованию множеств объектов и декомпозиция целостного объекта на элементы, представление его в виде *множества*. Этот прием нашел обоснование в теории множеств, которая исследует общие свойства совокупностей объектов независимо от того, какие причины побудили рассматривать ту или иную совокупность как один объект. Аппарат и язык теории множеств играют существенную роль в исследовании математических (и не только математических) систем. Однако теоретико-множественные рассмотрения представляют собой самую низкую ступень исследования системы. С точки зрения теории множеств система, представленная в виде совокупности элементов, и любое другое, быть может случайное, объединение некоторых объектов в одну совокупность не различаются принципиально.

Представление системы в виде множества делает возможным следующий этап ее исследования — выделение в систе-

ме некоторой *математической структуры*. Конкретные математические структуры — это некоторые виды отношений между элементами системы, присущие многим математическим системам и потому получившие право на самостоятельное изучение. Примерами математических структур могут служить различного рода упорядочения (линейный порядок, частичный порядок, решетка и т. п.), алгебраические структуры (булева алгебра, группа, кольцо, поле и т. п.), метрические и топологические структуры (метрические и топологические пространства).

Широкое изучение в математике конкретных структур постепенно привело к выработке точных определений математической структуры. Достаточно общим является уточнение понятия математической структуры в виде понятия алгебраической системы — множества, на котором фиксированы некоторые операции и отношения (см. [3]).

Выявление в математической системе той или иной структуры, обычно хорошо изученной, является одним из средств исследования систем. Важно подчеркнуть, что мы здесь говорим о выявлении структуры в системе, а не о наделении множества структурой. Действительно, любая математическая система может рассматриваться как практически любая математическая структура. Например, на любом счетном множестве легко можно определить отношение линейного порядка или задать операцию с групповыми свойствами. Однако такое рассмотрение системы окажется полезным лишь в том случае, если введенные отношения и операции связаны с природой данной системы и задачами, которые стоят перед исследователем. Иными словами, рассматриваемая структура должна быть внутренне присуща системе, а не привноситься в нее искусственно.

Исследование математической системы через ее структуру сопровождается возможностью описания системы на логико-математическом языке, синтаксис которого адекватен данной структуре, т. е. содержит обозначения для выделенных в ней объектов, операций над объектами и отношений между объектами. Благодаря такому описанию дальнейшее исследование системы может вестись в рамках соответствующей логико-математической *теории*.

Особенностью математических систем, отличающей их от математических структур, является то, что система никогда не может быть описана полностью. Всякая попытка описать систему на некотором логико-математическом языке охватывает лишь некоторые аспекты системы. Любая математическая структура, присущая системе, не полностью отражает

сущность этой системы. Не случайно поэтому в ходе исследования систем выявляются и изучаются все новые виды структур. При этом возникают такие структуры, которые являются как бы синтезом различных математических структур (упорядоченные группы, нормированные кольца и т. п.). Интерес к изучению таких структур вызван именно тем, что они присущи конкретным математическим системам.

Выявление в математической системе той или иной структуры позволяет отвлечься от всего многообразия связей между элементами системы, сосредоточить внимание лишь на тех отношениях, которые входят в данную структуру. Очень часто выделенная структура относится к тому или иному хорошо изученному классу структур, и тогда известные результаты переносятся на исследуемую систему.

Необходимо подчеркнуть, что основные математические структуры могут быть присущи математическим системам различной природы, благодаря чему обнаруживается сходство таких систем. В математике выработан ряд точных понятий, основывающихся на идее сходства систем по их структурам, и определены возможности перенесения знаний об одной системе на другую систему при той или иной форме подобия структур. Так, *изоморфизм* структур, присущих двум разным системам, означает, что эти системы неразличимы на данном уровне их анализа и свойства этих систем, формулируемые только в терминах рассматриваемых структур, полностью идентичны. Известны и другие типы подобия структур: гомеоморфизм — для топологических структур, возможность деформации одной системы в другую с помощью подходящей группы преобразований — для геометрических систем, рекурсивный изоморфизм — для систем конструктивных объектов и т. п. Очень важным и в значительной степени общим является понятие *элементарной эквивалентности*, означающее, что две системы описываются в точности одними и теми же предложениями некоторого логико-математического языка. Элементарная эквивалентность является математическим уточнением того, например, явления, что процессы различной физической природы могут описываться одними и теми же уравнениями (например, электрические и механические колебания.) В математической логике и теории моделей разработаны критерии элементарной эквивалентности, позволяющие переносить результаты исследования с одной системы на другую.

Выявление структур в математических системах позволяет вести их исследование путем сопоставления, *моделирования* одной системы в другой. Применение моделирования

в математике может быть описано следующим образом. В данной математической системе выделяются те связи и отношения, которые интересуют исследователя, т. е. фиксируется некоторая структура, связанная с системой. Как уже отмечалось, это позволяет ограничиться только теми знаниями о системе, которые могут быть записаны на соответствующем логико-математическом языке. На этом же языке записывается и вопрос, интересующий исследователя. Затем выделенным связям и отношениям сопоставляются связи и отношения некоторой другой системы — модели. При таком сопоставлении все утверждения об исходной системе, формулируемые в упомянутом языке, естественным образом интерпретируются как высказывания, относящиеся к модели. Модель следует считать адекватной, если все утверждения, истинные в исследуемой системе, верны и в модели. В таком случае изучение исходной системы можно вести через исследование модели. Следует, однако, иметь в виду, что значимыми для исследователя, достоверными будут лишь те выводы, полученные в результате исследования модели, которые могут быть сформулированы в терминах свойств и отношений, выделенных при построении модели. Все прочие результаты не обязательно должны иметь интерпретацию по отношению к моделируемой системе, хотя иногда они могут играть эвристическую роль или подсказать необходимость продолжения моделирования на более богатые структуры.

Описанная схема моделирования в математике соответствует основным положениям теории моделей. В практике математических исследований указанные стадии процесса моделирования не всегда четко выделены. Можно сказать, что теория моделей изучает некоторую абстрактную схему моделирования, к которой может быть сведен практически любой конкретный пример моделирования в математике. Однако следует отметить, что собственно теория моделей как раздел математики касается не всех сторон процесса моделирования: в ней моделирование выступает лишь как отношение между теорией и математической структурой. Поэтому в работах общеметодологического характера, посвященных моделированию, понятие модели, принятое в математической логике, обычно приводят лишь как одно из значений термина «модель». Рассмотрение этого понятия в контексте системных представлений позволяет установить его тесную связь с методом моделирования в широком смысле. Для этого необходимо выявить дополнительные звенья процесса моделирования в математике, которые носят ско-

рее методологический, а не математический характер и потому остаются за рамками математической теории моделей. Во-первых, теорию следует рассматривать не саму по себе, а как теорию некоторой структуры, выявленной и подлежащей исследованию в математической системе. Во-вторых, модель — это не структура, а система, в которой выявлена структура, описываемая той же теорией. В общем случае представляется бессмысленным говорить о математических структурах вне связи с математическими системами. И в математической практике, когда речь идет об отыскании структуры с заданными свойствами, то по существу имеется в виду построение математической системы (например, числовой, геометрической или какой-либо другой), которой присуща такая структура. Таким образом, в процессе моделирования в математике возникает следующая цепочка понятий: «система-объект» — «структура$_1$» — «теория» — «структура$_2$» — «система-модель», где «структура$_1$» — это структура, присущая «системе-объекту», а «структура$_2$» — это структура, присущая «системе-модели» и описываемая той же «теорией», что и «структура$_1$». Представляется, что с помощью такой цепочки можно описать некоторые процессы моделирования не только в математике. Заметим, что теория моделей как таковая изучает лишь отношения между вторым, третьим и четвертым звеньями указанной цепочки («структура$_1$» — «теория» — «структура$_2$»).

Математика и проблемы построения общей теории систем. Применение элементов системного подхода в математике — это явление, характерное для ее развития, по крайней мере начиная с XIX в. Однако этот факт не нашел достаточного отражения в исследованиях по методологии и философии математики. Это можно объяснить спецификой исследования систем вообще и математических систем в частности, которая заключается в том, что при изучении математических систем обычно выделяют лишь некоторые их стороны, которые легче поддаются формализации и исследование которых допускает использование аппарата и методов того или иного раздела математики. Если для математики в целом основным предметом исследования остаются математические системы, то отдельные математические дисциплины, как правило, изучают лишь конкретные математические структуры или классы структур. Поэтому получили развитие подходы к исследованию математических структур в общей алгебре, теории моделей, теории категорий, а математические системы как таковые не стали еще предметом специального исследования.

Отсутствие в современной математике готового аппарата для описания объектов системного характера является причиной неудовлетворенности многих исследователей состоянием оснований общей теории систем. Так, Л. фон Берталанфи само возникновение общей теории систем связывает с недостаточностью имеющихся математических методов для анализа «системных проблем». В то же время «очевидно стремление развивать общую теорию систем в математических понятиях, поскольку точный язык математики позволяет строгую дедукцию и подтверждение (или опровержение) теории» [1, с. 28]. Отмечая достижения математической теории систем, т. е. области исследования, где термин «система» тем или иным образом трактуется в рамках имеющегося математического аппарата, Л. фон Берталанфи все же считает нецелесообразным отождествлять общую теорию систем с тем или иным вариантом математической теории систем, «поскольку имеется много проблем, нуждающихся в „теории", которую невозможно выразить в понятиях современной математики» [1, с. 27]. В этой связи представляется весьма целесообразным проведение обобщенного анализа математических систем, который может способствовать формализации представлений о них и тем самым содействовать развитию системного подхода.

В работе В. Н. Садовского [5] сформулирован ряд актуальных проблем методологии системных исследований. Некоторые из них имеют очевидную связь с развитием представлений о математических системах. Так, проблема уточнения определений и построения формализованных описаний основных понятий методологии системного исследования актуальна и для современной математики. Хотя некоторые системные понятия имеют в ней точный смысл, предстоит формализовать их взаимосвязь с понятием системы, точного определения которого пока не построено.

Другая из перечисленных в [5] проблем — это сопоставительный анализ концептуальных структур и основных принципов системного подхода (общей теории систем) и теоретико-множественной методологической концепции. Очевидно, что эта проблема теснейшим образом связана с методологией исследования математических систем. Как отмечалось ранее, представление системы в виде множества объектов — это лишь первая стадия математического исследования системы. Между тем любые попытки определения системы приводят, как правило, к отождествлению системы с множеством. Кажущаяся фундаментальная роль понятия множества в исследовании таких сложных объектов, как

математические системы, обусловлена, на наш взгляд, современным состоянием математики, особенно ее оснований.

Действительно, в математике термин «множество» часто употребляется там, где в действительности речь идет о системе. Это связано с тем, что многие математические системы возникли в результате совместного рассмотрения многих объектов и некоторая декомпозиция таких систем на элементы, представление их в виде множества оказываются данными с самого начала. Так, иногда говорят о множестве действительных чисел, хотя имеют в виду соответствующую систему. Таким образом, термин «множество» обозначает в математике и систему как целостный объект, и математический объект, возникающий на низшей стадии анализа системы. Собственно теория множеств исследует это понятие лишь в его втором аспекте. Употребляемое в первом смысле, это понятие следовало бы заменить термином «система». Близкими по значению являются термины «пространство», «алгебра» и т. п., если при их употреблении не имеется в виду какой-либо точный смысл этих слов (например, векторное пространство или булева алгебра). Исследование понятия математической системы должно вестись в рамках некоторой теории, которую можно назвать теорией математических систем и которая, по-видимому, должна первоначально развиваться на стыке философии, методологии математики и самой математики. Можно ожидать, что философско-методологические проблемы исследования систем явятся источником новых задач для различных областей математики, как это случалось ранее в связи с решением вопросов оснований математики.

Еще одна причина, определяющая роль теории множеств в исследовании систем, состоит в том, что значительная часть математики строится на теоретико-множественной основе. Большинство математических дисциплин сведено к теории множеств до такой степени, что по существу они могут рассматриваться как ее части. Поэтому всякая попытка выразить представления о системах на математическом языке неизбежно приводит к тем определениям, о которых мы говорили выше, где «система — это множество...». Между тем даже в математике теоретико-множественное представление об объектах вряд ли является неизбежным и единственно возможным. Достаточно вспомнить, что все традиционные разделы математики зародились и успешно развивались и до того, как понятие множества заняло главенствующее положение в математике. В то же время сама теория множеств нуждается в обосновании. При построении наивной теории

множеств возникают парадоксы, а ограниченность аксиоматического подхода в свете современных достижений математической логики очевидна.

Таким образом, теория множеств дает удобный язык для выражения математических построений, но она не может служить их безусловным основанием и объяснением. В частности, являясь полезным инструментом исследования математических систем, сама по себе теория множеств не может служить удовлетворительной основой системного подхода в математике.

Многообразие способов членения системы на элементы можно проиллюстрировать на примере различных теоретико-множественных представлений традиционных математических объектов. Анализ системы и ее математическое представление состоят не только в отождествлении ее с некоторым множеством, но и в выявлении в ней некоторой математической структуры. Рассмотрение математической системы только с точки зрения фиксированной структуры ведет к временной подмене объекта исследования. Поэтому, как и в случае с множествами, часто, имея в виду систему в целом, говорят лишь о некоторой присущей ей структуре. Поэтому следует различать, например, когда выражение «поле действительных чисел» употребляется для обозначения системы действительных чисел, а когда — для обозначения произвольного поля, изоморфного полю действительных чисел, так как структура такого поля может быть свойственна и другим математическим системам, которые по своим характеристикам, кроме тех, которые выражены в понятии поля, существенно отличаются от системы действительных чисел.

Как отмечалось ранее, понятие алгебраической системы, являющееся точным аналогом понятия математической структуры, само по себе еще не может служить в качестве уточнения понятия математической системы, ибо было бы методологически неправильно отождествлять такой сложный объект, как система, с некоторым конкретным и довольно частным его описанием. Все же среди известных математических понятий алгебраические системы ближе всего стоят к математическим системам. Поэтому идеи и методы теории алгебраических систем могут быть использованы при разработке общей теории математических систем. Одной из задач этой теории должно стать описание взаимосвязей между различными алгебраическими системами, представляющими одну и ту же математическую систему.

Казалось бы, ограниченность подхода к определению

понятия системы путем отождествления последнего с понятием алгебраической системы можно преодолеть рассматривая систему как структуру вида $\langle A, \Omega \rangle$, где A — некоторое множество (так сказать, «материальный носитель» системы), а Ω — совокупность всех операций и отношений на A. При этом в качестве A можно было бы взять не просто одно из возможных теоретико-множественных представлений системы, а всевозможные множества, полученные из него теоретико-множественным путем, например все подмножества уже имеющихся множеств и т. п. Однако даже если отвлечься от того, что мы здесь фиксируем членение системы, рассмотрение такой «универсальной» структуры вряд ли будет способствовать прояснению методологических проблем системного подхода. Дело в том, что система никогда не предстает во всем бесконечном многообразии присущих ей структур, а может рассматриваться лишь как становящаяся последовательность структур, в которых раскрывается сущность системы. Иными словами, с познавательной точки зрения, система — это не актуально бесконечное, а скорее потенциально бесконечное множество структур. Взгляд на развитие знания как на становящийся процесс характерен для интуиционистского подхода к построению математики. В рамках этого направления разработаны формальные средства для представления становящегося характера знания. Одно из них — так называемые модели Крипке.

Интуиционистские модели Крипке описывают изменение знания познающего субъекта. Такая модель задается деревом, т. е. частично упорядоченным множеством $\langle M, \leqslant \rangle$, в котором для любого элемента a множество $\{x \mid x \leqslant a\}$ линейно упорядочено отношением $\leqslant$. Элементы множества M могут интерпретироваться как моменты времени или состояния познающего субъекта, причем если $a \leqslant b$, то состояние b можно рассматривать как более позднее, чем a. В каждом состоянии субъект имеет определенную информацию об исследуемом объекте, причем при переходе в более позднее состояние информация не теряется, а лишь расширяется. Развитие может пойти по любому пути в дереве, однако в каждый момент неизвестно, по какому именно пути пойдет познание. Это накладывает своеобразные условия на то, что может быть принято в данный момент в качестве достоверного знания об исследуемом объекте. Такая концепция представления знаний оказалась удобной для интерпретации интуиционистской логики. Думается, что этот аппарат применим и к задачам системного исследования.

Роль системного подхода в математике. До сих пор мы

говорили о том, что может дать рассмотрение системного подхода в математике для методологии системных исследований и общей теории систем. Необходимо также остановиться на роли системного подхода в развитии математики.

Системные исследования в математике связаны с переходом от рассмотрения отдельных математических объектов к изучению систем и объектов внутри системы. Такой переход делается не из простого стремления к обобщению. Потребность перехода на новую ступень абстракции обусловлена естественно возникающими в процессе развития математики задачами. Характерен в этом отношении процесс выделения функционального анализа в самостоятельную математическую дисциплину. Методологическое значение того коренного поворота в математике, который выразился в изменении подхода к исследованию различных проблем математического анализа, замене рассмотрения отдельных функций и связывающих их соотношений и уравнений совокупным исследованием этих объектов, т. е. изучением функциональных пространств и их преобразований, проанализировано в предисловии к книге [2]. Содержащаяся там оценка этого явления во многом перекликается с трактовкой методологической природы системного подхода, излагаемой в работе Э. Г. Юдина: «Методологическая ценность этого направления состоит прежде всего в том, что оно содержит и в развернутой форме выражает требование нового по сравнению с предшествующими подхода к объекту изучения. Этот момент очень важно подчеркнуть: системный подход сам по себе не дает решения проблемы непосредственно, он является орудием новой постановки проблем» [7, с. 43].

Примерами постановки задач в математике, при которой оказывается существенной взаимосвязь объектов внутри системы, могут служить вопросы полноты системы функций, одновременное рассмотрение целого класса задач, например при исследовании зависимости решения граничной задачи от правой части уравнения или граничных условий. Для постановки и решения именно таких задач оказались плодотворными методы функционального анализа. При этом следует подчеркнуть, что во многих случаях общность рассмотрения позволила обнаружить более общие и в то же время более конкретные и глубокие закономерности и связи, так как не имеющие значения детали каждой отдельной задачи в этом случае отбрасывались и уже не заслоняли существа дела.

Переход от рассмотрения отдельных объектов к их совокупному изучению в виде системы с последующим выделе-

нием в этой системе различных математических структур приводит к общей абстрактной форме рассмотрения математических проблем, позволяющей объединять и подвергать одновременному исследованию далекие на первый взгляд вопросы. Например, изучение уравнений $F(x) = y$, где x и y — объекты из произвольной системы, в которой выделена структура нормированного пространства, позволяет объединить рассмотрение таких проблем, как решение дифференциальных уравнений, интегральных уравнений, граничных задач, бесконечных систем алгебраических уравнений. Поэтому, в частности, переход от отдельных функций к пространствам функций столь же принципиально важен, как в свое время был важен переход от алгебраических уравнений и соотношений к переменным величинам и функциональной зависимости.

Для математики характерно стремление переносить результаты, полученные для отдельных объектов или их конечных совокупностей, на бесконечные множества или даже на все объекты данного типа. Это выражается, в частности, в попытках найти единообразные способы решения целых классов задач. К таким проблемам относятся, например, проблема разрешимости алгебраических уравнений в радикалах, массовые алгоритмические проблемы, возникавшие в различных областях математики. Такие проблемы ставились по отношению к совокупности объектов, но для их решения потребовалось исследование связей между объектами таких совокупностей, т. е. рассмотрение не множеств, а систем.

Таким образом, переход к системному рассмотрению в математике часто бывает необходим для правильной постановки проблем, назревших в той или иной математической теории, для нахождения единого способа решения классов задач, для исследования тех свойств объектов, которые проявляются только во взаимодействии с другими объектами.

Одной из предпосылок системных исследований очень часто называют стремление к интеграции научного знания. Эта сторона системного подхода существенно важна и для математики. Взаимосвязь различных частей математики имеет следующие два аспекта, связанные с системным подходом: 1) исследование одной и той же математической системы разными математическими дисциплинами и теориями в зависимости от того, какой тип структур, присущих данной системе, они изучают; 2) возможность применения результатов исследования одной математической структуры к разным математическим системам, изучаемым в других об-

ластях математики. Первый аспект наглядно иллюстрируется, например, исследованием таких систем, как функциональные пространства, где тесно переплетаются идеи и методы многих разделов математики. Второй аспект интеграции может быть продемонстрирован на примере алгебраизации математики; математические структуры, изучаемые в алгебре, обнаруживаются в самых разных математических системах. Таким образом, интеграция математического знания осуществляется как на основе единства объектов исследования, так и на основе единства методов исследования.

* * *

Подводя итог нашему рассмотрению, можно констатировать, что в математике важное место занимают объекты, которые могут рассматриваться как системы при том понимании этого термина, которое принято в системных исследованиях. Возникновение математических систем обусловлено внутренней логикой развития математики и связано с переходом от рассмотрения отдельных объектов к их совокупному изучению. Рассмотрение математических систем дает в руки исследователя новые методы, основанные на обнаружении общих закономерностей, которые могут быть выявлены лишь при сопоставлении различных систем и изучении объектов внутри таких систем.

Системный подход как междисциплинарная методология позволяет с новой точки зрения взглянуть на процессы, происходящие внутри математики. В то же время обобщенное исследование математических систем должно способствовать уточнению постановки ряда общеметодологических проблем системного подхода.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Берталанфи Л. фон.* История и статус общей теории систем.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1973. М.: Наука, 1973, с. 20—37.
2. *Канторович Л. В., Акилов Г. П.* Функциональный анализ. М.: Наука, 1977. 744 с.
3. *Мальцев А. И.* Алгебраические системы. М.: Наука, 1970. 392 с.
4. *Месарович М., Мако Д., Такахара И.* Теория иерархических многоуровневых систем. М.: Мир, 1973. 344 с.
5. *Садовский В. Н.* Системный подход и общая теория систем: статус, основные проблемы и перспективы развития.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980, с. 29—54.
6. *Шрейдер Ю. А.* К построению языка описания систем.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1973. М.: Наука, 1973.
7. *Юдин Э. Г.* Методологическая природа системного подхода.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1973. М.: Наука, 1973, с. 38—51.

РАЗЛИЧНЫЕ ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ СИСТЕМ: ЭЛЕМЕНТАРИСТСКИЙ И ОРГАНИЗМИЧЕСКИЙ*

А. РАПОПОРТ

ПРИНЦИПЫ ЭЛЕМЕНТАРИЗМА И ЦЕЛОСТНОСТИ

Исследования по общей теории систем интенсивно развиваются более 30 лет. В течение всего этого времени основные дискуссии шли между представителями двух основных подходов к построению общей теории систем — сторонниками элементаризма и защитниками органицизма, или организмизма. Предпринимая в настоящей статье попытку анализа этих подходов, мы постараемся показать, что между элементаристским и организмическим подходами к общей теории систем существует множество промежуточных подходов, которые обязательно должны быть учтены при построении общей теории систем.

В работе [1] И. В. Блаубергом, В. Н. Садовским и Э. Г. Юдиным была ясно сформулирована так называемая дихотомия между двумя исходными принципами в научном познании: элементаризмом и целостностью. Различие этих принципов в том, что если в основе первого лежат анализ, выявление элементов, из которых складывается целое, то второй носит синтетический характер и направлен на восприятие целого как такового. Рассмотрим подробнее вначале элементаристский подход, который долгое время был господствующей формой научного мышления и сыграл немалую роль в развитии науки. На его основе удалось, в частности, объединить такие ранее независимые научные области, как механика и акустика, теория электромагнетизма и теория света и др.

Прежде всего — и это позволит нам уловить суть элементаризма — заметим, что в основе самой «точной» из наук — современной физики — лежит математическая модель, выражаемая, как правило, в виде системы дифференциальных уравнений. Так как независимой переменной дифференциального уравнения какого-либо физического процесса является обычно время, решения такого уравнения представляют собой функции от времени, определяемые начальными усло-

* Статья представлена в редакцию на русском языке. Литературное редактирование проведено В. Г. Гороховым.

виями. Иначе говоря, из предполагаемой динамики системы выводится ее траектория и, обратно, совпадение теоретически выводимой траектории с эмпирическими наблюдениями подтверждает в известной степени гипотезу о динамике системы.

Разумеется, приложение этого так называемого гипотетико-дедуктивного метода познания к исследованию конкретных физических систем не ново. Этот подход был использован уже в ньютоновской небесной механике. Совпадение с результатами наблюдений траекторий планет, математически выведенных из ньютоновского закона тяготения, считалось подтверждением этого закона. Причем это оказалось настолько убедительным, что, когда были замечены отклонения планеты Уран от теоретически предписанной ей траектории, никто не усомнился в справедливости ньютоновского закона. Вместо этого было предположено существование еще неизвестной планеты, силами тяготения которой и объяснялись отклонения Урана. Тот факт, что эта планета (Нептун) действительно была открыта и как раз там, где предписывала теория, явился новым подтверждением справедливости закона всемирного тяготения.

Таким образом, гипотетико-дедуктивный метод исследования систем с помощью дифференциальных уравнений был развит, по крайней мере в математической физике, уже 300 лет тому назад. Сравнительно новым в этом «аналитическом» подходе, относящемся уже к значительно более позднему времени, явилось представление о математическом изоморфизме систем (см. подробнее в [2]). Основу этого представления составляет утверждение, что если одна и та же математическая модель (дифференциальное уравнение) справедлива для ряда систем, то эти системы идентичны с точностью до изоморфизма. При этом появляется возможность устанавливать достаточно строгие аналогии между параметрами и свойствами самых различных систем. В качестве примера такой аналогии укажем на параллели между гармоническим осциллятором и электродинамической системой с индукцией, сопротивлением и емкостью. Одно и то же дифференциальное уравнение лежит в основе обеих систем:

$$p\frac{d^2x}{dt^2} + q\frac{dx}{dt} + rx = f(t).$$

Для механического гармонического осциллятора x —пространственная координата, $\frac{dx}{dt}$ — скорость, $\frac{d^2x}{dt^2}$ — ускорение, p — масса, q — коэффициент трения, r — упругость. Для электродинамической системы с переменным то-

ком x — заряд, $\frac{dx}{dt}$ — ток, $\frac{d^2x}{dt^2}$ — — производная тока, p — индукция, q — сопротивление, r — обратная емкость. Для механической системы правая сторона уравнения фиксирует внешний ввод силы; для электродинамической — внешний ввод напряжения. Таким образом, устанавливается полный изоморфизм между законом механики $F = m\frac{d^2x}{dt^2}$ (сила есть произведение массы и ускорения) и законом электродинамики $E = L\frac{d^2x}{dt^2}$ (напряжение есть произведение индукции и второй производной заряда). И тот и другой законы выводятся, в свою очередь, из более общего закона сохранения энергии.

В наше время высказанные утверждения кажутся достаточно очевидными. Заметим, однако, что эта очевидность есть лишь следствие привычного, уже устоявшегося математического образа мышления. В свое же время описание тех или иных явлений с помощью математических моделей (дифференциальных уравнений) сыграло принципиальную роль в развитии науки. Возьмем, например, эволюцию понятия «детерминизм». В древности это понятие было связано с фатализмом, с представлением о роковой судьбе и т. п., как, например, в греческих трагедиях. С точки зрения теории систем детерминизм теряет свой мистический или мифологический характер. Он выступает как свойство моделей, построенных на использовании дифференциальных уравнений.

Недаром Лаплас представлял себе бога как сверхматематика, для которого все будущее — открытая книга. Если существует разум, говорил он, способный охватить в одно мгновение все положения и скорости всех материальных частиц мира, то для этого разума будущее, как и прошлое, является ни чем иным, как результатом решения огромной системы дифференциальных уравнений при данных начальных условиях. Характерно, что в этой картине мира само понятие о боге становится излишним. И когда Наполеон, просмотрев труд Лапласа о небесной механике, спросил, почему в нем не упоминается творец, то Лаплас якобы ответил: «Государь, мне эта гипотеза не понадобилась».

Следует подчеркнуть, что, вообще говоря, на вопрос, управляется ли Вселенная «детерминистическим» образом, наука сама по себе ответить не может, ибо всякий научный ответ должен в конце концов опираться на научные данные, пусть еще неизвестные, но по крайней мере возможные в

принципе. Однако трудно представить, на какие данные может опираться положительный или отрицательный ответ на этот вопрос. На самом деле вопрос о «детерминистической» природе Вселенной — это философский вопрос, хотя его можно сформулировать по-научному, например, следующим образом: какого рода системы, наблюдаемые в действительности, могут быть достаточно точно описаны системой дифференциальных уравнений. О том, что такие системы имеют место, свидетельствуют Солнечная система, разные механические, электродинамические системы и т. п., но в целом ответ на этот вопрос, как мы увидим далее, далеко не однозначен.

Развитие «причинных» представлений, как указывают И. В. Блауберг, В. Н. Садовский и Э. Г. Юдин (см. [1]), шло по пути перехода в естественных науках от детерминистской причинности к вероятностной, в частности в статистической физике. В контексте молекулярной теории газов этот переход сам по себе не влечет отказа от детерминизма, ибо, хотя модели этой теории основаны на теории вероятностей, все же движение каждой молекулы предполагается подчиненным детерминистическим законам механики.

Проникнув в глубь атома, в микромир элементарных частиц, физики оказались в царстве полной неопределенности, отличающейся от неопределенности в моделях классической статистической физики. Последняя выражает лишь отсутствие знания о движении отдельных молекул (хотя бы в силу их огромного числа), но само это движение в принципе определяется однозначно. Соотношение же неопределенностей, лежащее в основе квантовой механики, исходит из принципиальной (а не просто практической) невозможности установить одновременно и местоположение и скорость частицы.

Это соотношение лежит в основе квантовой механики— теории бесспорно научной. Однако физика вряд ли пришла бы к этой теории без предварительных изменений в самом образе физического мышления. Эти изменения вряд ли произошли бы, если бы понятие о детерминизме не было уточнено в свете математических представлений, возникших в связи с решением дифференциальных уравнений. Теория дифференциальных уравнений является математическим фундаментом элементаристского подхода, который, как было сказано, является продуктивным методом исследования систем определенного вида. Заметим, что квантовомеханические объекты описываются волновым уравнением Шредингера, которое является дифференциальным, а потому «детер-

министическим». Однако оно определяет не наблюдаемую переменную, а лишь вероятность наблюдения данного значения переменной. Происходит совмещение в человеческом разуме понятий, ранее считавшихся несовместимыми,— такое совмещение, которое обычно называют диалектическим способом мышления.

Возвращаясь к проблеме изоморфизма математических моделей систем, можно сказать, что изоморфизм — это математически уточненная (эксплицированная) аналогия. Важность аналогий для процесса познания состоит в том, что фактически всякое объяснение — это ссылка на аналогию. Объяснение представляет собой указание на то, что некое явление, доселе незнакомое и потому непонятное, имеет нечто общее со знакомым и потому понятным явлением. Для иллюстрации этого утверждения приведем пример из русской классической литературы XIX в.

Обломов видит себя во сне ребенком. Он просит няню объяснить, почему «тут темно, а там светло». Сам он стоит в тени облака и видит вдали поле, залитое солнцем. Няня объясняет: «Солнце идет навстречу месяцу. Как не видит его, хмурится, а как завидит, прояснеет». Ребенок принимает «объяснение». Он видел, как люди хмурятся и как улыбаются, и по собственному опыту знает, что первое сопряжено с неприятными ощущениями, а второе — с приятными. Иначе говоря, у человека уже в детском возрасте имеется большой запас обобщений, используемых при восприятии аналогий, которые рассеивают недоумение, замещая психологическую напряженность удовлетворением «понимания». Можно предположить, что это свойство человеческой психики содействовало и развитию науки, и накоплению предрассудков, суеверий и мифов. Когда-то люди верили, что гром — это грохот колесницы пророка Ильи. Мы же знаем, что гром — это треск электрической искры. Несмотря на то, что первое «объяснение» наивно, а второе «научно», оба объяснения укладываются в соответствующие «картины мира», поэтому одно из них удовлетворяет наших предков, а другое — нас. Объяснения, которые не укладываются в данную картину мира, не принимаются «носителем» картины. Это относится и к научным объяснениям. Они принимаются только тогда, когда они укладываются в картину мира, созданную на соответствующем этапе развития науки.

Покажем это на следующем примере. В свое время ньютоновский закон тяготения отвергался многими учеными на том основании, что они не могли себе представить действие одного тела на другое через пустое пространство. В конце

концов этот закон был признан. Произошло это потому, что старый критерий научной истины, основанный на известном метафизическом представлении о взаимодействии тел, был вытеснен новым критерием — критерием «предсказуемости». Ньютоновский закон позволял делать замечательно точные предсказания движения планет. А это удовлетворяло определенные растущие потребности, связанные с соответствующими аспектами европейской истории.

Рассмотренный пример весьма показателен. Используя образный язык, мы можем сказать, что метафизическое противоречие, содержащееся в идее «действия на расстоянии», было «проглочено» научным сообществом, но оно не было «переварено». Об этом свидетельствует, в частности, тот факт, что Максвелл на протяжении многих лет пытался сконструировать механическую модель распространения электромагнитных волн, в частности света. Эти попытки диктовались имевшейся у него метафизической картиной мира. Если свет — волны, то, казалось бы, естественно возникает вопрос: «Волны чего?». Возникает необходимость установить аналогию с известными волнами, например, волнами воды или воздуха. Ведь удалось же построить теорию звука на основании представления о распространении волн в материальной среде. Ради аналогии между светом и звуком создается «эфир». Однако математически выведенные свойства эфира оказались крайне невероятными. Например, упругость эфира должна была превосходить упругость стали во много раз (вследствие огромной скорости распространения света).

В конце концов в ходе развития науки гегемония механистической картины мира была подорвана окончательно. На смену ей явился упомянутый выше критерий научного объяснения — подтверждение предсказаний, выведенных из формально-математических моделей.

В заключение данного раздела заметим, что возникшая на смену механицизма новая научная парадигма в определенном смысле не менее «метафизична», «философична», чем прежде, ибо она содержит философские предпосылки, например, о существовании объективной истины, о решающей роли наблюдений в установлении этой истины и т. д. К этим предпосылкам в ходе ее развития были добавлены и другие, например, формулирование критериев подтверждения гипотез на основании неполного совпадения с предсказаниями (статистическая индукция и т. д.).

ЭЛЕМЕНТАРИСТСКИЙ ПОДХОД И СОЦИАЛЬНЫЕ НАУКИ

Итак, гипотетико-дедуктивный метод лежал в основе естественных наук, в особенности точных (например, физики), в которых он выступил как эффективный способ применения элементаристского подхода, обогащенного анализом динамики систем. При этом следует отметить два существенных обстоятельства. Во-первых, успехи этого метода воспринимались как успехи именно потому, что был принят соответствующий критерий успеха, а именно плодотворное подтверждение дедуктивно выведенных предсказаний. Во-вторых, успехи в этот период точных наук соответствовали социально-экономическим потребностям, на почве которых развивались эти науки, в первую очередь потребностям промышленного развития. В эпоху промышленной революции физические науки породили технику, которая в значительной мере улучшила условия человеческой жизни. Кроме того, научные объяснения естественных явлений подорвали авторитет церкви, утвердили критерий истины, применяемый каждым здравомыслящим человеком независимо от навязанных ему догм, сделали бессмысленным или по крайней мере нанесли существенный удар по трактовке «ереси» как преступления и т. п.

В наши дни мы наблюдаем новые радикальные сдвиги во взглядах широкой публики на науку, и нетрудно понять, почему это происходит. В прежние времена в понимании широкой публики наука была связана в первую очередь с развитием техники. Более того, главная, а иногда и единственная польза науки представлялась людям как развитие техники или — в лучшем случае — медицины. В силу этого до самого последнего времени наука рассматривалась лишь как источник благ, таких, как освобождение человека от непосильного труда, от множества болезней и т. д., что представляло собой осуществление его вековых мечтаний. Однако для нашего поколения техника выступает и в другом свете. Она несет с собой опасность массового истребления людей если не ядерными бомбами, то в результате необратимого загрязнения среды. Поэтому возникает враждебность к технике, выступающей все более явно как угроза человечеству. В силу отождествления науки с техникой указанное негативное отношение распространяется и на науку.

В защиту науки иногда приводят следующие доводы. Беда, оказывается, в том, что развитие социальных наук происходит гораздо медленней, чем развитие естественных наук. В результате человек утвердил свое господство над

естественной средой прежде, чем он научился владеть самим собой, т. е. создавать такую социальную среду, где конфликты не вели бы к катастрофам (вроде войн, распада общественных отношений и т. п.) и которая способствовала бы единству личных интересов с общественными. Поэтому для устранения опасных последствий научно-технического развития человечеству требуется расширять, а не сворачивать научные исследования, в частности в направлении более интенсивного развития социальных наук.

Возникает вопрос: как обеспечить такое развитие? Кажется, что исследователи в области социальных наук могли бы использовать опыт естественных наук, огромные успехи которых очевидны. В последних господствуют строгие, большей частью операциональные определения используемых понятий, объективность, т. е. независимость понятия от субъективных характеристик исследования, успешное обобщение наблюдений, т. е. раскрытие законов природы, а также использование мощного дедуктивного аппарата, созданного в математике и логике. Иначе говоря, почему бы не распространить методы естественных наук, в особенности физических, на социальные науки: социальную психологию, социологию, политологию, экономику?

Как мы уже отмечали, в физических науках проводится успешное исследование систем естественной природы на элементаристских началах. Солнечная система безусловно система, но заметим, что полное описание этой системы (в смысле общей теории движения планет) вытекает из соотношений ее элементов, в данном случае притяжения между Солнцем и планетами. Основания теории систем химических реакций сложнее, но также сводятся в конечном счете к соотношениям между элементами, например, между атомами и молекулами.

Не подлежит сомнению тот факт, что большую роль в интеграции естественных наук сыграл редукционизм. Законы химии удалось свести в значительной мере к законам физики благодаря раскрытию уже в нашем веке структуре атома, что позволило построить теоретическое обоснование таблицы Менделеева. Крупные успехи физиологии возникли на почве объяснения физиологических процессов биофизическими и биохимическими явлениями. Попытка объяснить психологические процессы с физиологической точки зрения (например, через процессы нервной системы) также является попыткой осуществления программы редукционизма.

Известно, что в данном случае успехи редукционизма весьма ограниченны, хотя и не равны нулю. Укажем, в частно-

сти, на раскрытие физиологической основы условного рефлекса. Были установлены центры, относящиеся к моторным и чувствительным функциям, к речи и даже к чтению. Последнее особенно примечательно, так как чтение как феномен возникло лишь несколько тысяч лет назад, а если учесть, что значительная часть человечества и в настоящее время все еще не умеет читать, то чтение вообще нельзя считать генетически наследуемым фактором. Следовательно, «центр чтения» управляет не собственно чтением, а чем-то другим, содержавшим потенцию к чтению, скажем способностью к организации знаковых символов в процессе мышления. Приведенные примеры, таким образом, свидетельствуют о том, что науке удалось обнаружить некоторые непосредственные связи между физиологическими и психологическими аспектами личности.

Еще более яркими примерами таких связей являются некоторые результаты исследований генетических основ поведения. Известно, что поведение насекомых довольно жестко обусловлено инстинктами. Иными словами, в природе наблюдаются формы поведения скорее всего врожденные, а не приобретенные в течение жизни. У человека также имеются аналогичные формы поведения. Например, новорожденный ребенок умеет сосать. Однако человеческое поведение чрезвычайно «гибко». Оно сильно изменяется в процессе обучения, в особенности в процессе социализации человеческой особи. Поэтому весьма трудно выделить врожденные компоненты человеческого поведения.

В начале нашего века генетикам удалось установить связи между некоторыми анатомическими и физиологическими характеристиками организмов, с одной стороны (например, цвет глаз, некоторые болезни, т. п.), и биологическими «атомами» (т. е. генами) — с другой. Пока неясно, каким образом гены предопределяют эти характеристики, но нет сомнения, что дальнейшее развитие физиологической генетики ответит на этот вопрос.

В исследованиях по генетике поведения в настоящее время особое внимание уделяется поведению насекомых. Формы их поведения настолько жестки, что есть надежда на то, что удастся разложить сложные формы поведения на их компоненты, а последние связать со специфическими функциями. Укажем на один интересный результат. У некоторых видов пчел наблюдается следующее поведение. Некоторые личинки оказываются дефективными, и пчелы выбрасывают их из улья. Для этого надо откупорить ячейку, в которой находится личинка, вытащить личинку и выбросить ее. Уда-

лось разложить это действие на два компонента: 1) откупорить ячейку и 2) вытащить личинку, причем была установлена генетическая независимость каждого компонента. В результате удалось развести две породы пчел. Одни лишь откупоривают ячейку, а другие этого не умеют, но, если ячейка уже откупорена, они вытаскивают личинку.

На основании такого рода результатов есть все основания предположить, что четкий водораздел между биологическими и бихевиоральными науками отсутствует. Очевидно, на стыке этих наук есть место, где представления биологических наук «просачиваются» в область бихевиоральных, которые, в свою очередь, непосредственно соприкасаются с социальными науками. Это свидетельствует об определенной перспективности редукционного подхода в социальных науках, хотя доводы антиредукционистов, выступающих за целостный подход при анализе сложных систем, выглядят достаточно обоснованными. Рассмотрим поэтому подробнее весьма непростое соотношение между этими противоположными концепциями.

РЕДУКЦИОНИЗМ И ОРГАНИЦИЗМ (ХОЛИЗМ)

Прежде всего отметим, что, как следует из изложенного, редукционизм, несмотря на критическое к нему отношение со стороны последователей концепции целостности, может и готов постоять за себя. Заметим, в частности, что в процессе развития биологии виталисты (ярые противники редукционизма) вынуждены были шаг за шагом отступать. Сначала они настаивали на том, что органические вещества не могут быть синтезированы, пока в 1828 г. Кёлеру не удалось синтезировать мочевину. Виталист Дриш пытался доказать экспериментально, что развитие зародыша невозможно объяснить «механически», а только на основании телеологической каузальности. Однако «доказать» ему удалось лишь то, что он не понял предпосылок механицизма. Кибернетические устройства наглядно показывают возможность имитации целеустремленного поведения и даже логического мышления. Философ Гамильтон отверг концепцию математической логики Буля на том основании, что «законы мышления» включают познание качеств и поэтому недоступны математическому анализу. Исторический опыт, вообще говоря, подсказывает, что к философским доказательствам «невозможности» следует относиться скептически. Приведем в этой связи меткий афоризм К. Боулдинга, видного представителя системного подхода: «Все, что существует,— возможно».

Однако то, что принципиально возможно,— это одно, а что практически реализуемо — это совсем другое. Возьмем в качестве примера химию. Эта наука была достаточно развита задолго до того, как обнаружились связи химических законов с физическими. Основные понятия химии — элемент, вещество, состав и т. д. возникли до представлений об атоме, молекуле, ионе и т. п. Связи с физическими концепциями были установлены еще позже, когда выяснилась взаимозависимость материи с электричеством и, наконец, когда физика обогатилась созданием квантовой механики. Тогда и окрепла связь между физикой и химией. Однако, как мы отметили, основы химии вначале носили, так сказать, автономный характер и были независимы от физических представлений.

В то время программа редукционизма еще не была сформулирована в философии науки. Представим, однако, редукциониста в конце XVIII в., когда были заложены основы современной химии как точной науки. Редукционист настаивал бы на необходимости строить химию на законах физики. Вместе с тем, поскольку концепции физики, известные в то время, «не дотягивали» до законов химии, из этого ничего бы не могло получиться. Прагматик-химик мог бы так ответить редукционисту: «Возможно, вы правы, что законы химии в конце концов сводимы к законам физики. Но так как сделать этого пока не удается, я предпочитаю в интересах науки развивать химию на основании ее собственных законов, предоставив сведение их к законам физики грядущим поколениям». Таким образом, прагматик-химик, так сказать, не ссорится с редукционистом, не становится на позиции антиредукционизма (которые, между прочим, в данном случае ошибочны), но и не стремится к пока нереальному, а берется за конкретную научную работу. Вообще для науки характерно движение по линии наименьшего сопротивления, т. е. стремление прорывать фронт в каждый данный момент в самом слабом его месте.

Аналогичным образом выглядит современный спор между редукционистами и органицистами, или холистами [1]. В достаточно широком понимании редукционист исходит из понимания действительности как состоящей из множества раз-

[1] В этой статье я использую понятия «концепция целостности», «органицизм», «организмизм» и «холизм» как равнозначные и имею в виду их, так сказать, научную составляющую, отвлекаясь от тех философских и тем более социально-идеологических интерпретаций, которые были приданы холизму, органицизму и т. п. Я. Смэтсом, С. Александером, А. Мейер-Абихом и др.

личных уровней организации первичных элементов, о конечной природе которых он не может в настоящее время сказать ничего определенного. Например, в начале нашего века действительность представлялась в виде совокупности электронов и протонов. В наши дни такая картина мира кажется столь же наивной, как картина Лапласа, который представлял Вселенную как совокупность физических тел. Тем не менее вера редукциониста в единство физической картины мира, которая в принципе сводима к каким-то первичным элементам, не пошатнулась.

Однако каждый здравомыслящий исследователь признает, что вера верой, но ей недопустимо приписывать статус научной теории. Тем более нецелесообразно опираться лишь на веру при создании методологии. Эффективная методология может быть построена только на результатах практики, а практика показывает, что целесообразно не пробиваться через барьеры между уровнями организации действительности, а обходить их, т. е. «перескакивать» с одного уровня на другой. Вера же в единство действительности поддерживает надежду, что со временем преграды будут преодолены. Где и когда это произойдет — снизу вверх или сверху вниз, неизвестно. Известно только, что это произойдет тогда, когда найдутся соответствующие эффективные методологические средства.

Отсюда следует, что положительная сторона целостного, системного подхода заключается именно в том, что его представители смело перескакивают на высшие уровни организации и строят «автономные» методы исследования, присущие этим уровням. Вместе с тем утверждения холистов, что редукция высших уровней к низшим или построение теорий высших уровней на основе теорий низших принципиально невозможны, представляются, на наш взгляд, слишком сильными.

Из сказанного можно заключить, что позиции редукционизма и холизма вполне примиримы, несмотря на их внешнюю несовместимость. Действительно, обратим прежде всего внимание на то, что эти позиции весьма относительны. Возьмем, к примеру, бихевиориста. С одной стороны, он редукционист, ибо пытается свести сложные формы поведения к схеме «стимул — реакция». С другой стороны, он отказывается от дальнейшего анализа элементов этой схемы, например от разложения реакций на нервные процессы, т. е. выступает как холист. Для бихевиориста нервная система — «черный ящик», в который он не хочет заглянуть. Анализ стимула его также не интересует. Именно здесь его концеп-

ция уязвима. Рассказывают анекдот об одном миссионере, который взялся изучать язык туземцев, предположим, на Новой Гвинее. Он научился спрашивать «Что это?» и повторял этот вопрос, указывая пальцем на разные предметы. К его удивлению, он получал один и тот же ответ. Выяснилось, что туземцы отвечали «палец».

Этолог, изучая поведение животных не в лаборатории, а на природе, так же как и бихевиорист, фиксирует элементы соответствующего поведения. По сравнению с элементами бихевиориста эти элементы «целостнее», но они все же элементы, например, животное «ест», «спит», «становится в угрожающую позу» и т. д. Задача этолога — выявить связи между этими элементами и целостным поведением живого организма. Как и бихевиорист, этолог — холист по направлению «вниз», но редукционист по направлению «вверх». Иначе говоря, положение на спектре «редукционизм — холизм» определяется «объемом» выделенных элементов для анализа или уровнем рассматриваемой организации.

Холистский подход часто обвиняют в расплывчатости, в склонности к мистицизму и т. п. Обвинение справедливо, поскольку холисты, критикуя редукционизм, прибегают к неясным концепциям или утверждениям, например, такого рода: «целое больше суммы его частей». Без дальнейших пояснений это утверждение остается просто лозунгом. Однако в конкретных случаях его можно уточнить. Описание системы не может быть ограничено перечислением ее компонентов. Оно должно включать описание связей между компонентами. Если таким образом понимать смысл утверждения «целое больше суммы его частей», никакой мистики в нем нет. Детская загадка иллюстрирует этот принцип: «А и Б сидели на трубе. А упало, Б пропало, что осталось на трубе?». Ответ — «и». «И» существует лишь при условии, что множество «А и Б» составляет систему. При распаде системы пропадает и «и».

Ж. Пиаже исследовал развитие различных систем понятий у детей, в частности формирование представлений об отношениях. Мальчику, имевшему одного брата, задавали вопрос: «У тебя есть брат?». «Есть»,— отвечал мальчик. «А у твоего брата есть брат?» До известного возраста мальчик отвечает: «Нет», т. е. для ребенка понятие «брат» не отношение, а свойство индивида. Брат — «брат»; он сам не «брат», он сам — «сам».

Итак, простейшее понятие системы как набора компонентов и связей между ними должно, на наш взгляд, оставаться в основе системного подхода. Представление о целостности

в системном подходе фиксирует те общие свойства систем, которые воспринимаются непосредственно, но которые на данном этапе развития науки невозможно свести к элементам более элементарного уровня.

В заключение настоящего раздела обратим внимание на то, что в спорах о редукционизме, как мне представляется, ошибочно ссылаться на онтологический статус того или иного уровня организации объектов. В свое время средневековые номиналисты утверждали, что Человека с большой буквы нет, что есть только люди, а «человек» (или человечество) лишь слово, обозначающее совокупность индивидов. Нет надобности указывать на ограниченность подобных взглядов. Что ответил бы номиналист на утверждение, что и «индивид», собственно, не что иное, как слово, обозначающее совокупность клеток?

Поэтому ограничение онтологической действительности теми или иными единицами приводит к непоследовательности и ошибкам. С точки зрения системного подхода всякая система имеет право на онтологическое существование, если она заслуживает того, чтобы быть признанной как система. Проблема построения соответствующей системной типологии представляет существенный методологический интерес, позволяя связать элементаристские и целостные представления в единую схему. Рассмотрим возможные подходы к решению этой задачи, которые опираются на такую системную характеристику, как «узнаваемость».

МАТРИЧНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ СИСТЕМНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Системное свойство «узнаваемости» присуще всякому объекту, воспринимаемому как таковой. Человеческая особь сохраняет свою тождественность, несмотря на то что все молекулы, из которых состоит тело, много раз на протяжении жизни заменяются другими. То же самое можно сказать о единицах, из которых состоит биологический вид, институт, общество и т. п. Все они остаются теми же самыми, «себетождественными» в том смысле, что «узнаются» несмотря на то, что их состав постоянно изменяется. Узнаваемость лежит в основе так называемого организмического подхода в исследовании сложных систем.

Основные концепции этого подхода заимствованы из биологии, а объекты исследования являются результатом обобщения понятия «организм», рассматриваемого на разных уровнях. На низшем уровне организации — клетка, на

более высоком — орган или ткань, далее — индивид, т. е. традиционный организм. Следуя далее по биологической «лестнице», можно выделить вид, род, семейство, класс, тип, царство, наконец, биосферу. По социальной ветви иерархии за индивидом идет «малая группа» (например, семья, артель, небольшой коллектив), затем большая группа (институт, предприятие, общественные организации), далее общество или страна, на высшем уровне — международная система.

Два приверженца этой схемы Р. Жерар [3] и Дж. Миллер [4] предприняли попытку представить уровни организации в виде строк матрицы. Столбцы матрицы Жерара фиксируют свойства, которые, на его взгляд, присущи всем системам: структуру, функционирование и эволюцию. Столбцы матрицы Миллера фиксируют подсистемы, которые, на его взгляд, входят в состав всех «живых» систем.

Рассмотрим сначала схему Жерара. Каждое пересечение строки и столбца определяет предмет исследования некоторой дисциплины. Например, структура клетки — предмет исследования цитологии, структура индивида — анатомии, структура общества — социологии. Эволюцией индивида занимаются эмбриология и психология развития, эволюцией общества — история. Если «эволюция» относится к длительным, типично необратимым процессам, то «функционирование» — к непродолжительным и обычно обратимым (восстанавливаемым) изменениям состояния системы.

Одним из главных понятий общей теории систем является понятие «гомеостаз» (восстановления равновесия). На уровне индивида гомеостаз — предмет исследования физиологии. На этом уровне имеют место механизмы гомеостаза, известные в виде биохимических, нервных или гормональных процессов. На уровне поведения подобный анализ пока не проведен, однако очевидно, что, когда голодное животное ест или ищет корм или при виде хищника бежит, гомеостаз действует на уровне поведения, ибо эти формы поведения способствуют сохранению (выживанию) системы.

В связи с понятием «гомеостаз» возникает интересный вопрос, подсказанный системным подходом. Возможно ли обобщение этого понятия для уровня социальных систем? Иначе говоря, существуют ли механизмы, способствующие сохранению систем типа семьи, предприятия, общества? Казалось бы, подобные механизмы должны существовать в силу того, что социальные системы обладают известной стабильностью. Социологи и социоантропологи так называемого функционалистского направления считают выявле-

ние такого рода механизмов главной задачей своих дисциплин (Т. Парсонс — главный представитель этого направления в социологии). Для функционалиста важны «консервативные» аспекты социальной или культурной системы. Его интересуют способы «защиты» системы против распада, меры, предпринимаемые сознательно или нередко стихийно против «угроз» социальным институтам, традициям, многослойной структуре общества или данной общепринятой идеологии.

Критика функционализма не ограничивается указанием на неполноту этого подхода, при котором игнорируются развитие, эволюционный аспект систем. Функционализм нередко критикуют с точки зрения определенных ценностных соображений. Так, часто говорят, что традиции тормозят «прогресс», сохраняют «окостеневшую» структуру общества (классы, касты) вкупе с эксплуатацией, отчуждением и т. п. Однако среди функционалистов имеются не только консерваторы или реакционеры. К функционалистам относятся также социо-антропологи, защищающие так называемые «примитивные» культуры от натиска колонизаторов. Не только прямая эксплуатация «примитивных» народов, но и «навязывание» чужих производственных, экономических, политических и социальных форм, пусть с искренне добрыми намерениями, нередко разрушают, по мнению антропологов-функционалистов, жизнеспособные культуры.

Схема «общей теории систем» Миллера отражает крайние позиции функционализма. Хотя строки миллеровской матрицы (характеризующей, как и схема Жерара, лишь «живые» системы) те же, что и в жераровской — от клетки до общества, однако исторический аспект, отраженный в схеме Жерара в столбце «эволюция», отсутствует в схеме Миллера. Он рассматривает уровни организации лишь в синхронном плане (что характерно для функционализма). Каждая «живая» система, на взгляд Миллера,— это обобщенный организм. Задача теории живых систем — выделить «подсистемы», выполняющие функции сохранения системы. Столбцы матрицы Миллера и представляют эти «подсистемы» (их всего 19), которые, по Миллеру, имеют место в каждой живой системе на определенном уровне. Дальнейшая задача теории — установление и эмпирическая проверка гипотез, касающихся функционирования подсистем на всех уровнях организации.

Функции, выполняемые подсистемами, входящими в состав всех «живых» систем, являются, по Миллеру, обобщениями функций, наблюдаемых в биологических организмах. Так, системы на всех уровнях включают, на взгляд Миллера, подсистемы с функциями «распределения», «размножения»,

«контроля», «коммуникации», поступления материи или энергии извне и т. п. В книге Дж. Миллера [4] приведен огромный эмпирический материал, помогающий заполнить клетки его матрицы.

И Миллер и Жерар считают, что главная задача общей теории систем — установление аналогий. Разница между их подходами в том, что категории Жерара абстрактны: они относятся к общим свойствам систем; категории Миллера конкретны: они относятся к специфичным компонентам, которые якобы имеются во всех живых системах. Трудно не согласиться с Жераром, что всякий объект, который целесообразно рассматривать как систему, обладает структурой и соответствующим образом реагирует на входы среды. Присуще развитие (эволюция) каждой системе или нет, зависит от отрезка времени, на котором рассматривается данная система. Во всяком случае, развитие свойственно всякой живой системе, так как все они проходят жизненный цикл.

Итак, если предположить, что структура, функционирование и развитие характерны для всех объектов, которые целесообразно рассматривать как системы, то схема Жерара обеспечивает научное исследование аналогии как основы системного подхода к научному познанию.

В схеме Миллера «клетки матрицы» содержат a priori выделенные понятия, вытекающие из предпосылки, что всякая живая система (клетка и др.) должна содержать набор подсистем, аналогичных механизмам, наблюдаемым в биологических системах. Задача теории — рассмотреть соответствующие подсистемы на каждом уровне и проанализировать гипотезы, относящиеся к аналогиям между функционированиями этих подсистем на разных уровнях. Предполагается, например, что каждый коллектив имеет центр управления, соответствующий мозгу индивида или правительству страны; что система кровообращения животного в каком-то смысле аналогична системе распределения доходов в стране и т. д.

В некотором смысле матрица Миллера — «аналог» менделеевской таблицы. В силу этого можно было ожидать, что ее незаполненные клетки со временем будут заполнены. С таблицей Менделеева, как известно, так и было, потому что она действительно отражает структуру материи. Хотя структура эта (т. е. внутренняя, атомная структура) была Менделееву неизвестна, он все же «уловил» ее главную особенность (периодичность элементов).

О категориях Миллера этого сказать нельзя. Из всех уровней систем, выявленных в этой схеме, разве только поня-

тия «клетка» и «индивид» достаточно четки для развития теории этих систем. Приписывать подобный онтологический статус понятиям «группа», «организация», «общество» вряд ли целесообразно. Правда, те же категории входят в схему Жерара, но понятия, соответствующие столбцам жераровской матрицы — структура, реактивность, развитие,— достаточно гибки и потому применимы к всевозможным представлениям о группе, обществе и т. п. Миллеровские подсистемы, напротив, выступают в роли конкретных механизмов. Вряд ли можно ожидать, что во всякой «группе» (как бы ни понималась «группа») или во всякой «организации» (как бы ни понималась «организация») будут вскрыты и «распределитель», и «размножитель», и даже «стимул» только потому, что эти механизмы имеются в биологических организмах.

Проведенное сопоставление жераровской (на наш взгляд, удачной) и миллеровской (не совсем удачной) схем общей теории (живых) систем позволяет выявить как продуктивную, так и обманчивую роль аналогии в построении теорий. Установить признаки, по которым можно автоматически было бы отличить плодотворные аналогии от неплодотворных, весьма трудно. Вместе с тем можно сказать, что неплодотворные аналогии обычно подсказываются лишь ограниченным опытом, в то время как плодотворные выявляются в результате более глубокого анализа. Средневековая аналогия между государством и человеческим телом (король — голова, церковь — сердце, армия — руки и т. д.) наивна. Аналогии, основанные на изоморфизме математических моделей, часто являются весьма интересными. Заметим, что границы применимости математических аналогий жестко определены структурой соответствующих математических моделей.

История науки показывает, что самыми интересными являются аналогии, границы применимости которых не выявлены четко, но которые глубоко «укоренены» в структуре действительности. Одна из наиболее плодотворных, на мой взгляд,— это аналогия между различными типами эволюционных процессов. Теория эволюции языков, как и теория эволюции биологических видов, возникла на основании строго иерархической таксономии. Точно так же, как биологические виды, языки легко группируются в «роды», «семейства» и более крупные категории. На основании этой типологии были установлены «языки-прародители», которые благодаря географическому разделению народов, говорящих на них, «расщепились» на «дочерние» языки. Иначе говоря, эволюция языков как бы «подражала» процессу биологической эволюции.

Насколько плодотворна эта аналогия? Соответствует ли она структурной аналогии, связывающей эволюцию биологических видов и эволюцию языков? Например, возможно ли выявить в эволюции языков процесс, аналогичный естественному отбору в эволюции видов? Такая постановка вопроса влечет за собой другие вопросы. Если в эволюции языков действует естественный отбор, то на какие первичные единицы он действует? Ясно, что не на сами языки. Хотя языки и имеют «потомков», их слишком мало для того, чтобы закон больших чисел «делал свое дело», как в огромных биологических популяциях. Чтобы обосновать предпосылку о естественном отборе, действующем в силу закона больших чисел, необходимо указать на нечто аналогичное в многомиллионной или многомиллиардной биологической популяции. Возможно, что совокупности произнесенных звуков (на уровне фонетики) или морфем, наделенных смыслом (на уровне семантики), являются такими аналогами популяций. «Потомки» произнесенного звука — это имитирующие его произношения. Вариации произношения соответствуют «мутациям». Если измененное произношение имеет преимущество (легче, лучше сочетается с другими звуками, заглушает ненужное различие), оно воспроизводится чаще старого (имеет «больше потомства»), и, наконец, вытесняет старое произношение. Аналогичный процесс может иметь место на уровнях семантики и грамматики.

В заключение сформулируем общий вывод. Как показало наше рассмотрение, между аналитическим (элементаристским) и организмическим (холистским) подходами к общей теории систем существует множество промежуточных подходов, в которых реализуются как строгий логический анализ (во всяком случае, в определенной степени), так и достаточно интуитивный принцип «узнаваемости», из которого невозможно полностью удалить субъективный момент.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Блауберг И. В., Садовский В. Н., Юдин Э. Г.* Системный подход: предпосылки, проблемы, трудности. М.: Знание, 1969. 48 с.
2. *Рапопорт А.* Принцип математического изоморфизма в общей теории систем.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1973. М.: Наука, 1973, с. 158—172.
3. *Gerard R. W.* Units and Concepts of Biology.— Science, vol. 125, p. 429—433.
4. *Miller J. G.* Living Systems. N. Y.: Mc Graw-Hill, 1977.

НАУКА О СИСТЕМАХ: НОВОЕ ИЗМЕРЕНИЕ НАУКИ*

Дж. КЛИР

ВВЕДЕНИЕ

В настоящей статье предпринимается попытка подвести некоторые итоги разрабатываемой авторами на протяжении 20 лет концепции общей теории систем или более широко — системной науки. Содержательно эта концепция опирается на опыт современных разработок системной проблематики, в том числе и в работах советских специалистов.

Одной из главных особенностей науки второй половины XX в. является возникновение ряда связанных между собой интеллектуальных сфер, таких, как кибернетика, общая теория систем, теория информации, теория управления, математическая теория систем, теория решений и исследования по искусственному интеллекту. Все эти сферы, появление и развитие которых в значительной мере обусловлены возникновением и успехами вычислительной техники, характеризуются одной общей чертой: они имеют дело с такими системными проблемами, в которых преобладают информационные, реляционные или структурные аспекты, в то время как сущности, формирующие систему, являются для них гораздо менее важными. В настоящее время становится очевидным, что эти взаимосвязанные интеллектуальные сферы исследования полезно рассматривать как части более широкой области, обычно называемой *наукой о системах.*

Если наука о системах — наука в обычном смысле слова, то в ней должны быть выделены три основных компонента:

1) *область* исследования;

2) корпус *знания*, относящийся к этой области;

3) *методология* (множество связанных друг с другом методов) приобретения нового знания внутри этой области и применения знания к этой области.

Цель данной статьи — охарактеризовать эти три компонента науки о системах: область исследования, корпус зна-

---

* Статья специально написана для ежегодника и представляет собой переработанный вариант доклада, прочитанного Дж. Клиром во Всесоюзном научно-исследовательском институте системных исследований ГКНТ и АН СССР в 1981 году. Перевод с английского В. Г. Горохова.

ния и методологию. Кроме того, мы попытаемся показать, что наука о системах занимает особое место по сравнению с другими науками и поэтому ее уместно рассматривать как новое измерение науки.

КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ

С полным правом мы можем утверждать, что область исследования каждой научной дисциплины представляет собой определенный класс систем. Термин «*система*» употребляется при этом в своем обычном значении, которое можно найти в любом словаре, т. е. он относится к множеству предметов (атрибутов, переменных, объектов, компонентов, явлений и т. д.), связанных некоторым образом и благодаря этой взаимосвязи образующих определенное целое. Названные два аспекта системы — *множество предметов* определенного рода и *множество отношений* с некоторыми характерными признаками [1] — являются двумя очевидными основаниями для классификации систем. В соответствии с этим классификацию систем можно осуществить при помощи следующих двух фундаментальных критериев:

а) по виду множеств предметов системы;

б) по виду семейств отношений между предметами системы.

Классификационные критерии а) и б) не сводятся друг к другу и могут комбинироваться друг с другом. Критерий а) иллюстрируется традиционной классификацией науки и техники по дисциплинам и специальностям, каждая из которых концентрируется на изучении определенного рода объектов (физических, химических, биологических, политических, экономических и т. д.) без указания на какие-либо особые виды отношений. Поскольку разного рода объекты требуют и различных экспериментальных (инструментальных) процедур получения данных, то эта классификация в сущности *основана на эксперименте*. Критерий б) ведет к принципиально отличным классам систем, каждый из которых характеризуется специфическими отношениями без какого-либо указания на тип предметов, на которых эти отношения определены. Эта вторая классификация касается обработки, а не получения данных, и поэтому она является *теоретической*.

[1] Термин «отношение» используется в данной статье в широком смысле, охватывающем целое множество таких сходных терминов, как «структура», «ограничение», «информация», «организация», «взаимосвязь» и т. п.

В этой статье далее будет показано, что самыми широкими классами систем, выделенными в соответствии с критерием б) являются те, которые характеризуют различные *эпистемологические уровни*. Последние, в свою очередь, будут детализироваться посредством *методологических различений*. Наименьшими классами систем являются *классы изоморфных систем*. Так как системы в каждом отдельном классе изоморфных систем могут строиться из совершенно различных предметов, то оказывается полезным выбрать одну конкретную систему в этом классе в качестве представителя этого класса. Такие системы называются *абстрактными системами* и определяются как стандартные и неинтерпретируемые системы, причем каждая такая система является представителем класса всех систем, изоморфных этой системе. Термин «стандартный», который только что был использован, означает, что описание системы должно удовлетворять определенным соглашениям, принимаемым главным образом в зависимости от способа использования системы. В качестве стандартного описания может быть принята, например, такая форма описания, с помощью которой система представима в ЭВМ.

Несмотря на то что классификация систем в соответствии с критерием б) чужда традиционной науке, ее важность в последнее время все более и более осознается. Сегодня, как ранее мы отметили это, *наукой о системах* называют все исследования, направленные на изучение тех свойств систем и соответствующих проблем, которые вытекают из этой классификации. В этом смысле наука о системах — это тип научной деятельности, которая имеет теоретическую направленность и которая является дополнительной к экспериментально направленной традиционной научной деятельности.

НАУКА О СИСТЕМАХ

Область исследования науки о системах состоит из всех видов реляционных свойств, справедливых для отдельных классов систем или в некоторых случаях для всех систем. Реляционная классификация систем определяет способ, с помощью которого область систем подразделяется на подобласти аналогично тому, как традиционная наука подразделяется на различные дисциплины и специальности.

Знание в науке о системах, т. е. знание, связанное с различными классами реляционных свойств систем, может быть получено либо математически, либо с помощью модельных экспериментов на ЭВМ.

Примерами математически полученного знания в науке о системах могут служить закон необходимого разнообразия Эшби [1, 2], принципы максимума энтропии и минимума информации [36] или различные законы информации, управляющие системами [10, 43].

Примерами экспериментально полученного знания о системах могут быть различные результаты для разных классов систем относительно влияния величины системы (количества рассматриваемых переменных) и ее связанности (процентного отношения зависимостей среди переменных) на вероятность устойчивости систем [13, 14, 17; 29, 30]; знание о взаимосвязи между структурами и поведением систем [32]; зависимость средней продолжительности цикла и других поведенческих характеристик от величины систем [16, 41, 42]; различные характеристики, необходимые для анализа реконструируемости систем [22, 25, 26].

Математически полученное знание о системах может быть иногда дополнено знанием, полученным с помощью моделирования на ЭВМ. Так, например, экспериментальные исследования вероятности устойчивости линейных систем были выполнены Гарднером и Эшби для систем не более чем с десятью переменными [14]. Несколько позже Мэй дополнил их исследования аналитической оценкой того же самого класса систем при условии, «когда число переменных велико» [31]. Его математические результаты в основном согласуются с экспериментальными результатами Гарднера и Эшби, хотя для малого числа переменных наблюдается некоторое расхождение, которое, очевидно, обусловлено допущением о большом числе переменных при аналитическом подходе.

Когда речь идет об экспериментально полученном знании, то именно ЭВМ представляет собой *лабораторию науки о системах.* Компьютер позволяет ученому— специалисту в науке о системах — ставить эксперименты точно так же, как это делают другие ученые в своих лабораториях, хотя экспериментальные сущности, с которыми он имеет дело, являются абстрактными структурными свойствами (моделируемыми на ЭВМ), а не специфическими свойствами объектов реального мира [26].

Системная методология — это совокупность связанных между собой методов изучения реляционных свойств различных классов систем и решения системных проблем, т. е. проблем, относящихся к тем или иным реляционным аспектам систем. Классификация систем с реляционной точки зрения является ядром системной методологии. Если такую классификацию хорошо обосновать и детально развить, то

она может служить основой для исчерпывающего описания и таксономии системных проблем. Конечная цель системной методологии — обеспечить потенциальных пользователей, специализирующихся в различных дисциплинах и проблемных областях, методологическими средствами исследования всех типов системных проблем.

С позиций дисциплинарной организации традиционной науки очевидно, что наука о системах является междисциплинарной. Можно сделать по крайней мере два важных вывода из этого факта. Во-первых, знания о системах и методология науки о системах непосредственно применимы, по крайней мере в принципе, фактически во всех традиционных научных дисциплинах. Во-вторых, наука о системах обладает определенной гибкостью в изучении реляционных свойств систем и соответствующих проблем, возникающих при изучении тех или иных аспектов, относящихся к различным объектам традиционных дисциплин и специальностей. В результате такие междисциплинарные системы и проблемы могут исследоваться как целостности, а не как конгломераты дисциплинарных подсистем и подпроблем.

ОБЩИЙ РЕШАТЕЛЬ СИСТЕМНЫХ ПРОБЛЕМ

Очевидно, что наука о системах может быть развита с помощью различных концептуальных структур. Каждая такая структура основывается на определенной классификации систем, и каждая такая классификация приводит к различным областям исследования науки о системах, а также к различным множествам проблем и соответствующих им методологических средств. Опишем кратко концептуальную схему для построения науки о системах, которую я предложил более десяти лет тому назад [18] и которую позже развил в концепцию *общего решателя системных проблем* (ОРСП) [7, 40]. На абстрактном уровне ОРСП выступает как концептуальная схема решения системных проблем; на конкретном — как интегрированный пакет программ для ЭВМ, необходимых для рассмотрения системных проблем (допустимых внутри этой концептуальной схемы) и для взаимодействия с пользователями.

Четыре задачи стимулировали разработку ОРСП: 1) идентифицировать и операционально описать как можно больший класс действительно системных проблем; 2) установить полезную таксономию систем, системных проблем и соответствующих методологических средств; 3) выявить системные проблемы, которые методологически плохо разработаны,

и приступить к их исследованию; 4) обеспечить основу разработки стратегии для помощи лицам, принимающим решения (ученым, инженерам, руководителям), в выявлении и формулировке стоящих перед ними проблем. Концептуальная схема ОРСП развивалась в результате исследования понятия системы и связанных с ним проблем в различных дисциплинах, категоризации этих проблем и их интеграции в связное целое. Важно подчеркнуть, что процесс построения ОРСП имеет непрерывный характер. В каждый момент времени существующая схема ОРСП считается предварительной. Она приспособляется к нуждам ее пользователей, при обнаружении каждого нового ранее не выделенного типа систем, типа проблем или методологических средств она пересматривается, а в случае необходимости расширяется или соответствующим образом модифицируется. Следовательно, ОРСП может рассматриваться как развивающаяся исследовательская программа.

Исходными понятиями ОРСП являются таксономии систем и требования (цели, ограничения), в соответствии с которыми отдельные системы и требования классифицируются по *типам систем* и *типам требований*. В связи с этим системные проблемы классифицируются в терминах выделенных систем и требований и, основываясь на их таксономиях, распределяются по *типам проблем*. При условии достаточной разработанности ОРСП пакет методологических средств должен быть доступен для каждого из выделенных типов проблем. Кроме того, пользователю должно быть доступно множество способов задания вопросов, ответы на которые могут помочь ему в идентификации и формулировке своих проблем в рамках ОРСП.

Применение ОРСП или аналогичных конструкций в науке о системах для изучения отдельных систем требует взаимодействия таких конструкций с соответствующими дисциплинами. Такое взаимодействие основывается на двух дуальных и альтернативно используемых процедурах: *абстракции* и *интерпретации*. В научном исследовании применение этих процедур является непрерывным и никогда не завершается [27, 28].

ИЕРАРХИЯ ЭПИСТЕМОЛОГИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ СИСТЕМ

Каркасом таксономии систем в целях построения ОРСП является иерархия *эпистемологических уровней* систем. По-видимому, иерархия в том или ином ее виде необходима

для разработки любого пакета методологических средств решения системных проблем [18, 23, 24, 45, 46].

Предлагаемая нами иерархия систем строится на основе следующих исходных понятий: *исследователь* (наблюдатель) и окружающая его среда; исследуемый (наблюдаемый) *объект* и окружающая его среда; *взаимодействие* между исследователем и объектом.

На нижнем уровне этой иерархии, обозначаемом как уровень 0, *система представляет собой то, что различается исследователем как система.* Другими словами, исследователь выбирает способ, с помощью которого он хочет взаимодействовать с исследуемым объектом. В большинстве случаев его выбор не является абсолютно произвольным; он, по крайней мере частично, детерминирован целью исследования, исследовательскими ограничениями (наличными измерительными инструментами, финансовыми, временными, правовыми ограничениями и т. д.) и имеющимися знаниями, относящимися к данному исследованию. Прекрасным образцом анализа сформулированного весьма общего понятия «система» является следующая цитата из недавней статьи Б. Гэйнса:

«*Определение. Система есть то, что различается как система.* На первый взгляд это определение не является содержательным. Естественно, что системы необходимо различать как системы. Сказано ли этим что-нибудь? Есть ли здесь какое-либо возможное основание для построения науки о системах? Я хочу ответить на оба эти вопроса утвердительно и показать, что данное определение весьма конструктивно и его интерпретации достаточно богаты.

Отметим прежде всего на одно напрашивающееся возражение по поводу приведенного определения и обратим его в нашу пользу. Вы можете спросить: «Что собственно системного в этом определении? Не могу ли я равным образом применять такое определение ко всем другим объектам, которые я желаю определить?»— и сказать, например: «Кролик есть то, что различается как кролик».

«Нет,— отвечу я,— мое определение адекватно определяет систему, а ваше неадекватно определяет кролика». Сущность теории систем заключается в том, что в ней различение чего-то в качестве системы является необходимым и достаточным критерием существования этого нечто как системы, и это истинно только для систем. В то же время различение чего-то как нечто другого — это необходимый критерий его существования, но он не является достаточным.

Говоря более метафорично, мы можем сказать, что система находится на высшем уровне иерархии существования,

что означает, что она занимает весьма важное место в мире. Вероятно это так. Вместе с тем когда мы осознаем, что мы приходим к этому утверждению в результате того, что отказываемся приписывать системе какие-то другие важные характеристики, то такой способ нашего поведения действительно может показаться разочаровывающим. Я считаю, что приведенное определение системы как того, что однозначно определяется его различением как системы, объясняет многие достоинства и недостатки теории систем. Сила понятия системы — в его полной абстрактности; и мы подчеркиваем это в термине «общая теория систем», не требуя при этом никакой его дополнительной квалификации и не пытаясь затемнить предмет нашего рассмотрения путем придавания ему респектабельности *математической теории систем.* Слабость и, как это ни парадоксально, основная сила этого понятия — в отсутствии необходимости проводить дальнейшие различения. Это слабость, когда нам не удается оценить значение таких различений для рассматриваемого нами содержания. Однако это и сила, когда дальнейшие различения не нужны нам для исследования и только служат затемнением общей истины путем выражения ее на специализированном жаргоне. В результате совершенно неудивительно, что общая теория систем получает самые крайние оценки — как положительные, так и отрицательные» [11, с. 1—2].

Форма взаимодействия исследователя с объектом может быть описана рядом альтернативных способов. В схеме ОРСП система на эпистемологическом уровне 0 определяется множеством переменных, множеством потенциальных состояний (значений), распознаваемых для каждой переменной, и некоторым операциональным способом описания значений переменных и их состояний в терминах атрибутов реального мира и их проявлений. Системы данного уровня можно назвать «*исходными системами*» (*primitive systems*), подчеркивая тем самым то обстоятельство, что они представляют собой исходную стадию в процессе системного исследования, т. е. то различение, которое мы собираемся исследовать. Другие наименования для таких систем, используемые в литературе,— это «*система-источник*» (т. е. источник эмпирических данных) и «*система без данных*» (формальное определение понятия исходной системы дано во многих работах [22—25]).

При применении системной методологии для решения проблем реального мира необходимо определять значение (семантику) используемых переменных и их состояний; для развития и описания собственно системной методологии этого не требуется. Поэтому значения переменных и их состояний,

которые, как правило, определяются в результате наблюдения или измерения, в данной статье не обсуждаются.

Множество переменных обычно расчленяется на два подмножества: *базисных* и *опорных переменных*. Совокупность состояний всех опорных переменных формирует опорное множество, обычно называемое *параметрическим множеством*, внутри которого происходят изменения в состояниях отдельных базисных переменных. Наиболее распространенными примерами опорных переменных являются время, пространственное положение и различные популяции индивидов одного и того же рода (социальные группы, множество стран, множество производственных продуктов одного вида и т. д.).

Исходные системы целесообразно классифицировать в соответствии с разными критериями, с помощью которых различаются методологически важные специальные свойства переменных или множеств состояний. В соответствии с одним из таких критериев базисные переменные могут быть разделены на *входные* и *выходные переменные*. При таком разделении состояния входных переменных рассматриваются как условия, которые влияют на выходные переменные. Входные переменные не являются предметом исследования; считается, что они детерминируются некоторым фактором, не являющимся частью рассматриваемой системы. Такой фактор называется *окружающей средой* системы [12, 18]. Окружающая среда во многих случаях включает в себя и исследователя. Важно не смешивать понятие входных переменных с понятием независимых переменных.

Системы, переменные которых подразделяются на входные и выходные, называются *направленными* (*directed*) системами; те же системы, переменные которых не классифицируются таким образом,— *нейтральными* (*neutral*). Ряд дополнительных различений принимается для множеств состояний, связанных с рассматриваемыми переменными (базисными или опорными), которые служат основой для дальнейшей методологической классификации этих «систем-источников». Они включают, в частности, различения: 1) жестких и размытых множеств состояний; 2) дискретных и непрерывных множеств состояний; 3) множеств состояний без фиксации их специальных свойств; упорядоченных множеств состояний (частично упорядоченных или линейно упорядоченных); множеств состояний, которые образуют метрическое пространство, и т. д.

Системы более высоких эпистемологических уровней отличаются друг от друга уровнем имеющегося знания о пе-

ременных соответствующей системы-источника. Система более высокого уровня включает в себя все знания о соответствующих системах на любом более низком уровне и содержит некоторое дополнительное знание, которого нет на низших уровнях.

Когда исходная система дополняется данными, т. е. реальными состояниями базисных переменных в рамках определенного параметрического множества, мы рассматриваем новую систему (исходную систему с данными) как систему, определенную на эпистемологическом уровне 1. Системы на этом уровне называются *системами с данными* (*data systems*). В зависимости от интересующей нас проблемы данные могут быть получены с помощью наблюдения или измерения (при системном моделировании) или определены как желаемые состояния (при системном проектировании).

Обозначим через P и D соответственно исходную систему и систему с данными. В этом случае

$$D = (P;\ d),$$

где d обозначает данные для исходной системы. Если переменные являются *жесткими* (вполне определенными), то

$$d : W \to V,$$

где W, V обозначают соответственно множество параметров и полное множество всех состояний базисных переменных исходной системы P. Если эти переменные являются *размытыми*, то

$$d : W \times V \to [0, 1],$$

т. е. d — функция принадлежности, определяющая размытое отношение на декартовом произведении $W \times V$ (см. [44]).

Более высокие эпистемологические уровни включают в себя знание о некоторых *параметрически инвариантных реляционных характеристиках* рассматриваемых переменных, с помощью которых могут генерироваться данные (в детерминистической, размытой или стохастической форме) при соответствующих граничных условиях. На уровне 2 имеется знание о полном параметрически инвариантном отношении между базисными переменными соответствующей исходной системы и, возможно, некоторыми ее дополнительными базисными переменными. Каждая из дополнительных базисных переменных определяется с помощью специального *правила перевода* в параметрическое множество, применяемого либо к базисной переменной исходной системы, либо к гипотетической (ненаблюдаемой) переменной, вводимой пользовате-

лем (тем, кто моделирует или проектирует систему). Такие гипотетические переменные обычно называются *внутренними переменными*. В силу того что полное параметрически инвариантное отношение (инвариантное во времени, пространственно-инвариантное, популяционно-инвариантное) описывает полный процесс, посредством которого состояния базисной переменной могут быть получены внутри параметрического множества для каждого начального или граничного условия, системы, определенные на уровне 2, называются *порождающими системами* (*generative systems*). В таких системах для каждого мгновенного значения параметра все состояния всех выбранных базисных переменных не только имеют отношение друг к другу, но могут быть также отнесены к своим собственным состояниям в выбранных *окрестностях* этих мгновенных значений параметра в параметрическом множестве. Требуется, чтобы такая окрестность на этом эпистемологическом уровне была одной и той же для каждого мгновенного значения параметра; такие окрестности обычно называются *слепками* (*masks*) [18]. Параметрически инвариантное отношение может иметь ряд альтернативных форм; существуют процедуры, переводящие их друг в друга [19, 21]. Одной из наиболее часто используемых таких форм является отношение перехода состояний.

Таким образом, порождающая система формально может быть определена как

$$G = (P,\ M,\ R),$$

где P, M, R обозначают соответственно исходную систему, слепок и отношение некоторого рода (детерминистическое, вероятностное или размытое отношение перехода состояний). Некоторые конкретные примеры отношения R и процедуры перевода любой формы этого отношения в другие формы описаны в статьях [6, 19, 21].

На эпистемологическом уровне 3 система определяется в терминах множества порождающих систем (или иногда систем более низкого уровня), называемых *подсистемами* полной системы. Такие подсистемы могут быть связаны друг с другом — они могут иметь некоторые общие переменные или могут взаимодействовать друг с другом каким-либо иным образом [39]. Системы на данном уровне называются *структурированными системами* (*structure systems*).

В зависимости от эпистемологического уровня входящих в них подсистем выделяются три типа структурированных систем: *порождающие структурированные системы* (*GS*), *структурированные системы с данными* (*DS*) и *исходные*

структурированные системы (*PS*). Формально эти типы систем могут быть описаны следующим образом:

$$GS = ((G_i \mid i \in I), \quad (C_{j,k} \mid j, k \in I)),$$
$$DS = ((D_i \mid i \in I), \quad (C_{j,k} \mid j, k \in I)),$$
$$PS = ((P_i \mid i \in I), \quad (C_{j,k} \mid j, k \in I)),$$

где I обозначает множество идентификаторов подсистем (порождающих подсистем — G_i, подсистем с данными — D_i, исходных подсистем — P_i), а $C_{j,k}$ обозначает связи (или другие формы взаимодействия) между подсистемами, обозначенными соответственно через j и k.

Обычно предполагается, что каждое взаимодействие между двумя подсистемами является *локально согласованным*. Например, если взаимодействие между двумя поведенческими подсистемами определяется тем, что они имеют общие переменные, считается, что проекции (в обычном теоретико-множественном смысле) отношений, имеющих место в этих подсистемах, в множество состояний общих переменных являются в точности одинаковыми [23]. Однако, когда порождающие подсистемы строятся из множества данных, полученных независимо друг от друга (возможно, различными экспериментальными группами), это предположение не оправдывается.

При анализе систем с локально несогласованной структурой не могут применяться обычные логические процедуры. Здесь необходимы новые процедуры, с помощью которых могут быть устранены внутренние несоответствия между входящими в них подсистемами. Разработка таких процедур началась недавно [33—35] и справедливости ради следует сказать, что она до сих пор недостаточно продвинулась вперед.

На эпистемологическом уровне 4 и более высоких эпистемологических уровнях предполагается, что система изменяется внутри параметрического множества, определенного соответствующей системой-источником. На уровне 4 характеристика изменений, т. е. определенное правило, отношение, процедура, является параметрически инвариантной; такие системы называются *метасистемами* (*metasystems*). На уровне 5 считается, что соответствующая характеристика изменяется внутри параметрического множества в соответствии с параметрически инвариантной характеристикой более высокого уровня; такие системы называются *метаметасистемами* (*meta-metasystems*) или метасистемами второго по-

рядка. *Метасистемы более высоких порядков* определяются аналогичным образом (см. [24]).

Подсистемы структурированной системы, как было сказано ранее, могут быть либо порождающими системами, либо системами с данными, либо исходными системами. Аналогично системы, входящие в метасистему порядка k, формируются на любых более низких уровнях. Обозначим через $k_{\max}$ порядок самой высокой рассматриваемой метасистемы. Тогда все эпистемологические типы системы в схеме ОРСП вместе с отношением «находиться на более низком эпистемологическом уровне, чем» образуют решетку такого вида:

Системы	Непосредственно предшествующие системы в решетке		
$GSM\ (k)$	$GSM_i(k-1)$,	$DSM\ (k)$,	$GM\ (k)$
$DSM\ (k)$	$DSM\ (k-1)$,	$PSM\ (k)$,	$DM\ (k)$
$PSM\ (k)$	$PSM\ (k-1)$,	$PM\ (k)$	
$GM\ (k)$	$GM\ (k-1)$,	$DM\ (k)$	
$DM\ (k)$	$DM\ (k-1)$	$PM\ (k)$	
$PM\ (k)$	$PM\ (k-1)$		
GS	DS, G		
DS	PS, D		
PS	P		
G	D		
D	P		
P	Не существует		

При описании этой решетки использованы следующие обозначения: P — исходная система, D — система с данными, G — порождающая система, S — структурированная система, $M\ (k)$ — метасистема порядка k ($k=1, 2, \ldots, k_{\max}$). Мы принимаем также следующее соглашение: $XM\ (0) = X$, где $X \in \{GS, DS, PS, G, D, P\}$. Комбинации из нескольких букв при описании данной решетки используются для описания эпистемологического уровня полной системы, а также типа систем, которые ее составляют. Так, например, $GSM(k)$ — символ для обозначения метасистемы k-го порядка, определенной в терминах структурированных систем, чьи подсистемы являются порождающими системами, т. е.

$$GSM\ (k) = ((GSM_i\ (k-1) \mid i \in I);\ r\ (k)),$$

где $r\ (k)$ обозначает *правило* (процедуру, отношение и т. п.), описывающее переходы внутри семейства $(GSM_i\ (k-1))_{i \in I}$

порождающих структурированных метасистем порядка $k-1$; иначе говоря, $r(k)$ обозначает параметрически инвариантное правило порядка k.

Поскольку исходная система включается в любые системы более высокого порядка, все методологические различения, которые применимы к исходным системам, применимы также ко всем системам более высокого уровня. Вместе с этим каждая система более высокого уровня имеет дальнейшие методологические различения, такие, например, как система без памяти — система с памятью, линейная — нелинейная система, детерминистическая — вероятностная система, система без контуров — система с контурами и т. п.

СИСТЕМНАЯ МЕТОДОЛОГИЯ

Эпистемологические и методологические различения, необходимые для классификации систем, дополняют друг друга и формируют основу для определения типов систем, типов проблем и в конечном итоге целостной схемы ОРСП [7].

Каждый тип систем характеризуется специфическим множеством принятых эпистемологических и методологических различений. Тип проблем является упорядоченной тройкой, состоящей из исходного типа систем, конечного типа систем и множества типов требований (типов целей, ограничений и т. д.). В соответствии с этим частная проблема понимается либо как 1-ая данная частная система определенного типа (исходная система), специфический тип конечной системы и множество частных требований (целей, ограничений) относительно частной конечной системы определенного типа, которую следует определить в процессе исследования, либо как 2-ая упорядоченная пара частных систем некоторых определенных типов и множество вопросов, касающихся взаимосвязей между этими системами.

Следующие два непересекающихся класса системных проблем возникают естественным образом из иерархии эпистемологических уровней систем.

1. Проблемы, связанные с каким-либо одним эпистемологическим уровнем или с переходами от высших уровней к низшим. Эти проблемы по своей сути являются проблемами *дедуктивного вывода*, при котором не происходит получение какой-либо новой информации.

2. Проблемы, касающиеся перехода от низших уровней к высшим. Эти проблемы, по определению, являются проблемами, в которых происходит получение некоторой новой информации, причем эта новая информация получается либо

в результате проектирования системы более высокого уровня, которая соответствует определенным системным спецификациям на более низком уровне и удовлетворяет определенным требованиям, либо в случае систем одного уровня с помощью некоторого рода *индуктивного вывода*.

Системная методология, по крайней мере как я ее себе представляю и как она строится в рамках ОРСП, ориентирована не на средства, а на проблемы. Как таковая она существенно отличается от математики, хотя обе они являются междисциплинарными. Чистая математика ориентирована в основном на разработку различных аксиоматических теорий независимо от того, имеют ли они какое-либо значение для реального мира. Прикладная математика изучает применимость некоторых из этих теорий как потенциально полезных методологических средств для решений различных проблем.

В противоположность прикладной математике системная методология предназначается для исследования решения системных проблем как связанных целых. В частности, она пытается идентифицировать методологически богатые подпроблемы, т. е. такие подпроблемы, которые необходимы для формулирования возможно большего числа чисто системных проблем. При решении системных проблем высоких уровней эта особенность системной методологии отчасти сходна с попытками при проектировании ЭВМ идентифицировать такие микропрограммы, которые найдут широкое использование в проектируемых машинных операциях. Отмеченный акцент науки о системах на проведении методологического исследования проблемных областей, имеющих важное прагматическое значение, существенно отличается от обычного акцента математики на проведении исследования методологических областей, которое опирается на имеющиеся и часто произвольные математические свойства.

Таким образом, *приоритетность проблем* в системной методологии резко отличается от *приоритетности методов* в прикладной математике. Главная задача системной методологии — это разработка методов для решения системных проблем в их естественной формулировке без каких-либо упрощающих допущений, налагаемых на такие решения, или, если это неизбежно, с такими допущениями, которые делают проблему решаемой, но при этом искажают ее в минимальной степени. При этом методологические средства решения проблем вторичны, и они выбираются так, чтобы в наибольшей степени обеспечить решение проблем. По своей природе такие средства не являются только математически-

ми; они включают в себя математические, вычислительные, эвристические, экспериментальные и другие методы.

Необходимо подчеркнуть, что с помощью одной системной методологии нельзя решить всю совокупность проблем, связанных с теми или иными объектами исследования. Общепризнано, что множество проблем относительно любого объекта почти всегда состоит их двух частей. Одна часть проблем является *контекстно зависимой* (зависимой от того рода предметов, которые образуют изучаемую систему), тогда как другая часть — *контекстно независимой* (проблемы этого рода имеют дело только с реляционными аспектами рассматриваемой системы). Поскольку системная методология исследует только контекстно независимые аспекты систем, при решении проблем необходима ее кооперация с различными традиционными научными дисциплинами.

Только что высказанное утверждение о целесообразности разделения всей совокупности проблем, связанных с тем или иным предметом исследования, на контекстно зависимые и контекстно независимые проблемы не принимается теми учеными или философами, которые считают, что любая проблема является осмысленной только в рамках определенного контекста. Тем не менее мы все широко используем это деление, решая наши каждодневные проблемы, например когда мы пользуемся арифметикой. Б. Циглер очень хорошо выразил эту мысль во «Введении» к своей книге «Теория моделирования и имитации»: «Никто не задает вопросов о роли арифметики в науке, инженерной деятельности или управлении. Арифметика применяется повсюду, однако она—математическая дисциплина, имеющая свои собственные аксиомы и свою логическую структуру. Ее содержание не является специфическим для каких-либо других дисциплин. Но оно непосредственно применимо к ним всем. Поэтому студенты биологи и будущие инженеры не учатся, например, суммировать по-разному — различие в их обучении заключается только в том, что суммировать, когда это делать и почему. Практика моделирования и имитации также используется повсюду. Аналогично арифметике, она имеет свои собственные понятия: «модельное описание», «упрощение», «обоснование», «имитация», «квантование» и другие, которые не являются специфическими ни для одной отдельной дисциплины. С этим утверждением согласятся, очевидно, все, но далеко не все, однако, готовы сегодня признать, что названные понятия могут быть изолированы и абстрагированы в некоторую общую форму» [47].

Хотя Циглер говорит в этом отрывке только о моделиро-

вации и имитации, его утверждения одинаково хорошо применимы и к другим классам системных проблем, таким, как системное проектирование, системный анализ или системное управление. Хорошо разработанные контекстно независимые методологические средства могут быть использованы для решения самых различных проблем, они способны обеспечить большую эффективность и унифицировать методологический процесс — аналогично тому, как это успешно делает арифметика — сравнительно простое контекстно независимое методологическое средство.

СИСТЕМНАЯ МЕТАМЕТОДОЛОГИЯ

Следует признать, что проблемы редко можно решить не приняв каких-либо упрощающих допущений. Упрощающие допущения могут быть введены многими различными способами, и каждый из них формирует особый методологический подход, или, используя современную терминологию, особую *методологическую парадигму*. Парадигму, основанную на некотором подмножестве допущений другой парадигмы, можно рассматривать как обобщение последней. Для каждого множества допущений, относящихся к некоторому проблемному типу, отношение «более общее, чем» (т. е. «базирующееся на собственном подмножестве допущений о чем-то») образует частичное упорядочение всех осмысленных парадигм, связанных с этим множеством допущений. Термин «осмысленная парадигма» используется при этом в сильном смысле (или в слабом смысле) для характеристики таких множеств допущений, которые гарантируют, что все частные проблемы (или соответственно некоторые частные проблемы) данного проблемного типа разрешимы.

Обобщение парадигм — интересное современное направление исследований, стимулированное главным образом успехами вычислительной техники. Любое обобщение парадигмы расширяет множество возможных решений проблемы и делает во многих случаях возможным достижение лучшего решения. В то же время это, однако, означает, что обычно процедура решения становится более сложной. Изучение взаимоотношений между возможными методологическими парадигмами и классами системных проблем — предмет *системной метаметодологии*. Это важная новая сфера исследования, которая пока еще имеет немного достижений. Главный вопрос системной метаметодологии — это определение таких методологических парадигм для различных классов проблем и современного состояния вычислительной

техники, которые представляют собой наилучший компромисс между двумя конфликтующими критериями: качеством решения и сложностью процедуры решения.

Важная роль системной метаметодологии состоит не только в том, чтобы использовать и изучать те методологические парадигмы, которые хорошо обоснованы, а в том, чтобы открывать новые парадигмы. Ее конечная цель — охарактеризовать все возможные парадигмы для каждого типа проблем независимо от того, используются они в настоящее время или нет.

Другой вопрос системной метаметодологии — это определение и характеристика таких групп системных парадигм, которые дополняют друг друга и поэтому могут эффективно использоваться параллельно для решения одной и той же проблемы. Будучи соединенными, такие группы системных парадигм дают возможность исследователю намного лучше понимать его проблемы, чем он это в состоянии сделать, когда пользуется какой-либо одной из таких парадигм.

РОЛЬ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В НАУКЕ О СИСТЕМАХ

Наука о системах теснейшим образом связана с развитием вычислительной техники, которая является ее лабораторией и наиболее важным методологическим средством [26]. Поэтому неудивительно, что современные системные идеи возникли вскоре после появления первых полностью автоматических цифровых компьютеров, построенных в конце 40-х начале—50-х годов. Наука о системах и вычислительная техника стали развиваться бок о бок и оказывать влияние друг на друга.

Успехи в вычислительной технике вместе с разработками в области искусственного интеллекта открыли нам новые методологические возможности, помогли уточнить и прояснить формулировку некоторых фундаментальных философских проблем [37], сделали многие спекулятивные идеи все более операциональными и дали возможность осуществить некоторые простые функции человеческого мозга на ЭВМ. Однако цель науки о системах состоит не в том, чтобы заменить человеческий мозг машиной, а скорее в том, чтобы симбиотически дополнить его компьютером, снабженным организованным пакетом соответствующих методологических средств. Такая точка зрения основана на признании того, что человеческий мозг, когда он сталкивается с очень сложными системами, обладает определенными возможно-

стями, которые демонстрируют преимущества по сравнению самыми изощренными методами наиболее совершенных компьютеров. Вместе с тем сегодняшнее понимание механизма этих способностей весьма наивно и явно неудовлетворительно. Несмотря на прогресс, достигнутый в области искусственного интеллекта, физиологии, психологии и других смежных наук, разумно предположить, что при изучении возможностей человеческого мозга всегда будет оставаться остаток, который невозможно исследовать до конца на основе операционального подхода.

Интуиция, понимание и способность целостного постижения являются, вероятно, наиболее ценными качествами человеческого мозга, особенно соответствующим образом обученного. Вместе с тем сложные системы часто обладают свойствами, которые кажутся контринтуитивными и которые, так сказать, сопротивляются целостному постижению. Как таковые они представляют собой ловушки для человеческого мозга в том смысле, что могут привести его к иллюзорным представлениям. Чтобы вскрыть такие ловушки, обычно неизбежно выполнение утомительной работы по детальному анализу рассматриваемой системы. Для выполнения этой задачи человеческий мозг является слабым и весьма ограниченным средством, и именно в этом отношении его превосходит ЭВМ, снабженная соответствующей методологией. В силу этого ЭВМ играет важную роль *контролера* и *усилителя человеческой интуиции* [9].

Симбиоз человека (ученого, руководителя, проектировщика и т. п.) с методологически оснащенной ЭВМ, скажем схемой ОРСП, дает возможность изобрести и использовать новые подходы к различным интеллектуальным задачам, гораздо более совершенные, чем при использовании человека и ЭВМ в отдельности. Сила человека — это его опыт, накопленный в данной сфере исследования, понимание и использование контекста исследования, интуиция, целостное постижение предмета, ощущение правильности решения, зрительные и слуховые способности, творческая способность и т. п. Сила ЭВМ заключается в ее вычислительных возможностях, легкости, с которой компьютер может обрабатывать огромное число операций, и в этом отношении ЭВМ далеко превосходит способности человека. Вычислительная мощность ЭВМ, когда она соответствующим образом используется, может значительно усилить интеллектуальные способности человека, обеспечив его возможностью проведения анализа, необходимого для исследования сложного объекта, и, как об этом уже было сказано, помогает ему избегать

многих контринтуитивных ловушек, связанных со сложными системами.

Одна из таких контринтуитивных ловушек заключается в предположении, часто принимаемом без доказательства, что свойства целостных систем могут быть получены из знания о соответствующих свойствах их подсистем. Так, например, в междисциплинарных социальных проектах часто допускается, что целостная система понята тогда, когда мы понимаем ее экономические, юридические, политические, экологические и другие соответствующие подсистемы. Такое допущение, к сожалению, оправданно только в редких случаях, и, даже, если оно оправданно, его законность в каждом случае зависит от выбранных подсистем. Нет причины верить в то, что «естественные» подсистемы (экономические, политические и т. д.) адекватны в том смысле, что они содержат достаточно информации, чтобы можно было осуществить достаточно корректную реконструцию или понимание целостной системы.

Если предположение о способности реконструировать целостную систему на основе ее специфических подсистем не оправданно, то различные выводы о целостной системе, полученные из ее подсистем, могут в значительной степени быть некорректными и вести к ошибочным заключениям. Хотя информация о возможностях такой реконструкции неявно заключена в данных, относящихся к целостной системе, для их явного определения требуется детальный анализ этих данных. Исходные идеи такого анализа были предложены Эшби в середине 60-х годов [3, 4]. В течение нескольких последних лет она приобрела более общую, развитую и операциональную форму в рамках «реконструктивного анализа» [8, 20, 23, 38]. В то время как для человеческого мозга фактически невозможно выполнить реконструктивный анализ, кроме самых простейших случаев, ЭВМ имеет большие возможности осуществить его для систем, имеющих практическое значение.

ГРАНИЦЫ НАУКИ О СИСТЕМАХ

Реконструктивный анализ — один из примеров важной методологической области науки о системах, которая не имела бы никакого практического применения без помощи высокоразвитой вычислительной техники. Однако даже с помощью имеющейся в настоящее время вычислительной техники его применимость ограничена системами среднего размера — в основном с 10—20 переменными. Многие подлинно

системные проблемы чрезвычайно трудны для решения в силу огромного увеличения числа возможностей поведения соответствующих систем при умеренном росте количества их переменных. Для некоторых из этих проблем не известны никакие эффективные вычислительные методы, т. е. методы, в которых число операций и вследствие этого требуемое машинное время возрастали бы как полиномиальная функция от величины системы, выраженной, например, количеством переменных. Известно также, что некоторые проблемы неразрешимы в том смысле, что не существует никаких эффективных вычислительных методов для их решения при обычных правилах вывода. Такие проблемы называются *NP-неразрешимыми*. Можно ли открыть некоторые нетрадиционные правила вывода, при использовании которых *NP*-неразрешимые проблемы стали бы разрешимыми в результате применения некоторого вычислительно эффективного метода, т. е. превратились бы в проблемы, вычислительная сложность которых является например, полиномиальной — так называемые *P*-проблемы — это главный нерешенный в настоящее время и, вероятно, самый важный вопрос науки о системах. Этот вопрос обычно формулируется следующим образом: «имеет ли место $NP = P$?», где NP обозначает класс проблем, для которых неизвестны никакие вычислительно эффективные методы (включая *NP*-неразрешимые проблемы), а P обозначает класс проблем, для которых разработаны методы с полиномиальной вычислительной сложностью [15]. Не пытаясь полностью ответить на этот вопрос, заметим, однако, что есть определенные теоретические пределы любой методологии. Один из таких пределов определяется простым соображением, основанным на квантовой концепции Бремермана [5], суть которого состоит в следующем утверждении: «Никакая система обработки данных, ни искусственная, ни живая, не может обработать более чем 2×10^{47} бит информации в секунду на каждый грамм ее массы». Следовательно, гипотетический компьютер размером с Землю не мог бы обработать в течение всего предполагаемого существования Земли более чем около 10^{99} бит информации.

Бремермановское теоретическое ограничение, очевидно, существенно отличается от реальных практических ограничений, имеющихся у реально существующих вычислительных систем. Два главных фактора влияют на вычислительную мощность компьютеров: 1) собственно вычислительная техника (операциональная скорость компонентов ЭВМ, объем памяти и т. д.); 2) архитектура ЭВМ. При этом, в то время

как вычислительная техника методологически нейтральна, архитектура ЭВМ может значительно влиять на практические границы той или иной частной методологической сферы. Поскольку ЭВМ используется как средство решения системных проблем, желательно, чтобы ее архитектура отражала глубинную структуру решения системных проблем, например такую, которая представлена в схеме ОРСП. Такой подход к архитектуре ЭВМ будет играть все более важную роль для будущих поколений ЭВМ, когда техническими устройствами будет осуществляться значительно больше функций и когда параллельная обработка больших массивов данных станет обычной для больших вычислительных систем.

Наиболее важные системные проблемы обычно и самые трудные для рассмотрения. Некоторые из них не могут стать более разрешимыми даже при параллельной обработке соответствующих данных. Любая методология, которая может быть разработана для таких проблем, вынуждена ограничиваться весьма небольшими системами, и поэтому ее полезность часто подвергается сомнению. Одна из возможных реакций на это ограничение — отказ от трудных проблем и замена их соответствующими модификациями, которые методологически более легко поддаются решению. Так, например, реконструктивный анализ может быть заменен методом, в котором рассматриваются только некоторые отношения между переменными, скажем только бинарные отношения. Такая модификация проблемы может быть оправдана в некоторых случаях, но зачастую она может вести к вводящим в заблуждение иллюзиям, и тогда лучше, если мы вообще не будем решать эту проблему.

Другая реакция на обсуждаемые методологические ограничения — это признать тот факт, что не существует легкого способа решения трудных проблем, и упорно продолжать, по крайней мере для наиболее важных из них, попытки уменьшить эти ограничения. Реализация архитектуры ЭВМ с указанными в общих чертах ее важными свойствами — наиболее перспективный путь достижения значительного прогресса в данном направлении.

Кроме всего сказанного, у нас сохраняется еще возможность того, что будет открыта некоторая трансформация (возможно, в определенный логический универсум с нетрадиционными правилами вывода), посредством которой каждая соответствующая проблема могла бы быть превращена в эквивалентную проблему, для которой существует эффективный вычислительный метод, т. е. что на вопрос «NP = P?» будет дан утвердительный ответ.

В целях суммирования сказанного я хочу высказать предположение, что естественным образом можно выделить три главные периода человеческой истории, различающиеся по характеру господствующей в них науки:

1) *донаучный период* (примерно до XVI в.). Для него характерны использование здравого смысла, отвлеченных рассуждений, метода проб и ошибок, ремесленного искусства, дедуктивных рассуждений и акцент на традиции;

2) *одномерная* наука (от середины XVII в. до середины XX в.).

Для нее характерны интеграция отвлеченных рассуждений, дедуктивные рассуждения и эксперимент с особым акцентом на последнем, что привело к возникновению различных, основанных на эксперименте дисциплин и научных специальностей; первоначально они появились вследствие дифференциации в экспериментальных (инструментальных) процедурах, а не в связи с различием в реляционных свойствах исследуемых систем;

3) *двумерная* наука (начала развиваться примерно с середины XX в.). Для нее характерны возникновение науки о системах, имеющей дело с реляционными, а не с экспериментальными аспектами исследуемых систем, и интеграция этой новой науки с базирующимися на эксперименте традиционными научными дисциплинами.

В заключение можно с полным основанием охарактеризовать развитие науки в течение приблизительно последних трех десятилетий как переход от одномерной науки, преимущественно базирующейся на эксперименте, к двумерной науке, где наука о системах, преимущественно ориентированная на отношения, постепенно становится вторым измерением науки в целом. Значение этой радикально новой парадигмы науки — двумерной науки — еще не полностью осознано, но ее выводы для будущего являются, по-моему, очень важными.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ashby W. R.* An introduction to cybernetics. N. Y.: John Wiley, 1956.
2. *Ashby W. R.* Requisite variety and its implications for the control of complex systems.— Cybernetica, 1958, vol. 1, p. 83—99.
3. *Ashby W. R.* Constraint analysis of many-dimensional relations.— Gen. Syst., 1964, vol. 9, p. 99—105.
4. *Ashby W. R.* Measuring the internal informational exchange in a system.— Cybernetica, 1965, vol. 8, №1, p. 5—22.
5. *Bremermann H. J.* Optimization through evolution and recombina-

tion.— In: Self-organizing systems. Wash. (D. C.): Spartan Books, 1962, p. 93—106.
6. *Broekstra G.* Some comments on the application of informational measures to the processing of activity arrays.— Intern. J. Gen. Syst., 1976, vol. 3, N 1, p. 43—51.
7. *Cavallo R. E., Klir G. J.* A conceptual foundation for systems problem solving.— Intern. J. Syst. Sci., 1978, vol. 9, N 2, p. 219—236.
8. *Cavallo R. E., Klir G. J.* Reconstructability analysis of multi-dimensional relations: A theoretical basis for computer-aided determination of acceptable systems models.— Intern. J. Gen. Syst., 1979, vol. 5, N 3, p. 143—171.
9. *Cavallo R. E., Pichler F.* General systems methodology: design for intuition-amplification.— In: Improving the human condition: Quality and stability in social systems. N. Y.: Spring.-Verl., 1979.
10. *Conant R. C.* Laws of information which govern systems.— IEEE Trans. Syst., Man and Cybern., 1976, vol. SMC-6, N 4, p. 240—255.
11. *Gaines B. R.* General systems research: quo vadis? — Gen. Syst., 1979, vol. 24, p. 1—9.
12. *Gallopin G. C.* The abstract concept of environment.— Intern. J. Gen. Systems, 1981, vol. 7, N 2, p. 139—149.
13. *Gardner M. R.* Critical degenerates in large linear systems.—In: BCL Report 5.8, Dep. of Electrical Eng. Urbana (Ill.): Univ. of Illinois, 1968.
14. *Gardner M. R., Ashby W. R.* Connectance of large dynamic (cybernetic) systems: critical values of stability.— Nature, 1970, vol. 228, p. 784.
15. *Garey M. R., Johnson D. S.* Computer and interactability: A guide to the theory of NP-completeness. San Francisco: W. H. Freeman, 1979.
16. *Gelfand A. E., Walker C. C.* The distribution of cycle lengths in a class of abstract systems.— Intern. J. Gen. Syst., 1977, vol. 4, N 1, p. 39—45.
17. *Kauffman S. A.* Metabolic stability and epigenesis in randomly constructed genetic nets.— J. Theor. Biol., 1969, vol. 22, p. 437—467.
18. *Klir G. J.* An approach to general systems theory. N. Y.: Van Nostrand Reinhold, 1969.
19. *Klir G. J.* On the representation of activity arrays.—Intern. J. Gen. Syst., 1975, vol. 2, N 3, p. 149—168.
20. *Klir G. J.* Identification of generative structures in empirical data.— Intern. J. Gen. Syst., 1976, vol. 3, N 2, p. 89—104.
21. *Klir G. J.* Pattern discovery in activity arrays.— In: Systems: Approaches, theories, applications/Ed. by W. E. Hartnett. Dordrecht (Holl.): D. Reidel, 1977, p. 121—158.
22. *Klir G. J.* Computer-aided systems modelling.— In: Theoretical systems ecology. N. Y.: Acad. press, 1979, p. 291—323.
23. *Klir G. J.* General systems problem solving methodology.— In: Methodology in systems modelling and simulation/Ed. by B. P. Zeigler et al. Amsterdam: North-Holland, 1979, p. 3—28.
24. *Klir G. J.* General systems concepts.— In: Cybernetics: A sourcebook/Ed. by R. Trappl. Wash. (D. C.): Hemisphere, 1981.
25. *Klir G. J., Uyttenhove H. J. J.* On the problem of computer-aided structure identification: Some experimental observations and resulting guidelines.— Intern. J. Man-Mach. Stud., 1977, vol. 9, N 5, p. 593—628.
26. *Klir G. J., Uyttenhove H. J. J.* The role of simulation as a labora-

tory tool of the systems scientist: An example in structure modelling.— In: Proc. Hawaii Intern. Conf. on Syst. Sci., Jan. 1978, p. 125—132.
27. *Lofgren L.* The complexity race.— In: Applied general systems research: Recent developments and trends/Ed. by G. J. Klir. N. Y.: Plenum press, 1978, p. 85—90.
28. *Lofgren L.* Some foundational views on general systems and the Hempel paradox.— Intern. J. Gen. Syst., 1978, vol. 4, N 4, p. 243—253.
29. *Makridakis S., Weinstraub E. R.* On the synthesis of general systems.— Gen. Syst., 1971, vol. 16, p. 43—54.
30. *Makridakis S., Faucheux C.* Stability properties of general systems.— Gen. Syst., 1973, vol. 18, p. 3—12.
31. *May R. M.* Will a large complex system be stable? — Nature, 1972, vol. 238, p. 413—414.
32. *Polya L.* An empirical investigation of the relations between structure and behavior for nonlinear, second-order systems: PhD Diss./ Dep. of Systems Science, State Univ. of New York at Binghamton, 1981.
33. *Rescher N.* Plausible reasoning. Amsterdam: Van Gorcum, 1976.
34. *Rescher N., Manor R.* On inference from inconsistent premisses.— Theory and Decision, 1970, vol. 1, N 2, p. 179—217.
35. *Rescher N., Brandom R.* The logic of inconsistency. Oxford: Basil Blackwell, 1980.
36. *Shore J. E., Johnson R. W.* Axiomatic derivation of the principle of maximum entropy and the principle of minimum cross-entropy.— IEEE Trans. Inform. Theory, 1980, vol. IT-26, N 1, p. 26—37.
37. *Sloman A.* The computer revolution in philosophy. Hassocks (U. K.): The Harvester press, 1978.
38. Special issue of the International Journal of General Systems on Reconstructability Analysis, 1981, vol. 8, N 1 (Broekstra, Cavallo, Conant, Klir, Krippendorff), p. 1—107.
39. *Takahara Y., Nakao B.* A characterization of interactions.— Intern. J. Gen. Syst., 1981, vol. 7, N 2, p. 109—122.
40. *Uyttenhove H. J. J.*Computer-aided systems modelling: An assemblage of methodological tools for systems problem solving: Ph. D. Diss/Systems Science Dept., SUNY at Binghamton, 1978.
41. *Walker C. C., Ashby W. R.* On temporal characteristics of behavior in certain complex systems.— Kybernetik, Bd. 3, N 2, 1966, S. 100—108.
42. *Walker C. C.* Behavior of a class of complex systems: the effect of system size on properties of terminal cycles.— J. Cybern., 1971, vol. 1, N 4, p. 55—67.
43. *Watanabe S.* Knowing and guessing. N. Y.: John Wiley, 1969.
44. *Zadeh L. A.* Similarity relations and fuzzy orderings.—Inform. Sci., 1971, vol. 3, p. 177—200.
45. *Zeigler B. P.* A conceptual basis for modelling and simulation.— Intern. J. Gen. Syst., 1974, vol. 1, N 4, p. 213—228.
46. *Zeigler B. P.* The hierarchy of system specifications and the problem of structural inference.— In: PSA 1976/Ed. by F. Suppe, P. D. Asquith. East Lansing (Mich.): Philos. of Sci. Assoc., 1976, p. 227—239.
47. *Zeigler B. P.* Theory of modelling and simulation. N. Y.: John Wiley, 1976.

СИСТЕМА И СТРУКТУРА

М. С. КАГАН

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Разработка теории систем и методологии системного исследования во многом связана с соотнесением понятий «система» и «структура». Вместе с тем конкретные трактовки смыслового соотношения этих понятий остаются по сей день весьма разноречивыми: на одном конце диапазона мы встречаемся с их фактическим отождествлением, обусловленным пониманием «структуры» как единства строения и состава некоего множества элементов (см., например, [39, с. 23])[1], а на другом — с их противопоставлением, выражающимся в признании «структуры» онтологической, а «системы» — гносеологической категорией [30, с. 26—27, 30]. Н. Ф. Овчинников имел все основания констатировать, что, хотя «наиболее часто понятие структура употребляется в соотношении с понятием *системы*... в литературе нет единой точки зрения на соподчинение этих двух понятий...» [28, с. 140] (см. также [45]).

Между тем совершенно очевидно, что общей теории систем и методологии системных исследований необходимо выработать строгое и однозначное определение понятия «структура», позволяющее столь же однозначно соотнести его с понятием «система». При этом, конечно, нельзя закрывать глаза на имеющиеся тут трудности: с одной стороны, на отсутствие в общей теории систем единого понимания «системы» (см. [32, с. 40]), а с другой — на исторически сложившееся и остающееся достаточно прочным сведение структуры к одним только пространственным, синхроническим отношениям, к «инвариантному аспекту системы» [28, с. 140—141], что означает не только устойчивость связей элементов при изменениях субстрата, но и сохранение данных связей в процессах функционирования и развития системы. Такое понимание структуры породило широко распространившееся в науке противопоставление структурного и генетического подходов — как при формировании методологии структурализма, так и в неприятии эволюционистами структурного анализа как такового, поскольку он кажется несовместимым

[1] В связи с этим в 60-е и 70-е годы широкое распространение получило понятие «системно-структурный подход».

анализом историческим. Отсюда же проистекает такое соотношение категорий «структура» и «функция», которое исходит из внеположенности их содержания, какой бы вывод при этом ни делался — противопоставление структурного подхода функциональному или же признание того, что «закон взаимосвязи, взаимозависимости и взаимоперехода функции и структуры» является «генеральным путеводителем современного научного познания» [27, с. 176].

Автор этих строк не может не признать, что и в его предыдущих работах понятие «структура» рассматривалось как однопорядковое с понятиями «функция» и «развитие», в силу чего стало возможным соположение «структурного», «функционального» и «исторического» аспектов системного исследования [13, 14]. Правда, позднее он пришел к выводу, что «структуру» неправомерно противопоставлять ни функции, ни эволюции системы, так как и функционирование последней, и развитие имеют свои структуры [15—17]. Аналогичные взгляды все чаще формулировались в работах советских философов на протяжении последних двадцати лет, порождая такие необычные словосочетания, как «эволюционная структура», «структура функционирования», и им подобные.

В 1960 г. И. В. Кузнецов предложил расширить традиционное употребление понятия структуры, включив в него не только законы строения *предметов*, но и законы строения процессов: «вполне правомерно говорить о структуре не только тел, но также и о структуре явлений, процессов», так как во всяком процессе «существуют определенные фазы или стадии, более или менее отличающиеся друг от друга и следующие друг за другом в строго определенном порядке... Понятие структуры, следовательно, носит всеобщий характер» [22, с. 62—63]. Несколько лет спустя М. Ф. Веденов и В. И. Кремянский отметили, что «естествоиспытателям теперь гораздо чаще приходится изучать не статические, а динамические структуры, то есть структуры процессов», причем последнее понятие относится в равной мере и к процессам развития, и к процессам функционирования [8, с. 13—14]. В. И. Кремянский ввел временны́е параметры в само определение структуры: «... структура есть устойчивая выделенность, дискретность частей системы как целого и фаз или стадий процессов ее изменения и развития, а также устойчивая системная упорядоченность, определенный строй всей совокупности связей, отношений и взаимодействий между этими частями, фазами и стадиями» [20, с. 151]. Позднее он предложил лаконичную дефиницию структуры —

«законы строения и поведения объекта» [21, с. 49] и использовал понятие «функциональной структуры» для определения структуры, следуя пониманию этого последнего понятия, сформулированному П. К. Анохиным (см. [5, с. 76]). Впрочем, еще за десять лет до этого А. К. Астафьев и Р. А. Зобов предложили рассматривать понятие «функциональная структура» как категорию философского порядка [6, с. 39—41].

Одновременно все чаще стали раздаваться голоса, предлагавшие рассматривать «структуру развития» [10, с. 72, 78, 83, 93, 177], или «динамическую структуру» [19, с. 108], или «хроноструктуру» [2, с. 36]. В 1975 г. Г. П. Щедровицкий пришел к выводу о том, что различие между «системой функционирования» и «системой развития» приводит к необходимости различать «функциональную структуру целого» и «структуру развития целого» [42, с. 210—211]. Аналогичные идеи высказывались другими специалистами. Так, К. Леви-Стросс предложил различать два типа структур: «структуры синхронические» и «структуры диахронические» [45, с. 42], Л. Гольдман и Ж. Пиаже разрабатывают методологию «генетического структурализма» [44, с. 9] (см. также сборник статей философов ГДР под характерным названием «Структура и процесс» [46]).

Однако это чрезвычайно важное расширение смысла понятия «структура» не получило до сих пор теоретического обобщения (см. недавно опубликованные книги [1, 41], в которых дается традиционное истолкование категории структуры).

Из сказанного вытекают задачи, которые ставятся в настоящей статье. Во-первых, мы стремимся показать необходимость выработки общего определения понятия «структура», которое отразило бы реальные потребности современной научной мысли и могло бы быть теоретически обоснованно соотнесено с понятием «система». Во-вторых, мы попытаемся наметить общую типологию структур, которая, не отменяя существующих классификаций, дает самое общее, философски обоснованное выделение основных типов структур. И наконец, в-третьих, нашей целью является определение места структурного анализа в методологии системных исследований. Естественно, что в пределах небольшой статьи мы можем дать решение этих вопросов лишь в первом приближении.

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ, ЕЕ СВОЙСТВА И ФУНКЦИИ

Исходным в нашем анализе должно быть формулирование общих представлений о системе и структуре, которые можно посчитать наиболее теоретически обоснованными. Отвлекаясь от различий сходных по своей сути определений системы, предложенных в работах И. В. Блауберга, В. Н. Садовского, Э. Г. Юдина, В. Н. Сагатовского, А. И. Уемова, А. Д. Урсула и других советских и зарубежных специалистов, мы примем наиболее простую и, с нашей точки зрения, четкую дефиницию В. Н. Садовского: система есть «упорядоченное определенным образом множество элементов, взаимосвязанных между собой и образующих некоторое целостное единство» [32, с. 173]. Соответственно этому каждая система имеет две составляющие: *элементный состав и структуру* как систему связей между этими элементами (см. [33, 26]). (В терминологии А. И. Уемова это «субстрат» и «структура» системы [40, с. 126].)

В соответствии с этим понятия «система» и «структура» будут рассматриваться нами как *равномасштабные* — не существует бесструктурных систем и внесистемных структур. Поэтому неправомерно представление, будто «понимание системы как единства структуры и функции... представляет собой шаг вперед по сравнению с более абстрактным определением системы как совокупности элементов и структуры» [29, с. 78; 41],— неправомерно в силу неоднопорядковости категорий «структура» и «функция»: с одной стороны, функционируют и система в целом, и элементы внутри системы (кстати говоря, это хорошо видно из построенной М. Хасановым схемы [41, с. 121], которая по сути дела опровергает его общий тезис); с другой же стороны, процесс функционирования имеет свою структуру, а в случае полифункциональности системы мы сталкиваемся со структурой данного множества функций.

Сказанное означает, что если системная целостность образуется определенным типом связей между множеством тех или иных элементов, то в *принципе безразлично, какова природа этих элементов* — являются они *вещами, свойствами* или *отношениями* (по классификации А. И. Уемова), либо — в используемой нами системе категорий — *предметными компонентами, функциями, фазами* процесса, ибо и те и другие могут быть «единицами» системного субстрата, что и позволяет говорить не только о *функционировании системы*, но и о *системе функций* и о *функционировании как*

системе, не только о *развитии системы*, но и о *развитии как системе* или о *системности развития* (см. [17]). В результате понятие «структура», соотносимое с «системой», теряет свою прикрепленность к одному только типу систем, состоящих из вещественных, пространственно-локализованных элементов и становится *внутренним свойством всякой системы, из каких бы элементов она ни состояла.*

Такая неразрывная связь системы и структуры объясняется тем, что первая, так сказать, «нуждается» в структуре именно как в «костяке», способном придать необходимую силу сцепления всем ее составным частям, обеспечить прочное и устойчивое ее бытие как целого, стабильное и эффективное ее функционирование как целого, прогрессивное и экономное ее развитие как целого. Следовательно, система обладает, так сказать, *объективной потребностью* в структуре (независимо от того, осознает она эту потребность или не осознает), что позволяет говорить о функциях структуры в системе.

Основная функция структуры в организуемой ею системе и заключается в том, чтобы обеспечить системе внутреннюю прочность, устойчивость, высокую степень сопряженности всех ее компонентов — и сложных подсистем, и элементарных частиц в каждой подсистеме, ее способность противостоять среде в качестве самостоятельного, не растворяющегося в ней и так или иначе ей противостоящего образования. Отсюда, из этой ее главной функции, вытекают основные свойства структуры.

Если первая функция структуры — обеспечить системе целостное единство, качественную определенность, то отвечающим этой функции свойством структуры оказывается ее *целостность*. Иначе говоря, структура системы должна выражать *всю полноту связей* между компонентами последней, а не *ту или иную часть* этих связей, хотя бы и весьма существенных. О структуре полимера или о структуре человеческой психики мы вправе говорить поэтому только тогда, когда имеем основания считать, что анализ охватил всю *полноту отношений* между элементами молекулы и психическими механизмами. В этом смысле способы познания химических или геометрических структур могут считаться образцовыми.

В самом деле, если мы будем следовать схеме Г. П. Мельникова [26, с. 26—27], в которой элементный состав системы обозначается буквами *А*, *Б*, *В*, *Г*, *Д*, а ее структура — сеть связей этих элементов — сочетаниями букв *аб*, *ав*, *бв*, *бг*, *вд*, *гд*, как это изображено, например, на рис. 1, то мы можем

включить, что только выявление всех этих шести связей позволяет говорить о том, что мы знаем структуру данной системы. Если же мы открыли только некоторые из них, например такие, которые зафиксированы на рис. 2, то понимания структуры исследуемой системы мы не получим.

Отсюда следует, что структурный анализ может быть эффективен лишь при соблюдении двух главных требований: 1) при способности исследователя установить *необходимость* и *достаточность* выделяемых связей для существования, функционирования и развития системы; 2) при выявлении различия *субординационных* (*разноуровневых*) и *координационных* (*одноуровневых*) отношений между элементами системы.

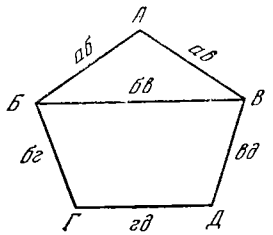


Рис. 1

В качестве примера такого решения задачи приведем анализ языка как полифункциональной системы, осуществленный в исследовании Л. А. Киселевой. «Структурные отношения,— пишет она,— проявляются в иерархии ярусов функций, их асимметричном (или инклюзивном) отношении и субординации» при «относительной равноправности

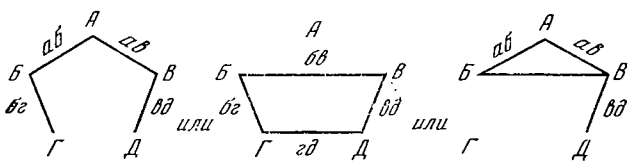


Рис. 2

взаимодействия и взаимосвязи функций одного и того же яруса»; это выражается конкретно в том, что в языке «ярус I конституируют коммуникативная функция (или функция общения, обмена языковой информацией) и мыслительная (или функция оформления и выражения мысли, чувства, воли), находящиеся в органической взаимосвязи... Эти функции на функциональном ярусе II предстают в виде информативной функции (или функции сообщения, передачи языковой информации...) и прагматической (или функции регуляции, воздействия)... Каждая из двух последних функций на следующем функциональном ярусе — ярусе III — расчленяется на разновидности, также объединенные системными

связями: информативная — на номинативную, дейктическую и релятивную, а прагматическая — на побудительную, эмоциональную, эмоционально-оценочную, экспрессивную, эстетическую и контактную. В свою очередь, каждая из функций яруса III на более «глубоких» функциональных ярусах — IV, V, VI — может быть расчленена на более мелкие (частные) функции, выявление которых с большей надежностью можно осуществить индуктивным путем...» [18, с. 67—68]. Правда, при этом создается впечатление, что и на остальных ярусах автор выделял соответствующие функции только «индуктивным путем», т. е. не приводил обоснование того, почему выделяются именно эти и только эти функции на каждом ярусе, равно как и то, почему выделяются сами эти ярусы; и все же безусловно плодотворна сама установка ученого — видеть в функциях языка «не „пучок", не „набор", не простую совокупность, как это иногда указывается в лингвистических работах, а систему и структуру...» [18, с. 69].

К сожалению, в литературе понятие «структура» нередко употребляется только потому, что оно создает видимость строгой научности, в действительности же за ним стоят наборы произвольно выбранных и столь же произвольно друг с другом соотнесенных (или вообще никак не соотнесенных во внутреннем «пространстве» системы) ее компонентов, которые описываются как просто сосуществующие в составе этой системы. В качестве иллюстрации сошлемся на собранную Е. И. Головахой коллекцию подобных описаний «структуры» индивидуальной деятельности человека [9, с. 55]:

«Среда — потребность — осознание — мотивация — решение — установка — действие» (Д. А. Кикнадзе);

«Установка — ориентация — мотив — выбор решения — деятельность» (М. Р. Сырнева);

«Необходимость — потребность — интерес — цель — свобода» (А. Г. Здравомыслов);

«Взаимодействие среды и личности — потребность — осознание потребности (интересы, желания, идеалы, цели) — мотив — мотивация (выбор решения) — действие» (Ю. В. Шаров);

«Постановка цели и стремление достичь ее — осознание ряда возможностей достижения цели — появление мотивов, подкрепляющих или опровергающих эти возможности,— выбор мотивов — принятие одной из возможностей в качестве решения — осуществление принятого решения» (Г. С. Костюк);

«Цель — мотив — способ — результат» (К. К. Платонов).

Нельзя не согласиться с Е. И. Головахой, что в этих

схемах вместо структуры деятельности предлагаются всего лишь «конгломераты отдельных компонентов и элементов» [9, с. 56]. Примеры подобного мнимоструктурного анализа можно без труда умножить. Конечно, гораздо легче эмпирически установить наличие в данной системе тех или иных элементов и тех или иных связей, чем решить недоступную эмпирическому исследованию задачу выявления *закона строения* данной системы. Однако только ее решение можно назвать *структурным анализом* в точном смысле этого слова.

Разумеется, обнаружение и исследование отношений между отдельными компонентами системы полезны и тогда, когда вся сеть этих отношений нам еще неизвестна, а значит, неизвестно и место в ней данных конкретных отношений. Неправомерно лишь выдавать известную нам частицу за неизвестное целое и объявлять, как это нередко делается, структурой системы то, что ею не является. Смысл данного понятия состоит именно в обозначении полноты связей между компонентами, которая и обеспечивает само существование, а значит, и функционирование этой системы.

Целостность представления структурой системы — свойство, выражающее качественный аспект их соотношения. Весьма существен, однако, и количественный, «силовой» аспект этого отношения, обусловленный тем, что структура призвана обеспечить системе не только целостное, но и *возможно более прочное*, *крепкое*, *надежное сцепление компонентов*; отсюда — такое свойство структуры, как *устойчивость*, *однозначная определенность* всех ее, сцепляющих состав системы, «тяг» (именно это свойство позволяет представлять структуру в виде некоей формулы, графической схемы или пространственной модели). Когда же речь идет о развитии системы, устойчивость ее структуры оборачивается консервативностью, ибо структура не содержит потребности трансформации, она является, напротив, стабилизирующим началом системы, изменения которой начинаются в ее составе, в компонентах, и только это заставляет раньше или позже менять и саму структуру [34, с. 163—166]. Поскольку же изменение компонентов системы под влиянием среды затрагивает, как правило, не весь состав системы, а только ту или иную его часть, постольку разрушение структуры начинается с какой-то одной стороны, и процесс развития приобретает неравномерный характер; формирование новой структуры есть преодоление этой неравномерности, выравнивание динамической системы. Так оказывается, что данное свойство структуры раскрывается функционально

в свете закона диалектики неравномерности и равномерности в процессе развития. С этой точки зрения хорошо объясняется «теория уравновешивания» Ж. Пиаже [43, с. 95—96], которая говорит о законах перехода от одной структуры к другой в онтогенезе, так как структура поддерживает состояние равновесия, как бы стремясь остановить дальнейший процесс, а внешние возмущения ведут к преобразованию одной структуры в другую.

Если мы вспомним теперь известное положение диалектики *о мере* как единстве качественной и количественной определенностей, то вправе будем предположить существование интегративного, «мерного» свойства структуры, которое выражает *соотношение ее целостности и устойчивости*. Такое свойство действительно существует — оно обнаруживается при сопоставлении *меры жесткости* (или *меры пластичности*) структуры в различных системах, которая зависит, несомненно, прежде всего от качественного своеобразия систем: так, степень жесткости (пластичности) структуры технической системы иная, чем структуры биологической системы; точно так же меры эти различны в психологической системе и в системе физиологической. Мы будем называть это свойство *адаптивностью* структуры.

В приведенном анализе свойств и функций структуры в системе мы отвлекались от особенностей разных типов систем и соответственно разных типов структур, стремясь выявить инвариантные отношения структуры и системы. Теперь мы можем обратиться к рассмотрению основных типов структур.

ОБЩАЯ ТИПОЛОГИЯ СТРУКТУР

Еще в 1965 г. В. Н. Садовский, определяя «основные задачи методологии системного исследования», первой из них счел «выделение и классификацию типов структур системных объектов» [31, с. 184]. К сожалению, за истекшие полтора десятилетия решение такой задачи не было получено, хотя опыты создания типологии систем предпринимались неоднократно.

Все же из сделанного в этом направлении отметим различение *субструктур*, *структур* и *суперструктур*, введенное С. С. Смитом и используемое в работах В. И. Кремянского (см., например, [20, 21]). Подразделение структур А. А. Малиновским на «жесткие» и «корпускулярные», или «дискретные» [24, с. 14—16], выделение А. Л. Тахтаджяном «скелетных», или «каркасных», и «оболочных», или «эктоскелетных»,

структур [38, с. 248—250]. В. В. Дружинин и А. С. Конторов сначала разделили структуры на «иерархические», «неиерархические» и «смешанные», а затем расчленили их на 11 подтипов [11, с. 79—83]; В. И. Свидерский и Р. А. Зобов выделили «экстенсивные» и «интенсивные» структуры, «главные» и «неглавные», «основные» и «производные», «структуры-законы» и «результирующие структуры», а затем поставили вопрос о существовании «глобальных структур», охватывающих различные аспекты строения сложных систем [35, с. 63—64]. Были предприняты также и другие попытки выделения и классификации структур системных объектов.

По-видимому, все эти классификации, весьма полезные каждая в определенных пределах, имеют частный характер и не могут считаться основополагающими, исходными в общей теории структур. Как же найти исходные принципы типологизации структур?

Самое общее членение бытия есть различение материальной и духовной (идеальной) его форм, что дает возможность провести такую исходную типологизацию, выделив структуры материальных и идеальных систем. Первые развертываются в пространстве и во времени, что придает их структурам *пространственный*, или *временной*, или *пространственно-временной* характер. У вторых отсутствует вещественный субстрат, а подчас и процессуальная динамика, и поэтому они носят *внепространственный*, а часто и *вневременной* характер.

Рассмотрим более детально эти два основных класса структур.

СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Хотя всякий материальный системный объект существует одновременно в пространстве и во времени, значение этих аспектов его бытия, как правило, неодинаково, что и позволяет в ряде случаев в познании отвлекаться от изменений, выражающих движение объекта во времени, и ограничиваться изучением одних только пространственных его характеристик. Такой подход наиболее характерен для геометрического анализа, который абстрагирует пространственные структуры от форм их эмпирического выражения в реальном мире и тем более от изменений, претерпеваемых ими в течение времени. Такой подход широко применяется в биологических и технических науках, поскольку при моделировании структуры растения или машины можно в ряде случаев

безболезненно отвлечься от тех изменений, которые с этими объектами происходят во времени. Этот подход применим также нередко в общественных и гуманитарных науках — как тогда, когда изучаемый объект имеет реальное пространственное бытие (например, машина или произведение изобразительного искусства), так и тогда, когда объектом познания является некая квазипространственная система, отвлеченная от исторических особенностей ее развития, скажем общество, в котором К. Маркс выделил базис и надстройку, что выражает константные закономерности его строения.

Данный тип структуры мы будем называть *архитектоникой* системы, подчеркивая этим термином пространственный характер обозначаемых им отношений — отношений «верх — низ», «право — лево», «внутреннее — внешнее», «несущее — несомое» и т. п.

Термин «архитектоника системы» используется П. К. Анохиным [5, с. 41] и А. А. Малиновским [24, с. 10] как синоним «структуры»; мы же придаем ему более узкий смысл (вообще же его введение в категориальный аппарат теории систем представляется тем более уместным, что по первоначальному своему смыслу «структура» означала именно соотношение частей в архитектурном сооружении, его строение). Вполне естественно, что архитектоническое строение системы сравнительно легко поддается графическому изображению и объемному, трехмерному моделированию (например, в схематических изображениях геологической структуры или системы управления производством, в резерфордовой модели атома или в «двойной спирали» Уотсона—Крика).

От архитектоники кардинально отличается чисто временной тип структуры, который можно назвать *хроноструктурой*, или *эволюционной структурой*. Как мы уже отмечали, на него уже обращали внимание специалисты (см. [22]), в том числе и автор настоящей статьи (см. [15—17]). В хроноструктуре речь идет о понимании структуры процессов, которая не имеет пространственных характеристик (такая структура может быть представлена пространственной фигурой, скажем классической спиралью) и образуется благодаря определенному соотношению сменяющих друг друга, а не рядоположенных, компонентов, скажем восходящей и нисходящей ветвей целостного процесса или смены фаз онтогенеза — младенчества, детства, юности, зрелости, старости — или завязки, кульминации и развязки в движении сюжета романа. Разумеется, далеко не каждый процесс структурирован — он развертывается нередко как чередо-

вание случайных изменений, как внутренне недерминированная смена векторов. Однако далеко не каждый предмет обладает и архитектоникой — мы встречаемся и со случайным нагромождением вещей, с хаотическими, неупорядоченными скоплениями тел, с конгломеративными множествами.

Хроноструктура наряду с *архитектоникой* представляет собой особые типы структуры; они имеют и известные особенности, и некие инвариантные, собственно структурные свойства. Это становится очевидным при сопоставлении формульных выражений некоторых разновидностей данных структур, скажем архитонического ритма:

$$а \rightleftarrows б \rightleftarrows а \rightleftarrows б \rightleftarrows а \rightleftarrows б,$$

и хроноструктуры, порождаемой действием закона отрицания отрицания:

$$а \rightarrow б \rightarrow а' \rightarrow б' \rightarrow а'' \rightarrow б''.$$

Сам факт использования понятия «ритм» для обозначения временных и пространственных структурных отношений убедительно говорит об их изоморфизме, при очевидном различии между необратимым, векторно направленным ритмом марша и обратимым ритмическим узором орнамента.

Функционирование также имеет свою структуру, но ее природа двухмерная — *пространственно-временна́я*. Действительно, всякое функционирование реализуется процессуально, и этот процесс развертывается в пространстве, ибо выражается он в изменениях соотношения функционирующей системы и среды, а не во внутренних изменениях самой системы, которые составляют сущность процесса развития. Отсюда становится ясным, что следует принципиально различать близкие на первый взгляд понятия: «функциональная структура» и «структура функционирования», так как исходные для них понятия «функция» и «функционирование» неидентичны. Последнее понятие есть *реальный пространственно-временно́й процесс*, в котором осуществляется определенная функция, а функция, взятая сама по себе, виртуальна, а не актуальна — она представляет собой предназначенность системы к определенным действиям, ее идеальное «призвание». Поэтому функция как таковая не имеет ни пространственного, ни временного бытия. Функция вычленяется познанием и осознается им для того, чтобы объяснить реальный процесс функционирования, реальную связь функционирующей системы со средой и зависимость ее внутреннего устройства от того, зачем и как она функционирует. Поскольку же сложные системы являются полифункцио-

нальными, а не монофункциональными, постольку между различными функциями складываются определенные, субординационные и координационные отношения, т. е. образуется некая *функциональная структура* (ср. анализ функциональной структуры языка в работе [18]). Она реализуется в структуре функционирования данной системы как реальном процессе, зависящем не только от особенностей последней, но и от условий, в которых реализуются ее функции, от обстоятельств, диктуемых состоянием среды (скажем, изменением климатических условий жизни организма или социокультурных условий функционирования искусства).

Наряду с системами, обладающими одномерной структурой — архитектоникой или хроноструктурой,— существуют и такие системы, строение которых двух- или трехаспектно, т. е. которые обладают и архитектоникой, и структурой функционирования, и хроноструктурой. В результате в таких сложных системах возникает *разноплановая синтетическая суперструктура*. На ее существование обратили внимание В. И. Свидерский и Р. А. Зобов [35], однако она еще не стала предметом специального исследования. Вместе с тем очевидно, что чем более сложные системы становятся предметом научного изучения, тем непреложнее требование совмещения разных аспектов их системного исследования, а значит, выявления законов связи их предметных, функциональных и эволюционных структур.

Как же можно представить суперструктуру сложной системы? Видимо, прежде всего как *структуру структур*, т. е. как определенное сцепление и взаимоопосредование архитектоники, структуры функционирования и эволюционной структуры. Резонно предполагать, что все эти структурные измерения системы должны быть так или иначе взаимосвязаны. Эта взаимосвязь может выступать и как *зависимость одного структурного измерения от другого* (скажем, согласно П. К. Анохину, зависимость строения системы от ее функции) и как *превращение одного типа структуры в другой* (например, превращение классово антагонистической структуры общественной жизни в структуру революционных преобразований общества в историческом процессе). Исследование такого рода многомерных структур — задача науки завтрашнего дня.

Структуры идеальных систем

Особенности структуры идеальных объектов обусловлены, как уже было отмечено, тем, что последние существуют вне пространства, а нередко и вне времени. Это мешает многим исследователям видеть здесь какие-либо структурные отношения. Между тем такие отношения необходимо возникают, когда понятия, представления, образы так или иначе связываются в целостные системы. Каков же характер этих связей?

Идеальное бытие проявляется двояко — *содержательно*, в виде разного рода способов отражения действительности, ее осмысления, духовного освоения (наука, идеология, проектирование, искусство), и *формально*, в виде различных знаковых систем, языков, обслуживающих духовные контакты между людьми. Соответственно мы имеем здесь дело с двумя типами структур: *концептуальными* и *знаковыми*.

Концептуальной структурой мы называем строение интеллектуального содержания различных духовных систем: научно-теоретических, идеологических, художественно-образных. Законы их строения — это не что иное, как *законы логики*: формальной, диалектической и специфической логики художественного мышления. Близость логики и математики объясняется именно тем, что одна описывает структуры материальных объектов (согласно известному определению Бурбаки, математика — это «наука о структурах»), а другая — структуры *интеллектуальных процессов*.

Однако логика фиксирует лишь самые общие закономерности концептуальных структур. Обращаясь к анализу различных разновидностей идеальных систем, мы видим более конкретные формы их структурной организации. Так, любая научная теория имеет определенное внутреннее строение, т. е. *субординационно-координационные связи своих разделов*, *проблем*, *идей*, *категорий*. Аналогичное положение имеет место и для любой сколько-нибудь последовательно развернутой идеологической концепции: политической, юридической, этической, теологической, философской. Специфические структуры есть в духовном содержании художественного произведения, творческого метода, стиля, наконец, искусства, взятого в целом. Поэтому научное изучение подобных систем требует структурной организованности каждой из них. Проникновение науковедческой, искусствоведческой, культурологической мысли в «тайное тайных», в секрет своеобразия данной системы необходимо не в меньшей степени, чем при изучении молекулярной структуры химического вещества или анатомической структуры организма.

Когда же наличие структуры в духовных системах игнорируется или даже принципиально отрицается, поскольку, по убеждению некоторых философов, духовная «субстанция» диффузно-текуча, нечленима и потому структурный анализ и соответствующие способы моделирования тут вообще неприменимы, тогда научное исследование обречено на поверхностное описание или просто на выражение чисто субъективного впечатления. Понимание структурности научного знания непосредственно связано поэтому с характернейшими процессами современной науки — с установлением *контактов между естественными и гуманитарными дисциплинами*, ведущим к математизации последних, с развитием *интегративных тенденций* в взаимоотношении между естествознанием и обществознанием [25].

Чрезвычайно важно признание структурности идеальных объектов и для воспитания строгого научного мышления ученого, ибо оно начинается с умения *выявлять структуру решаемой проблемы*, и для формирования мастерства художников, так как цельность произведения искусства обусловлена тем, что со времен Гегеля эстетика называет «внутренней формой», которая есть не что иное, как *структура содержания* художественного произведения.

Вместе с тем следует иметь в виду, что структура идеальных систем, будучи ее внутренней формой, имеет не реально-пространственную, а *квазипространственную* природу. Иначе говоря, отношения между духовными компонентами системы являются также духовными, но предстают перед нами, как если бы они имели материально-пространственный характер: мы говорим, например, об «основании» научной теории, «на котором строятся» те или иные выводы, мы вычленяем различные «стороны», «грани», «аспекты» решаемой проблемы, мы переносим в теории графов и в их практическом применении структурные отношения материальных систем на системы идеальные и т. д. и т. п. В силу этого структуры идеальных объектов проще, чем структуры материальные, ибо далеко не все богатство реальных пространственных отношений может быть спроецировано в духовную сферу: мы можем, например, говорить о том, что некая научная проблема имеет две или три стороны, но вряд ли можно представить ее со структурой октаэдра.

Сложнее обстоит дело с временным параметром идеальных структур. До тех пор пока мы рассматриваем некое духовное образование как процесс — развитие мысли, смену представлений, переливы чувств и т. п., этот процесс имеет такую же хроноструктуру, как всякое материальное дви-

жение (экспериментальная психология исходит поэтому из изоморфизма психологических и физиологических процессов и судит о первых по замеряемым параметрам вторых), и у нас нет оснований считать эту структуру «квазивременной», потому что время в отличие от пространства характеризует жизнь духа в такой мере, как и движение материи. Однако если мы анализируем продукты духовной деятельности как опредмеченные (хотя бы и чисто идеально) процессы, то структура идеи, концепции, системы художественных образов оказывается и *внепространственной*, и *вневременной*; она—*воображаемая структура* системы, существующей вне времени и вне пространства, в «мире» идеальных конструктов.

Языковые структуры отличаются от структур концептуальных тем, что выражают *способы организации знаковых средств*, с помощью которых формулируется и транслируется та или иная концептуальная информация.

Особенности знаковых структур давно и успешно изучаются семиотикой, и мы можем высказать в этой связи лишь одно замечание методологического порядка. Общие законы синтактики, семантики и прагматики выводились обычно из особенностей строения обыденных языков и искусственных языков науки, тогда как круг знаковых систем, используемых культурой, значительно более широк. Дальнейший прогресс семиотики связан, на наш взгляд, с ее способностью найти *диалектику общего, особенного и единичного при рассмотрении всего богатства языков культуры*, включая все художественные языки, языки всех форм идеологии, языки человеческого общения, отличающиеся от языков коммуникации. Очевидно, например, так отличается структура музыкального языка от структуры языка живописи или архитектуры, не говоря уже о ее отличиях от структуры научных языков. За этими различиями стоят и некие структурные инварианты, в силу чего семиотика должна вскрыть *законы модификации* общих семиотических структур в конкретных структурах научных, художественных и т. п. типов знаковых систем.

В отличие от концептуальных структур знаковые структуры находятся на уровне *внешней, а не внутренней формы* и потому занимают особое место в процессе материализации духовной информации. Знаки имеют материальное тело — звуковое, пластическое, графическое, мимическое, но сами они выражают связь этой телесности с опредмечиваемым в ней значением. Данная телесность выполняет функцию знака, когда она призвана аккумулировать и транслировать некое

значение; тем самым языковые структуры *не материальны, но воплощаются в материальности* звучаний, чертежей, скульптурных изображений, жестов и т. д. Такова природа грамматики и всех родственных ей структурных закономерностей в других невербальных знаковых системах; в искусстве таковы законы композиции.

Вопрос о наличии *интегральных* структур правомерен для идеальных систем в такой же мере, как и для материальных. Особенно ясно это видно на примере искусства, в котором внутренняя и внешняя формы охватываются общим целостным понятием «форма». Как только искусствовед хочет осуществить анализ формы художественного произведения, он должен не только описать его внутреннюю и его внешнюю форму, но и показать *их связь, их сцепления и переходы одной в другую*, т. е. выявить *структуру самой формы*. Такие задачи исследования «структуры структур» — способов связи концептуальных и знаковых структур — стоят перед ученым, изучающим различные научные, философские и идеологические тексты.

Завершая наш типологический анализ структур, следует выделить последний, сверхсложный тип структуры — *суперструктуру, интегрирующую материальные и идеальные структуры*. Речь идет о строении таких систем, которые синтетически объединяют вещественно-телесные и духовные концептуально-знаковые подсистемы. Таков прежде всего сам *человек*.

В современной науке, как известно, утвердилось представление о *биосоциальной* природе человека. При этом подчеркивается, что биосоциальность не является механическим сложением двух субстанций или же психофизическим параллелизмом, а представляет собой системное единство. Это означает, что наряду с материальной суперструктурой бытия, функционирования и развития человека — биологической, химической, физической — и идеальной суперструктурой его духовной жизни (интеллектуальной и коммуникативной) должна существовать и *суперструктура, выражающая связи этих двух суперструктур*. Не подлежит никакому сомнению, что такая структура высшей степени сложности существует — об этом говорят хотя бы закономерности онтогенеза, доказывающие наличие прямых связей между соматическим, анатомо-физиологическим и психическим, духовным развитием индивидуума, равно как и выявленные наукой связи между типами конституции и психологическими типами. Изучение данной структуры — одна из важнейших и труднейших задач современной науки.

Существует еще и другой системный объект, обладающий суперструктурой подобной степени сложности,— мы имеем в виду искусство. Хотя единство духовного и материального свойственно не ему одному, а всей культуре, только в искусстве такое единство имеет *столь же органический характер, как и в человеческом бытии*, ибо в других культурных явлениях — научных, идеологических, технических и т. д.— между духовным содержанием и материальной формой не существует однозначных соответствий, поэтому одна и та же научная, идеологическая, инженерно-конструкторская информация могут быть воплощены самыми разными материальными средствами. В искусстве же между духовным содержанием и материалом существуют теснейшие прямые и обратные связи — такие прочные структурные «скрепы», которые не позволяют перевести данное художественное содержание в какой-либо другой материал, кроме того, который был избран мастером. Выявление этой суперструктуры — и в масштабах общей эстетической теории, и в масштабах теории отдельного вида искусства, и в масштабах анализа отдельного художественного произведения — необходимый аспект научного изучения искусства.

Резюмируя проведенный анализ, представим типологию структур в обобщающей табл. 1.

Таблица 1

Место структурного анализа в методологии системного исследования

<table>
<tr><td rowspan="2">Структуры идеальных систем</td><td colspan="2">Концептуальные структуры</td><td colspan="2">Знаковые структуры</td><td rowspan="5">Структуры структур материально-идеальных систем</td></tr>
<tr><td colspan="4">Интегральные структуры</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Структуры материальных систем</td><td>Пространственные структуры (архитектоника)</td><td>Пространственно-временные структуры (структуры функционирования)</td><td>Временные структуры (хроноструктуры)</td></tr>
<tr><td colspan="3">Интегральные структуры</td></tr>
</table>

Из обосновываемого в данной статье понимания связи системы и структуры следует, что неправомерны как отождествление структурного анализа с системным, ведущее к более или менее последовательному структурализму, так и признание структурного анализа одним из аспектов системного подхода (ранее такой позиции придерживался наряду с дру-

гими исследователями и автор настоящей статьи — см. [13, 14]). Поскольку структурированы и бытие системы, и ее функционирование, и ее развитие, и поскольку во всех этих формах существования системы структура связывает различные ее компоненты (подсистемы, а в них элементы), постольку в методологии системного исследования структурный анализ соотносим только с элементным (или — в терминологии А. И. Уемова — субстратным [40, с. 277—279]) анализом. Абсолютизация значения одного из них и игнорирование второго ошибочны: диалектическое мышление требует сопряжения этих двух аналитических позиций и в изучении бытия системы, и в изучении ее функционирования, и в изучении ее развития.

Для иллюстрации этого утверждения приведем два примера. Принцип изоморфизма часто поясняется путем сопоставления трех законов: закона Ома (1), закона теплопроводности Фурье (2) и закона фильтрирующихся жидкостей Дарси (3):

$$Q_э = (H_2 - H_1)\,t/R_э\,(1); \qquad Q = (T_2 - T_1)\,t/R_т\,(2);$$
$$Q_ж = (h_r - h_i)\,t/R_ж. \qquad (3)$$

Совершенно очевидна необходимость выявления диалектической связи структурного тождества и субстратного различия этих трех ситуаций. Не менее показателен пример из совершенно иной области: В. М. Жирмунский как-то заметил, что в «Евгении Онегине» и в басне Крылова о журавле и цапле по сути дела один и тот же сюжет: сначала она его любит, а он ее отвергает, затем он ей признается в любви, но она неприступна. Несомненно, однако, что сюжетно-структурный изоморфизм должен быть сопряжен исследователями с анализом различия образных первоэлементов обеих художественных систем — характеров героев романа Пушкина и басни Крылова.

Особое значение проблема изоморфизма и изофункционализма приобретает в связи с развитием интегративных тенденций в современной научной мысли, что весьма убедительно показано Э. С. Маркаряном [25]. Без выявления структуры любой из систем самое детальное описание ее элементного состава не принесет нам знания ни природы данной системы, ни закономерности ее поведения, ни ее движения и развития. Это значит, что «принцип инвариантности» при сопоставлении разносубстратных систем, который предстает и как их изоморфизм, и как их изофункционализм, и как их, если так можно выразиться, изоэволюционизм, столь же существен и столь же односторонен, как «принцип уникальности», и только соеди-

нение исследовательских установок, направленных на выявление действия обоих этих принципов, способно привести к достаточно полной характеристике изучаемых системных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Агудов В. В.* Место и функция «структуры» в системе категорий материалистической диалектики. М.: Высш. школа, 1979. 144 с.
   Аскин Я. Ф. Направление времени и временная структура процессов.— В кн.: Пространство, время, движение. М.: Наука, 1971, с. 56—79.
3. *Афанасьев В. Г.* Динамика социальных систем.— Коммунист, 1980, № 5, с. 56—70.
4. *Афанасьев В. Г.* Человек в управлении обществом. М.: Политиздат, 1977. 382 с.
   Анохин П. К. Избранные труды: Философские аспекты теории функциональной системы. М.: Наука, 1978. 400 с.
6. *Астафьев А. К., Зобов Р. А.* О понятии функциональной структуры. — В кн.: Методологические вопросы системно-структурного исследования: Тез. докл. М: Изд-во МГУ, 1967, с. 39—41.
7. *Блауберг И. В., Юдин Э. Г.* Становление и сущность системного подхода. М.: Наука, 1973. 270 с.
8. *Веденов М. Ф., Кремянский В. И.* Соотношение структуры и функций в живой природе. М.: Знание, 1966. 48 с.
9. *Головаха Е. И.* Структура групповой деятельности. Киев: Наук. думка, 1979. 138 с.
10. *Грушин Б. А.* Очерки логики исторического исследования. М.: Высш. школа, 1961. 214 с.
11. *Дружинин В. В., Конторов Д. С.* Проблемы системологии. М.: Сов. радио, 1976. 245 с.
12. *Егоров Ю. Л., Хасанов М. Х.* Система, структура, функция.— Филос. науки, 1978, № 5, с. 38—47.
13. *Каган М. С.* О системном подходе к системному подходу.— Филос. науки, 1973, № 6, с. 34—42.
14. *Каган М. С.* Человеческая деятельность: Опыт системного анализа. М.: Политиздат, 1974. 328 с.
15. *Каган М. С.* Системность и историзм.— Филос. науки, 1977, № 5, с. 114—121.
16. *Каган М. С.* О способах представления структур социальных объектов.— В кн.: Проблемы методологии науки и научного творчества. Л.: Изд-во ЛГУ, 1977, с. 147—161.
17. *Каган М. С.* Развитие системы и системность развития.— В кн.: Материалистическая диалектика и системный подход: Пробл. диалектики. Л.: Изд-во ЛГУ, 1981, вып. X, с. 50—61.
18. *Киселева Л. А.* Коммуникативные языковые функции и семантическое строение словесного значения.— В кн.: Проблемы семантики. М.: Наука, 1974, с. 66—75.
19. *Клишина С. А.* Принцип развития и структурный анализ.— В кн.: Принцип развития. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1972, с. 108—119.
20. *Кремянский В. И.* Структурные уровни живой материи. М.: Наука, 1969. 295 с.
21. *Кремянский В. И.* Методологические проблемы системного подхода к информации. М.: Наука, 1977. 288 с.

22. *Кузнецов И. В.* Принцип причинности и его роль в познании природы.— В кн.: Проблема причинности в современной физике. М.: Изд-во АН СССР, 1960, с. 5—130.
23. *Кузьмин В. П.* Принцип системности в теории и методологии К. Маркса. М.: Политиздат, 1976. 246 с.
24. *Малиновский А. А.* Теория структур и ее место в системном подходе.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник. М.: Наука, 1970, с. 10—79.
25. *Маркарян Э. С.* Интегративные тенденции во взаимодействии общественных и естественных наук. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1977. 230 с.
26. *Мельников Г. П.* Системология и языковые аспекты кибернетики. М.: Сов. радио, 1973. 367 с.
27. *Новик И. Б.* О моделировании сложных систем: (Филос. очерк). М.: Мысль, 1965. 335 с.
28. *Овчинников Н.* Структура.— В кн.: Философская энциклопедия. М.: Сов. энцикл., 1970, т. 5.
29. *Оруджев З. М.* Диалектика как система. М.: Политиздат, 1973.
30. *Платонов К. К.* О системе психологии. М.: Мысль, 1972. 216 с.
31. *Садовский В. Н.* Методологические проблемы исследования объектов, представляющих собой системы.— В кн.: Социология в СССР. М.: Мысль, 1965, т. 1, с. 164—192.
32. *Садовский В. Н.* Основания общей теории систем: Логико-методол. анализ. М.: Наука, 1974. 277 с.
33. *Свидерский В. И.* О диалектике элементов и структуры в объективном мире и в познании. М.: Соцэкгиз, 1962. 275 с.
34. *Свидерский В. И.* Некоторые вопросы диалектики изменения и развития. М.: Мысль, 1965. 286 с.
35. *Свидерский В. И., Зобов Р. А.* Некоторые философские аспекты элементно-структурных отношений. Л.: Изд-во ЛГУ, 1970. 127 с.
36. *Серов Н. К.* Процессы и мера времени. М.: Наука, 1974. 191 с.
37. *Солнцев В. М.* Язык как системно-структурное образование. М.: Наука, 1977. 2-е изд. 292 с.
38. *Тахтаджян А. Л.* Тектология: история и проблемы.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник. М.: Наука, 1972, с. 200—277.
39. *Тюхтин В. С.* Отражение, система, кибернетика. М.: Наука, 1972. 253 с.
40. *Уемов А. И.* Системный подход и общая теория систем. М.: Мысль, 1978. 270 с.
41. *Хасанов М.* Структура и функция в системе категорий материалистической диалектики. Ташкент: Узбекистан, 1981. 244 с.
42. *Щедровицкий Г. П.* Проблемы построения системной теории сложного «популятивного» объекта.— В кн.: Системные исследования. М.: Наука, 1976, с. 172—214.
43. *Piaget J.* Le structuralisme. 2e éd. P.: Presses Univ., 1968. 128 p.
44. *Piaget J.* Epistemologie des sciences de l'homme. P.: Gallimard, 1972. 380 p.
45. Sens et usages du terme «struature» dans les sciences humaines et sociales/Ed. by R. Bastide. La Haye etc., 1962. 165 p.
46. Struktur und Prozess. B.: Dt. Verl. Wiss., 1977. 372 S.
47. Der Strukturbegriff in den Geisteswissenschaften/Ed. von H. Einem, K. E. Born, F. Schalk, W P. Schmid. Mainz; Wiesbaden: Verl. Akad. Wiss. und Lit., 1973. 52 S.
48. Structure in art and in science/Ed. by G. Kipes. N. Y.: George Braziller, 1965. 189 p.

ОСОБЕННОСТИ ОПИСАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Ю. А. ШРЕЙДЕР

ВВЕДЕНИЕ

Идеи системного подхода нашли сегодня широкое распространение в самых разнообразных областях научного знания. Этот подход вооружил исследователей своеобразным видением изучаемой реальности, способствующим созданию новых теоретических концепций и нового типа знаний.

Центральным понятием системного подхода является отнюдь не «система». Общее понятие системы выделяет системные объекты, противопоставляя их объектам, воспринимаемым как устроенные хаотически, без постигаемой закономерности в их организации. Объекты, которые исследователь не может мыслить как системные, по сути своей не могут быть предметом научного изучения. Это обстоятельство очевидно, когда речь идет о науках номотетических. В идеографических науках системность вносится самим актом описания изучаемых объектов. В системности описания содержится намек на системность предмета описания, еще не облеченный достоинством открытой закономерности. Системность в столь общем понимании означает просто возможность постижения дискурсивными средствами. Допустимость столь широкой интерпретации системности толкает к тому, чтобы придать системному подходу и общей теории систем статус «философии науки». Против этого справедливо возражает В. Н. Садовский [1], акцентируя методологическое значение системного подхода в духе определенной традиции, сложившейся в советской философии. Системный подход трактуется в этой традиции как методология исследования особого класса природных и общественных объектов, наиболее адекватным названием которых можно считать термин «сложные системы». Кроющееся за этим термином интуитивное представление трудно поддается дискурсивному определению. Эта трудность усугубляется тем, что интуиции, связанные с понятием сложной системы, не так просто отделить от интуиций, лежащих в основе совсем иного понятия «большой системы» или, чтобы подчеркнуть важное для дальнейшего различение, «громоздкой системы». Общее в этих интуициях — представление о «невмещаемости» системы такого рода в обозримые аналитические модели и тем самым необходимость широко использовать обобщенные характеристики и сред-

ства вычислительной техники. Но принципиальная разница состоит в том, что «большие системы» — это многократно повторенные (агрегированные) обычные системы и отличаются от них исключительно громоздкостью описания, преодолеваемой за счет ухищрений статистики и технических средств запоминания данных, а «сложные системы» — это объект особой природы. Обращение методологии системного подхода к категории деятельности (ср. [2]) связано именно с особым статусом соответствующего предмета. Однако эти особенности, как показывает опыт, не поддаются отчетливому дискурсивному выражению.

Вот определение сложной системы, приведенное в БСЭ: «...сложная система — составной объект, части которого можно рассматривать как системы, закономерно объединенные в единое целое в соответствии с определенными принципами и связанные между собой определенными отношениями» [4]. Характерны и примеры, от которых отталкивается в этой статье Н. П. Бусленко,— это вычислительные комплексы и системы автоматического управления, т. е. системы, являющиеся техническими устройствами, хотя и сложными, но полностью открытыми для изучения в силу того, что они искусственно создаются человеком.

Куча камней тоже составной объект, и в отношениях частей есть закономерность, определяемая законами механики. Можно ли считать ее сложной системой? С другой стороны, животный мир в целом окажется системой в смысле указанного определения лишь в том случае, если мы встанем на точку зрения номогенеза — закономерного образования многообразия видов. Следует ли считать системообразующие закономерности внутреннее присущими системе, имманентными ей, или можно говорить о внешних по отношению к системе закономерностях?

Сходной критике можно подвергнуть и определение, данное в [3]. Оно основано на формально-логическом понятии каркаса и морфизма между каркасами. Системой же в [3] называется класс каркасов — представлений системы, связанных морфизмами. Неявно в этом определении подразумевается наличие целостности, проявляющейся в существовании морфизмов, связывающих разные представления системы. Эти представления описывают различные способы членения системы на части. Тем самым часть, составляющая элемент одного членения, в другом представлении сама оказывается расчлененной. Здесь подчеркивается не только то, что часть системы может быть системой, но и то, что способ членения системы на части зависит от аспекта изучения —

представления системы. Но последнее как раз и говорит о том, что данное в [3] определение лишь выглядит «онтологическим». Фактически в этом определении схвачен гносеологический момент — невозможность довольствоваться описанием сложной системы с какой-то единственной «привилегированной» точки зрения. Действительно, ту же кучу камней можно задать многими представлениями. В то же время при изучении весьма сложных объектов можно ограничиться весьма простым каноническим описанием. Так, газ в замкнутом объеме состоит из очень большого количества молекул и допускает самые разнообразные членения на подсистемы. Можно сказать, что мы имеем дело в данном случае с очень большой системой. Однако для описания основных физических свойств этой системы достаточно знать три параметра: P — давление, V — объем и T — температуру. Большая система проявляется в исследовании и описании как простая система, не нуждающаяся в разных представлениях.

Поведение искусственной системы, составленной из блоков, принципы работы которых могут быть полностью и достаточно компактно описаны, может оказаться практически непредсказуемым. Качество работы такой системы выявляется лишь в сложно организованном эксперименте, часто с имитацией реальных условий в ЭВМ. Это дает основания относить, как это делает Н. П. Бусленко в [4], некоторые системы автоматического управления к разряду сложных систем, особенно если они связаны с реакцией на порождаемые человеком непредвиденные ситуации.

Сказанное выше заставляет усомниться в плодотворности попыток охарактеризовать класс объектов, которые мы готовы были бы назвать сложными системами в соответствии с имеющейся интуицией. Похоже, скорее, что в некоторых ситуациях возникают объекты, которые описываются как сложные системы. Такой «перенос» проблемы из онтологической сферы в гносеологическую нам представляется целесообразным.

При гносеологическом подходе вопрос стоит уже не о конструировании определения сложной системы, но о выяснении того, чем характеризуются способы представления знания о таких системах. Термин «сложная система» становится тогда обозначением некоторой формы знания об объектах. В соответствии с этим можно считать сложную систему категорией, которая выражает некую априорную интуицию, позволяющую определенным образом представлять сложно организованные объекты.

АНТИФИЗИКАЛИЗМ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Итак, специфику системных объектов — сложных систем предлагается искать не в их природе, но в форме получаемого о них знания, в способах представления этого знания. Если бы форма знания с необходимостью вытекала из самой природы объекта, то гносеологическое исследование сложных систем оказалось бы косвенным способом выявления их природы. Но дело осложняется тем, что форма знания о сложных системах определяется не только и даже, может быть, не столько их природой, сколько их отношением к познающему субъекту, целям исследования и самой познавательной деятельности. Сам способ выделения объекта исследования — не как физического тела, среды или субстанции, но как того, что обладает определенной целостностью организации,— специфичен как норматив системного подхода. Следуя М. А. Розову [5], можно сказать, что форма существования знания — это нормативная система обращения с этим знанием. Нормативная система — это культурный механизм представления и сохранения знания. Именно специфика нормативов описания выделяет системные объекты. Эту специфику удобно выразить в их противопоставлении нормативам описания физических объектов. Подчеркнем, что сложная система противопоставляется нами физическому объекту не по его природе, но по нормативу описания, т. е. не онтологически, а гносеологически. Об антифизикализме системного подхода мы говорим отнюдь не предполагая, что в природе системных объектов есть нечто сверх природы физических объектов. Речь идет о том, что обычные физикалистские нормативы описания объектов не пригодны для представления знания о сложных системах. В них нет средств описывать знания о целостности объекта, включать в знание об объекте саму познавательную деятельность, ценностные аспекты и поиск целеполагающих факторов и т. п. В некотором смысле можно сказать, что системный подход есть преодоление классических нормативов описания объектов по физикалистскому образцу. (Последнюю фразу уместно трактовать не более как эвристическое суждение или поясняющую метафору.)

Принципы физикалистского описания объектов наиболее удачно и отчетливо были сформулированы Н. Н. Моисеевым в докладе на методологическом семинаре кафедры философии естественных факультетов МГУ 21 апреля 1981 г. Речь идет о следующих принципах:

1) принцип Родена — физическое описание отсекает все невозможные (запрещенные физическими законами) состоя-

ния. (Аналогия с принципом ваяния в камне: достаточно отсечь все ненужное, и останется прекрасная статуя.);

2) принцип локального эксперимента — достаточно знать результаты «чистых» экспериментов, определяющих локальные зависимости. Все остальное может дать дедукция.

Отметим сразу вслед за Н. Н. Моисеевым [6], что физикалистский принцип Родена нарушается уже при описании некоторых физических ситуаций, когда возникают бифуркации. Так, когда на цилиндрический упругий стержень действуют с торцов силы сжатия, то при малых силах устойчивым состоянием равновесия будет цилиндрическое, но при достаточно сильном сжатии состояниями равновесия окажутся конфигурации согнутого цилиндра. При этом цилиндр с одинаковым успехом может быть согнут в любую сторону. При достижении точки бифуркации поведение физической системы становится принципиально не предсказуемым, т. е. приобретает некоторые черты сложной системы. Сам Н. Н. Моисеев приводит этот пример в [6] в весьма принципиальном контексте. По сути, речь идет о том, что некоторые ситуации чисто физической природы в состоянии репрезентировать поведение сложных систем, например эволюцию живого.

Принцип Родена означает, что физикалистский норматив, характерный для «классической науки», описывает ситуации в модальности долженствования: поведение системы детерминируется запретом невозможных (исходя из всеобщих законов) состояний и переходов. Заметим, что этот принцип отнюдь не отрицается в квантовой механике, если состояние понимать в соответствии с принципами квантовой механики.

Согласно нормативам системного подхода, описание объектов ведется в основном в модальности «возможность». Выбор одного из «разрешенных» состояний не предписывается с необходимостью. Между запретами, возникающими в силу всеобщих законов, и реальным поведением системы возникает нейтральная полоса, где поведение системы определяется целями, вырабатываемыми в ней самой. Так, общие стратегические принципы шахматной игры оставляют игрокам простор для индивидуального комбинирования. Аналогично этому задача, которую обязан реализовать конструируемый алгоритм, еще не предрешает структуру и поведение этого алгоритма, зависящие от тех целей, которые дополнительно ставит себе автор алгоритма: простота контроля, экономия времени или памяти и т. п. Принцип локального эксперимента решительно отвергается системным подходом. Так, например, качество системы машинного перевода

в принципе нельзя определить путем проверки на искусственно подобранных текстах, содержащих те или иные языковые тонкости. Существенно то, как система работает именно в реальных условиях на больших текстах, содержащих ситуации, заведомо не предусмотренные в системе (см. [8]). Знание отдельных регулятивных механизмов сложной системы не дает еще оснований для суждения о принципах работы целостной системы. Экстраполяция данных локального эксперимента, являющаяся одним из характернейших нормативов физикалистского подхода, отвергается при исследовании сложных систем.

Так, результаты локального генетического эксперимента Г. Менделя с горохом допускают весьма ограниченную экстраполяцию на общий случай. Невозможность такой экстраполяции была существенным аргументом для критиков «менделизма» и хромосомной теории наследственности. Однако М. Д. Голубовский в [9] очень интересно раскрыл роль работ Менделя для создания научной генетики как первого результата, содержащего общую генетическую закономерность, которая может быть интерпретирована лишь в общесистемном контексте генетической теории.

Нормативы описания сложной системы как бы заранее рассчитаны на неполноту имеющегося знания. Этим они принципиально отличаются от физикалистских нормативов, включающих в себя предположение о том, что в принципе при подключении достаточных вспомогательных средств может быть получено полное знание об объекте исследования. По крайней мере, такова обычная установка.

Связь понятия сложности с понятием отсутствия знания хорошо иллюстрируется в понятии сложности по А. Н. Колмогорову [10]. Сложность некоторой последовательности из нулей и единиц определяется по Колмогорову как длина записанной в двоичном коде программы, достаточной для вычисления любого знака этой последовательности. Максимально сложной является такая последовательность, которую нельзя задать программой, существенно более короткой, чем длина самой последовательности. Грубо говоря, это означает, что данную последовательность нельзя описать лежащей в ее основе закономерностью, но можно лишь предъявить целиком. Фактически мы не знаем этой последовательности, пока не имеем ее перед собой. Подобно этому, сложная система не может быть задана или сколь угодно хорошо приближена коротким описанием. Но человек в состоянии работать лишь с теми описаниями объектов, которые соразмерны человеческим возможностям. Отсюда возникает

представление о том, что, оперируя со сложной системой, всегда следует предвидеть наличие существенной сферы незнания и для общих суждений о поведении системы нужно использовать особые основания. В качестве характерного примера можно указать законы робототехники, изобретенные писателем-фантастом А. Азимовым и широко цитируемые другими фантастами, которые помогают прогнозировать поведение роботов, чья внутренняя структура не поддается человекоразмерным описаниям. Фактически в этом примере прогноз поведения сложной системы основан на аксиологических принципах, лежащих в основе целеполагания исследуемой системы.

ЭКО-НАУКИ И ЭКО-СИСТЕМЫ

Науки об Ойкумене — сфере человеческого обитания (к ним в первую очередь относятся экология и экономика) — сегодня уже встали перед проблемой системного описания объектов. Аналогичные проблемы встают и перед дисциплинами, которые хотя и не несут в своем названии прямого упоминания об Ойкумене в виде морфемы «Эко», но, по сути дела, относятся к эко-наукам. К таким наукам можно отнести культурологию, науковедение, информатику, если эти дисциплины понимать как науки о ноосфере — сфере обитания человеческого разума. Сюда же относится цикл наук о биосфере, а также науки географического цикла. Более точно следовало бы говорить даже не столько об эко-науках, сколько об экопроблемах, на которых сосредоточены интересы ряда специальных дисциплин. Таковы проблемы охраны окружающей среды, создания эволюционной теории, объясняющей не только механизмы видообразования, но и возникновения многообразия жизненных форм, выяснения закономерностей развития науки, адаптации к условиям «информационного взрыва» в науке и выяснения его природы, выяснения природы языковых закономерностей и целый ряд других. Сегодня гораздо более актуальным является выявление конкретно-научных ситуаций, в которых традиционные нормативы обращения со знанием становятся недостаточными в тех или иных экопроблемах и возникает внутренняя необходимость в переходе к нормативам системного описания объектов, рассмотрения этих объектов как сложных систем. В такой постановке вопроса конкретные науки оказываются эмпирическим материалом гносеологического исследования (ср. [5]). Именно в этом кроется плодотворность гносеологической интерпретации понятия

«сложная система» — философия получает для изучения богатейший опыт науки, но не навязывает науке искусственно созданные онтологические представления о природе системных объектов.

Для гносеологического исследования опыт неудач науки не менее важен, чем опыт ее грандиозных успехов. В неудаче следования традиционному нормативу легче осознается как этот норматив, так и норматив, подключаемый ему на смену. В связи с этим очень поучителен рассказ Н. Н. Моисеева в [7] о тех неудачах, которые потерпели математики при моделировании экономических объектов. Оказалось, что оптимальное математическое управление производственным объектом по критериям, не вызывающим сомнения, может привести к экономическому краху, лишая этот объект эксплицитно не формулируемых, но жизненно ему необходимых степеней свободы. Математическая модель не справилась с трудностями аксиологического характера — система ценностей, определяющая функционирование системы, оказалась гораздо более сложной, чем это представлялось первоначально. Увеличение ясности и однозначности ситуации, к которому привело математическое управление, сняло ту сложность, которая была необходима для жизнеспособности объекта. Не всякая простота оказывается выигрышем.

Важность и специфику экологических проблем Н. Н. Моисеев [7, с. 175] характеризует следующим образом: «Проблемы экологии...— это узел, в котором связаны проблемы естественнонаучные и социальные, и его нельзя развязать принципиально... Вот почему экологическая проблематика столь заманчива для нас и почему без машинного, системного профессионализма с ней вряд ли можно будет справиться». Чтобы избежать непоправимых эко-ошибок, Н. Н. Моисеев считает необходимым соотносить человеческую деятельность с ритмами биосферы, адаптировать ее, а значит, и образ жизни к естественному круговороту веществ в природе. Ценность самой экосистемы оказывается при таком подходе соизмеримой с ценностью человека. Это совсем не похоже на установки классической науки, исходившей из тезиса о безграничных возможностях человека и требования безоговорочно подчинить человеку природу. Оказывается, что знание возможностей использования природы должно быть сопряжено со знанием о долгосрочных ресурсах природных систем. Это совсем новый норматив работы со знанием и другая ценностная ориентация: экологическое знание оказывается необходимой составной частью экономического, а природа не может рассматриваться только как средство.

Описание ряда психологических феноменов на основании понятия установки по сути есть использование норматива системного описания. Описание через установку означает, что локальный механизм характеризуется через состояние целого, которое служит объясняющим принципом для конкретных механизмов.

Логичность и необходимость появления в лингвистике нормативов системного описания показаны М. В. Араповым в [11]. В теории эволюции и происхождения жизни очень существенной оказалась идея о том, что эволюционируют экосистемы и биосфера в целом. Ю. В. Чайковский в [12] высказал интересную идею, что первый, возникший на Земле организм был более схож с биосферой в целом, нежели с единичным организмом в классическом понимании — он сам составляет для себя экосистему.

Оказалось, что проблемы экономической географии приводят к появлению системных описаний географических регионов. Нормативы системного описания позволяют увидеть закономерности, скажем, в заселении регионов, не обнаруживаемые в более традиционных описаниях. Это обстоятельство проявилось в методологических поисках при формировании теоретической географии как дисциплины (см. [13]). Взаимодействие дисциплин на методологическом уровне оказывается важным системообразующим фактором и для науки в целом [14]. Вообще попытки постигнуть общие закономерности развития феномена науки приводят к необходимости рассмотрения науки как целостной системы.

ХАРАКТЕРНЫЕ НОРМАТИВЫ СИСТЕМНОГО ОПИСАНИЯ

Попытаемся теперь выявить реально используемые наукой нормативы, специфические для описания объектов как сложных систем. Само выделение сложных систем как индивидуальных объектов происходит на основе критерия целостности или замкнутости. Физической системой может быть любое множество тел или любая порция физической субстанции; но уже солнечная система обязательно включает в себя все тела, движение которых регулируется притяжением Солнца. Система химических элементов обязана состоять из всех мыслимых элементов.

Системный характер носит и понятие симметрии — это качество, относящееся к целостному объекту. Часть симметричного объекта не обладает, вообще говоря, симметрией целого. Системное описание часто связано с выделением

существенных симметрий (см. [11, 15]). Закономерности, присущие сложной системе, часто описываются как характеристики ее нормального функционирования. Существенна в таких описаниях возможность охарактеризовать, что есть «норма» для данной системы, а что признак надвигающейся катастрофы. Эти принципы воплощаются в конкретных нормативах системного описания.

Выделение диагностических параметров. Парадоксальным образом врач, исследуя состояние человека, использует те же основные параметры, которыми физик описывает состояние газа. Врача тоже интересуют давление крови P, температура тела T и объем V, численно совпадающий с весом тела. Это не значит, конечно, что врач в первом приближении рассматривает больного как газ или вообще как физическое тело. Параметры, о которых сейчас идет речь, не претендуют на роль описания состояния. Их роль не прогностическая, но диагностическая: они диагносцируют отклонение от нормы и степень его опасности — приближения к необратимой катастрофе. При описании экосистем очень важную роль играет весьма простой параметр: число видов, образующих данную экосистему. Он характеризует разнообразие экосистемы. Уменьшение этого числа сигнализирует об опасной неустойчивости системы, даже если все экологические ниши заполнены, а трофические связи насыщены. О необходимости характеризовать экосистему «температурой» см. [22].

Ранговые распределения. Состояние системы часто удобно охарактеризовать не набором параметров и их изменением во времени, но статистическим распределением. Представим себе, что некоторую систему можно естественным образом разделить на части, каждая из которых заполнена однотипными элементами. Если числа заполнений упорядочить по убыванию, то полученный ряд чисел называется ранговым распределением.

Так, например, текст состоит из множеств мест, занимаемых тем же самым словом в разных формах. Ранговое распределение в данном случае характеризует численности вхождения разных слов в данный текст. Оказывается, для целого ряда систем, встречающихся в биологии, географии, социологии, лингвистике, информатике и т. д., целостность системы связана с тем, что соответствующее ранговое распределение подчиняется закону Ципфа [11].

Распределение Ципфа вытекает из некоторых свойств симметрии системы (см. [16]). Связь распределения Ципфа с системностью проявляется, например, в том, что это рас-

определение хорошо выполняется для целостных связных текстов и гораздо хуже для частей этих текстов или конгломератов текстов. Сами параметры, входящие в закон Ципфа, имеют диагностический характер, определяя содержательные качества системы.

Описание через типологию. Типология есть, разумеется, традиционный способ описания знаний. Описываемый объект характеризуется как объект данного типа или того же типа, что и некоторый другой эталонный объект. Тут важно, что описание в принципе допускается опосредствованным: знание об объекте X состоит не в описании его устройства, но в указании на объект Y, устроенный аналогично — являющийся эталоном для X (ср. [17]).

Принцип сохранения статус-кво. Специфические трудности в принятии решений возникают в тех случаях, когда решение о выборе действия принимается разными частями или элементами системы. В этом случае возникает ситуация «голосования», когда системное решение принимается по специальной логике голосования на основе отдельных решений. При этом компетентность отдельных частей может быть сравнима с компетентностью целого или даже превосходить последнюю. В простейшем случае бинарных выборов такая логика может быть описана так называемыми мажоритарными структурами, или формальным большинством (см. [16]). Но здесь возникает специфический «парадокс неопределенности». Этот парадокс особенно ярко выглядит в ситуации голосования с «правом вето». Один из участников голосования может предложить, чтобы угодное ему решение было отвергнуто, а затем наложить вето на такое отвержение. Получается, что в зависимости от формулировки предложения оно может быть принято одним голосом против всех в ситуации, когда все участники голосования равноправны.

Объяснение этого парадокса состоит в том, что фактически решение и его отвержение отнюдь не равноправны, как суждение и его отрицание в традиционной логике. В логике системного принятия решений отрицание решения не равноправно с исходным решением. Надо различать маркированное решение и решение, сохраняющее статус-кво, аналогично тому как различаются сохранение нормы и нарушение этой нормы. Фактически на голосование всегда ставятся лишь те решения, которые меняют статус-кво — существующее до голосования положение вещей. Скажем, на голосование Ученого совета никогда не ставится решение «не присуждать такому-то лицу ученой степени», ибо при-

нятие такого решения не меняет статус-кво, поскольку данное лицо и ранее не имело искомой степени. Не случайно голосованию подлежит лишь решение типа «присудить этому лицу искомую ученую степень». Этим избегается парадокс неопределенности решения. Этот парадокс является лишь одним из возможных при голосовании (см. [16]) и показывает, что при управлении системами существенно не только описать некое решение, но и знать, что оно влечет выбор, нарушающий «статус-кво» данной системы.

Рефлексивное управление. Следующий важный момент состоит в том, что при воздействии на сложную систему мы часто оказываемся в ситуации отсутствия знания о механизме воздействия управляющего сигнала, но можем учитывать те цели, которым подчиняется управляемая система. И уже это дает возможность целенаправленного воздействия на нее. Принцип программирования, используемый при управлении ЭВМ, требует, чтобы были предусмотрены все последовательности действий в любых мыслимых обстоятельствах. Программисты пятидесятых годов обязаны были точно и подробно представлять себе, что будет происходить при реализации программы в устройствах ЭВМ. Сегодняшний программист может себе представлять работу ЭВМ гораздо более обобщенно, но все же он обязан предусмотреть нужные функциональные зависимости между входными и выходными данными отдельных программных блоков. Целенаправленное воздействие на сложные системы и в первую очередь на живые системы может происходить без наличия таких знаний. Знание о реальном преобразовании управляющих сигналов может быть заменено знанием целей и ценностей, на которые ориентируется управляемая система.

Программирование может быть сколь угодно обобщенным, но оно не может быть неопределенным. Программу решения системы линейных уравнений можно обозначить одним оператором, но в имени этого оператора должно быть предусмотрено, каким методом осуществляется решение и тем самым опосредствованно, предусмотрена вся последовательность будущих действий. Но человеку можно поручить решение этой же системы уравнений, полагаясь на то, что он достигнет нужной цели теми средствами, которые ему покажутся удобнее. Например, обнаружив некую непредвиденную регулярность в решении, человек может произвести экстраполяцию, ведущую к результату гораздо быстрее. Важно только, чтобы его понимание о цели решения задачи не расходилось с таковым у «заказчика».

В последнем случае воздействие предполагает наличие у управляющего «представления» не столько о будущих действиях управляемой системы, сколько о ее «мотивах» выбора тех или иных действий. Следующий шаг состоит в учете и того представления, которое складывается в управляемой системе относительно управляющего субъекта. Это представление также может быть отрефлектировано субъектом управления и использовано в управлении. Более того, управляющий субъект может целенаправленно формировать некоторое представление о себе в управляемой системе, используя это представление для повышения эффективности управляющих воздействий.

Принципы рефлексивного управления достаточно ясно выражены в [18]. Нам здесь важно подчеркнуть, что рефлексивное управление опирается на специфические нормативы описания систем. Бихевиористское описание, основанное на фиксации реакций на те или иные стимулы-воздействия, здесь явно недостаточно, а в некотором смысле и излишне. Вместо этого описывается в широком смысле рефлексия системы о собственных действиях и их отношении к представлениям управляющего субъекта, в которые, в свою очередь, входит рефлексия последнего об управляемой системе и т. д.

Принцип устойчивости к неизвестному. Этот принцип был сформулирован О. С. Кулагиной применительно к системам машинного перевода [8], но его общесистемный характер довольно очевиден. Дело в том, что если программа машинного перевода не содержит прямых ошибок и не учитываются сбои самой ЭВМ, то всякий текст, где все лексические и грамматические элементы заранее учтены в программе, будет переведен правильно. С этой точки зрения все правильно составленные программы машинного перевода как бы одинаково хороши. Однако если мы хотим, чтобы система машинного перевода работала не только на тех текстах, к которым она заранее приспособлена, то нужно считаться с тем, что неизвестные заранее ситуации всегда могут возникнуть. Важная мысль О. С. Кулагиной в том и состоит, что качество системы машинного перевода определяется как раз тем, как она себя ведет в ситуации, когда появляется не предвиденное в словаре слово, вариант перевода или не может быть правильно распознана грамматическая связь ввиду отсутствия в программе нужной информации.

Плохая система в этих ситуациях дает по сути дела полный отказ. Хорошая — дает почти правильный перевод

с точностью до нераспознанного места. Именно таков результат и хорошего переводчика: он точно фиксирует возникшую неопределенность в виде вопроса. Итак, сложные системы различаются в первую очередь тем, как они ведут себя в ситуациях заведомо плохих, где ошибка объективно неизбежна. Хорошие системы сохраняют в таких ситуациях способность функционировать — плохие перестают выдавать осмысленный результат.

В ситуациях же, когда все заранее предусмотрено, поведение разных систем неотличимо. Следовательно для описания того, как ведут себя системы, очень важно иметь подробные протоколы испытаний именно в критических условиях. Простую систему достаточно испытать в условиях нормы. Сложную необходимо испытывать в экстремальных условиях. По сути дела, этот принцип различения систем по их поведению в сложных условиях, когда появляются непредвиденные факторы, принадлежит уже Льву Толстому. Достаточно вспомнить, как начинается «Анна Каренина»: «Все счастливые семьи счастливы одинаково, все несчастные...». Таким образом, принцип устойчивости к неизвестному является важным критерием качества сложной системы.

Протоколирование поведения системы. Идея, что протокол реального поведения очень важен именно в тех случаях, когда нет способа описать закон функционирования системы, была выражена уже в понятии «черного ящика». Описание таких протоколов есть очень важный норматив описания сложных систем. Хорошим примером может служить протокол шахматной партии.

В настоящем описании мы не претендуем на полное указание нормативов системного описания объектов. Нам важно было показать, что такие специфические нормативы реально существуют в научной практике.

РОЛЬ АКСИОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ СЛОЖНЫМИ СИСТЕМАМИ

Говоря о способах представления знания о сложных системах, о нормативах системного описания, мы пока не касались очень острой проблемы: возможно ли такого рода знание само по себе, отделенное от эстетического и ценностного отношения к предмету знания? Иначе говоря, речь идет о том, могут ли сложные системы быть предметом чисто гносеологического рассмотрения? Не является ли выделение чисто познавательного объекта насилием над целост-

постью этого объекта, неотъемлемо включающей в себя этическое и эстетическое? Разумеется, возможна познавательная деятельность, которая не регулируется никакими иными ценностями, кроме ценности самого знания. В рамках такой деятельности «оправдывается» любой социальный или биологический эксперимент, любое познавательное насилие над живым существом, природой или обществом. История науки показывает, что моральные возражения против вивисекции, анатомирования трупов или психологических экспериментов по исследованию жестокости не очень эффективны. Столь же мало эффективными оказываются нравственные аргументы в защиту окружающей среды.

Если подходить к делу философски, а не морализаторски, то нужно прежде всего выяснить, дает ли познавательная деятельность, рассматривающая самое себя как высшую ценность, подлинное знание о сложных системах? Соответственно возможно ли управление сложными системами, игнорирующее ценностные (этические и эстетические) аспекты?

Можно начать поиск ответов на поставленные вопросы в живом опыте науки. В этом опыте интересны, как всегда, не только успехи, но и неудачи. Эволюционная теория Дарвина справедливо считается одним из ярких достижений науки, применением чисто научного метода к выявлению эволюционных механизмов и установлению связи наследственности, изменчивости и экологии. (Естественный отбор, являясь экологическим фактором, в теории Дарвина оказывается ведущим фактором видообразования.) Казалось бы, такая строго научная в классическом смысле концепция начисто порывает с телеологическими объяснениями, с какой бы то ни было апелляцией к ценностям. И все же тщательный анализ логических предпосылок дарвинизма А. А. Любищевым показал, что эта концепция имеет свою, хотя и замаскированную аксиологию, а зоркий взгляд поэта обнаружил в описаниях натуралиста Дарвина свою особую эстетику, отличную от эстетики натуралистов предыдущей эпохи вроде Палласа [19]. Эстетика динамического описания организмов и видов и этика непосредственой пользы для вида — существенные компоненты дарвинизма.

Интересна попытка Ю. В. Линника [20] описать флору Карелии в поэтической форме, ориентируясь на эстетику растительных форм и рассматривая последнюю в единстве с экологией. Не исключено, что такие описания природы, ориентирующиеся на художественные средства, окажутся необходимым элементом экологических знаний.

Этот способ описания заранее исключает отношение к природе как к средству, формируя этим не только эстетическое впечатление, но и этическую установку. Сегодняшние экологические проблемы возникли как следствие чисто потребительского отношения к природе. Оказалось, что последствия такого отношения сказываются гораздо быстрее, чем предполагалось,— уже при жизни того самого поколения, которое рассчитывало воспользоваться плодами своего хозяйствования. Дело здесь не сводится к уточнению экономического расчета. Нужна смена установки, введение в природознание нравственного отношения к объекту. Важны установки, прививаемые с детства, в школьном обучении. Уже то, что сегодняшние школьники знают, что рвать цветы в лесу и поле — это дурно, создает изначально хорошую привычку.

Школьник, выходящий на природу, не думает о том, сколько можно нарвать цветов. Сама идея рвать цветы представляется нарушающей наши обязательства перед природой. В этом — зачаток понимания того, что любое использование природы чревато нарушением нравственных обязательств. Оно нуждается в очень серьезном обосновании потребности и трезвом расчете предвидимых последствий с оглядкой на непредвидимые. Эстетические и этические принципы являются особым знанием, обобщенно отражающим устройство мира. Знание эстетических принципов не содержит в себе рецепта, как создавать эстетические ценности. В этих принципах содержится то знание, которое принципиально не может быть рецептурным. Точно также этические принципы — это в некотором смысле «знание о неизвестном». Эти принципы способны управлять поведением в ситуациях, когда последствия этого поведения не могут быть однозначно предсказаны. В одном из научно-фантастических рассказов описан космический корабль со сменой поколений, передающих одно другому завет — чистить и смазывать железную балку в оранжерее. Практический смысл этого действия никому не известен и необъясним. Оно выполняется как ритуал, как моральный долг. Но оказывается, что в момент приземления эта балка служит для того, чтобы ящики оранжереи не разбились, а приняли нужное положение.

Подобную функцию весьма часто несут этические принципы. Скажем, давний этический запрет на инцест (брак между ближайшими родственниками) в свете современной генетики получил рациональное объяснение. Этическое правило бережного отношения к природе тоже имеет ра-

циональную интерпретацию. Безнравственность как по отношению к природе, так и в социальной сфере оборачивается прямыми убытками в экономике.

Можно апеллировать к нравственности, чтобы удержать человека от достижения непосредственной выгоды, если этот человек находится заранее на некотором уровне нравственного развития. В этом действенность этики.

Суть здесь не только в том что в форме нравственных запретов и рекомендаций общество хранит знание о том, что еще не приобрело рациональной интерпретации. Как раз нарушение нравственного закона часто получает рациональное оправдание. Нарушение этического принципа может привести к заметной сиюминутной выгоде для нарушителя, но оно колеблет устойчивость принятой системы ценностей и этим уже ухудшает возможности рефлексивного управления. Ситуация в обществе становится менее предсказуемой, а это лишает его одного из важных условий стабильного существования [21, с. 159—160]. Дурной поступок плох не только сам по себе, но гораздо более плох как прецедент, нарушающий абсолютизм этических законов, регулирующих как функционирование систем, так и возможность взаимодействия с ними. Нарушения природного закона могут сами по себе иметь вредные последствия, но последствия нарушений этического закона выступают в многократно усиленном виде, поскольку в них содержится возможность будущих нарушений. По-видимому, рациональное описание устройства и функционирования сложных систем невозможно без внесения в него этических и эстетических оценок. Во всяком случае, такая мысль не может не прийти в голову при трезвом анализе попыток отделить чистое знание и его использование от сферы ценностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Садовский В. Н.* Проблемы методологии системных исследований в современной американской философии науки.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1980. М.: Наука, 1981, с. 84—108.
2. *Юдин Э. Г.* Системный подход и принцип деятельности: Методологические проблемы современной науки. М.: Наука, 1978. 391 с.
3. *Шрейдер Ю. А.* Язык описания систем.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1973. М.: Наука, 1979, с. 226—238.
4. *Бусленко Н. П.* Сложные системы.— В кн.: БСЭ. 5-е изд. т. 3, с. 150.
5. *Розов М. А.* Проблемы эмпирического анализа научных знаний. Новосибирск: Наука, 1977. 221 с.
6. *Моисеев Н. Н.* Случайна или неизбежна эволюция? — Химия и жизнь, 1981, № 7, с. 23—27.

7. *Моисеев Н. Н.* Математика ставит эксперименты. М.: Наука, 1979. 223 с.
8. *Кулагина О. С.* Исследования по машинному переводу. М.: Наука, 1977. 319 с.
9. *Голубовский М. Д.* Некоторые аспекты взаимодействия генетики и теории эволюции.— В кн.: Методологические и философские проблемы биологии. Новосибирск: Наука, 1981, с. 69—92.
10. *Колмогоров А. Н.* Три подхода к определению понятия «количество информации».— Пробл. передачи информ., 1965, т. 1, вып. 1, с. 3—7.
11. *Арапов М. В.* Системный анализ лексической структуры текстов.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1981. М.: Наука, 1981, с. 372—403.
12. *Чайковский Ю. В.* Где начало того конца... — Знание — сила, 1980, № 1, с. 10—11.
13. *Шупер В. А.* Некоторые возможные пути влияния методологии на поиски решения экологической проблемы.— В кн.: Взаимодействие естественных, технических и общественных наук: Методол. пробл. М.: Наука, 1981, с. 145—161.
14. *Шрейдер Ю. А.* Единство и взаимодействие естественных и общественных наук.— В кн.: Взаимодействие естественных, технических и общественных наук: Методол. пробл. М.: Наука, 1981, с. 69—85.
15. *Урманцев Ю. А.* Симметрия природы и природа симметрии. М.: Наука, 1974. 229 с.
16. *Шрейдер Ю. А., Шаров А. А.* Системы и модели. М.: Радио и связь, 1982. 152 с.
17. *Шрейдер Ю. А.* Типология как основа классификации.— НТИ. Сер. 2, 1981, № 11, с. 1—5.
18. Проблемы исследования систем и структур: Материалы к конференции. М., 1965. 232 с.
19. *Мандельштам О. Э.* Заметки о натуралистах.— В кн.: Пути в незнаемое. М.: Сов. писатель, 1980, сб. 15, с. 442—445.
20. *Линник Ю. В.* Книга природы. Петрозаводск: Карелия, 1978. 350 с.
21. Управление, информация, интеллект. М.: Мысль, 1976. 383 с.
22. *Михайловский Г. Е.* Как поставить градусник экосистеме? — Химия и жизнь, 1981, № 10, с. 24—26.

ОСНОВЫ ФОРМАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ЦЕЛОСТНОСТИ
(часть третья) *

Г. А. СМИРНОВ

В словаре современной науки трудно, пожалуй, найти более употребительные термины, чем «элемент», «связь», «взаимосвязь элементов». Они настолько прочно вошли в научный обиход, что их почти невозможно «привязать» к какому-то одному научному направлению. И все же есть область науки, где эти термины звучат не просто как слова универсального языка, к которому вынуждены прибегать представители различных дисциплин, когда хотят сделать свой предмет доступным для неспециалиста. В системных исследованиях эти понятия используются именно как термины, необходимые для выражения существа дела, для спецификации самого предмета изучения.

Любая системная концепция начинается с утверждения, что она изучает объекты особого рода, состоящие из дискретных образований (элементов), каким-то образом связанных между собой. В зависимости от способа соположения элементов и характера их связей выделяются различные типы систем. Наиболее интересные проблемы возникают при изучении сложных систем, обладающих ярко выраженными эмерджентными (интегративными) свойствами, например биологических или социально-экономических. Именно здесь обнаруживается недостаточность традиционных методов исследования и требуется привлечение специфически системных понятий, таких, как иерархичность, целенаправленность и т. п. Главные достижения системной методологии связаны с разработкой способов анализа и описания «телеологических» объектов, чье поведение нельзя подвести под канонические схемы классической науки, исходившей из представления об однонаправленных причинных рядах.

Разработка концептуального аппарата системных исследований шла в основном за счет недстраивания все более высоких этажей над первичными понятиями «элемент» и «связь». Последние, конечно, предполагались, но все сколько-нибудь заметные успехи системного движения обусловлены отнюдь не более глубоким проникновением в суть этих фундаментальных понятий, а эффективностью кон-

* Первая и вторая части статьи опубликованы в предшествующих выпусках ежегодника «Системные исследования. Методологические проблемы» [5, 6].

струкций, созданных на их основе, точнее, в предположении, что системный объект членится таким образом. При этом нельзя сказать, что они были просто оставлены без внимания: задача экспликации их содержания ставилась в ряде работ как советских, так и зарубежных авторов. Однако мы можем констатировать, что эти усилия пока не принесли ощутимых результатов.

До сих пор остается неясным главный пункт: вносит ли какой-нибудь новый смысловой момент апелляция к понятию связи, когда речь заходит о целостном единстве, или же вполне можно обойтись и в этом случае традиционным представлением о взаимодействии, фигурировавшим в науке задолго до зарождения идей системного подхода. Кстати, ученые, исследующие проблему целостности на конкретном материале, обычно отождествляют понятия взаимодействия и взаимосвязи. Например, И. И. Шмальгаузен при анализе интегрирующих факторов, обеспечивающих целостность организма, в своей классической работе «Организм как целое в его индивидуальном и историческом развитии» [8] отдает предпочтение понятию «взаимосвязь» и близкому к нему «корреляция», обозначающих взаимное согласование частей внутри целостного организма. Традиция такого словоупотребления в биологии восходит к Кювье, который сформулировал *принцип корреляции*: «Так как все органы животного образуют единую систему, части которой зависят друг от друга, и действуют, и противодействуют одна по отношению к другой, никакое изменение не может обнаружиться в одной части без того, чтобы не вызвать соответствующие изменения во всех остальных частях» [8, с. 22].

В более поздней работе «Регуляция формообразования в индивидуальном развитии» И. И. Шмальгаузен, подводя итог своим исследованиям, посвященным проблеме целостности организма, резюмирует их основную идею в следующих словах: «Движущие силы индивидуального развития создаются по мере дифференцировки зародыша в результате взаимодействия продуктов этой дифференцировки. Взаимодействие разных частей ведет к новым дифференцировкам и дальнейшим взаимодействиям. Устойчивость организации покоится не на прочности каких-либо структур, а на сложности системы взаимозависимостей (корреляций) и на регуляторном их характере. В результате этих взаимозависимостей организм развивается на всех стадиях как одно согласованное целое» [8, с. 229]. И далее замечает: «Вместо прежнего, недостаточно определенного термина корреляция,

который понимается иногда статически как сосуществование или соотношение, я употребляю теперь гораздо более выразительный русский термин ,,взаимодействие''» [Там же].

Если на интуитивно-содержательном уровне понятие связи (взаимосвязи) нелегко отграничить от понятия взаимодействия, то с формальной точки зрения термин «связь» неотличим от математического понятия отношения. Как правило, любая попытка уточнить понятие системы приводит к отождествлению понятия связи с понятием отношения и структуры, разработанными в математике. Из такого отождествления исходит не только математическая теория систем, но и всякое достаточно строгое определение понятия системы. Напомним одно из них, данное А. Д. Холлом и Р. Е. Фейджином: «Система — это множество объектов вместе с отношениями (relationships) между объектами и между их атрибутами (свойствами)» [7, с. 252].

За счет такого рода определений понятие системы оказывается редуцированным в конечном счете к понятию множества; даже в тех случаях, когда прямо не апеллируют к теории множеств, а используют иной математический аппарат для описания фундаментальных свойств системных объектов (в частности, весьма плодотворны с этой точки зрения алгебраические методы) (см. [3]), всегда остается возможность проинтерпретировать полученные результаты в теоретико-множественных терминах и тем самым свести таким образом описанное понятие системы к интуиции множества.

Поэтому напрашивается вывод: своеобразие системной парадигмы следует искать не в ее исходных теоретических посылках, а в чем-то другом. Например, в совмещении представлений, заимствованных из различных областей знания. Или же в ее сознательной «экстратеоретической» установке, когда основной задачей провозглашается не формулировка законченной теории, а выработка методологических принципов исследования целостных объектов [1]. Или, наконец, в ее «неклассическом» характере, поскольку она реализуется в знании особого типа, где в отличие от традиционных дисциплин невозможно отделить объект исследования от позиции самого исследователя, от его знания об этом объекте, неизбежно окрашенном в субъективные тона [2]. В по-

[1] Методологически ориентирующая функция системных идей рассматривается как основная в концепции «системного подхода» (см., например, [1]).

[2] Эта точка зрения очень четко сформулирована в статьях Э. Л. Наппельбаума [4] и С. В. Емельянова, Э. Л. Наппельбаума [2].

следнем случае также неизбежен выход в «экстратеоретическую» сферу, ибо любая «нормальная» теория, удовлетворяющая обычным критериям истинности, общезначимости и объективности знания, очевидно, перестает работать при указанных обстоятельствах.

И все же, как нам представляется, системная парадигма весьма нетривиальна и в чисто теоретическом отношении, причем уже на уровне самых простых и элементарных понятий. Она действительно нетрадиционна, и не только в тех пунктах, где она в буквальном смысле порывает с традицией теоретического исследования, но и в другом отношении: она указывает альтернативный (по сравнению с общепринятым в науке) подход к решению одной из ключевых проблем *теоретического* знания — проблемы концептуального синтеза.

Как мыслится соединение различных элементов, когда оно рассматривается сквозь призму понятий взаимодействия или же отношения? Под взаимодействием обычно подразумевается такой способ взаимоотношения объектов, который определяется их внутренней природой и не может быть сведен к действию внешних факторов. Тот же аспект — обусловленность характера связей природой самих элементов — обязательно присутствует и в любом интуитивном представлении о целостности. В этом плане понятия взаимосвязи и взаимодействия полностью совпадают, что находит свое отражение в самом общепринятом варианте «определения» понятия системы: система — это комплекс взаимодействующих элементов. И «взаимодействие», и «связь» одинаково *подразумевают*, что взаимоотношение элементов не может быть обособлено и отделено от самих элементов; и если бы в науке достаточно было указания на подразумеваемый смысл, то целесообразно было бы вообще исключить одно из упомянутых понятий из списка научных терминов. Однако при разработке научной теории имеет значение не только, *что* именно мы хотим сказать, но и *как* мы сумеем это выразить. Применительно к данному случаю необходимо посмотреть, каким образом в понятии взаимодействия фиксируется отмеченный аспект. Прежде чем анализировать структуру понятия взаимодействия, обратим внимание на способы его воспроизведения на формальном уровне.

При всем многообразии математических методов, используемых для описания различных типов взаимодействия, принципиальное значение имеет уже отмеченный выше факт — возможность их интерпретации в теоретико-множественных терминах. И хотя абсолютное большинство мате-

матиков убеждены в том, что конкретные математические дисциплины нельзя представить, без ущерба для их содержания, в виде соответствующих разделов теории множеств, тем не менее математики вынуждены апеллировать к понятию множества в тех случаях, когда речь идет об анализе оснований математических теорий. Оставляя в стороне дискуссии относительно допустимости абстракции актуальной бесконечности, следует подчеркнуть, что математики всех направлений, работающие над проблемой обоснования математики, принимают (в той или иной форме) концепцию конечного множества. В математике нет другого понятия, которое ясно и недвусмысленно отвечало бы на вопрос: как некоторое единство может состоять из элементов, не распадаясь в то же время на отдельные части? Но этот же самый вопрос является центральным и для концепции взаимодействия, поскольку агенты взаимодействия по определению имеют не обособленное существование, а даны в соотношении (в единстве). Поэтому, когда ищется способ ясного и однозначного отображения взаимодействия, обращение к понятию множества становится неизбежным.

Если проанализировать тип единства, воплощенный в понятии множества, то обнаружится его принципиальное отличие от единства, подразумеваемого в представлении о взаимодействии. В противоположность внутренней соотнесенности взаимодействующих элементов элементы множества не обладают никакими *относительными* свойствами, позволяющими им соединиться друг с другом. Будучи обособленными и неизменными сущностями, они могут объединиться в одну совокупность только за счет полагания внешней границы, отделяющей их от всего остального. И хотя после объединения у них могут появиться признаки, говорящие об их взаимной соотнесенности (например, признаки порядка у элементов упорядоченного множества), однако следует иметь в виду, что этих признаков нет у элементов, пока они не объединены в одно множество. Поэтому такого рода относительные признаки являются не основой полагания единства, а следствием его наличия. Более того, сам факт наличия относительных признаков «вычитывается» из понятия множества, но никак не фиксируется в нем. Упорядоченное множество вводится путем указания его элементов, располагающихся в определенном порядке. «Элемент» упорядоченного множества представляет собой совершенно безотносительную сущность, которую можно изъять из данного множества и перенести в другое. Например, из элементов x и y, принадлежащих множествам

$\langle x, z\rangle$ и $\langle y, v\rangle$, можно построить новое множество $\langle x, y\rangle$, поскольку порядок, в котором были расположены элементы x, y в первых двух множествах, не «отпечатался» на самих элементах — последние безразличны к любому порядку. «Порядок элементов» — это не признаки, составляющие неотъемлемую принадлежность того, чему они приписаны; это вообще не характеристика элементов как таковых, а констатация ситуации, имеющей место внутри упорядоченного множества. Теория множеств не уточняет, каким образом безотносительные элементы приобретают тот или иной порядок, что должно к ним привзойти, чтобы стало возможным говорить о них как о предшествующих или следующих друг за другом. Она просто постулирует существование особой идеальной сущности (упорядоченного множества), безотносительные элементы которой располагаются в определенном порядке [3].

На первый взгляд может показаться, что в идейном плане понятие множества и представление о внутренней соотнесенности взаимодействующих элементов вообще несопоставимы: ведь первое и разъясняется на сугубо «статичных» примерах (куча камней, совокупность состояний, выделенных из некоторого процесса, и т. д.), и сознательно реализует принцип соположения (безразлично где: в пространстве, времени, мышлении) абсолютно независимых сущностей. Однако совсем не случайно, что именно этот тип взаимоотношения выдвигается на первый план при формальном рассмотрении. Безотносительные определенности, играющие роль элементов в понятии множества, выполняют очень важные функции и в смысловой структуре понятия взаимодействия.

Когда говорят о взаимодействии физических тел или социальных групп внутри общества, то подразумевают, что взаимодействие происходит между какими-то сущностями. Эти сущности могут быть выделены и названы независимо от контекста данного взаимодействия, а также могут выступать в качестве агентов взаимодействий разного типа: «человек», например, может рассматриваться и как носитель определенной структуры производственных отношений, и как член различных социальных групп, и как субъект права, морали и т. д. Во всех этих случаях понятие «человек» не имеет иного смысла, кроме обозначения безотно-

---

[3] Специфический характер теоретико-множественной концепции единства был подробно проанализирован в первой части настоящей работы [5].

сительного субстрата, способного вобрать в себя те или иные относительные характеристики, возникающие в процессе его взаимодействия с другими людьми. Такое словоупотребление кажется столь естественным, что даже трудно вообразить, как же может быть иначе: чтобы А и В начали взаимодействовать между собой, А и В должны быть предварительно даны, и это справедливо как для рассуждений на уровне здравого смысла, так и в любой области науки, независимо от того, какие явления она исследует. Следовательно, нельзя описать взаимодействия, не вводя безотносительных определенностей; фундаментальная роль последних в процессе познания любых взаимоотношений как раз и фиксируется в концепции множества.

Не составляет труда понять, почему абсолютные (безотносительные) понятия необходимы, когда ищется способ построения *эмпирического* знания. Коль скоро исследователь имеет дело с реальным явлением, он должен сначала вычленить, абстрагировать из него те или иные моменты, а этого нельзя сделать, не абсолютизировав их, не превратив их в изолированные, самодовлеющие сущности. Только после этого он может перейти к анализу относительных характеристик у тех частей изучаемого объекта, которые были выделены «абсолютным» образом. Поэтому идя «снизу вверх», от эмпирии к концептуальным обобщениям, мы с необходимостью приходим к созданию понятийного образа, все относительные атрибуты которого, если таковые вообще есть, имеют своих абсолютных носителей — говоря о взаимоотношениях, взаимодействиях и т. п., мы не забываем указать, что именно связывается, взаимодействует и т. п. Находясь в сфере опыта, мы поневоле оказываемся во власти *объектной* установки сознания (см. [6]), составляющей ядро эмпирической позиции; она обязывает отнести знание, возникшее в результате познавательной деятельности субъекта, направленной на объект, и являющееся по своему происхождению одновременно и субъективным и объективным, исключительно к объекту. Внутри познающего субъекта, в его мышлении возникает удивительный феномен: понятный, с одной стороны, субъекту, вошедший, следовательно, в «субъективный» мир знания, с другой — сохраняющий благодаря своему «объектному» облику дистанцию между собой и «своим» субъектом, как будто наделенный реальностью того же порядка, что и «настоящий» объект. «Абсолютная» структура эмпирического образа является предпосылкой его объективации, поскольку, указывая на *абстрагированные* свойства, она тем самым требует

воспроизведения ситуации, в рамках которой производится операция абстрагирования, а именно когда объект противостоит познающему субъекту. Таким образом, в безотносительных (абсолютных) определенностях в свернутой форме содержится информация о главных характеристиках познавательного процесса, изначально их породившего. Любой образ, в котором присутствуют эти определенности, автоматически приобретает объектную форму, предстает в виде идеального *объекта* независимо от того, сознаются или нет эмпирические истоки его происхождения.

«Абсолютный» способ воспроизведения реальности столь глубоко укоренен в человеческом сознании, что в значительной степени предопределил структуру естественного языка. Языки, по крайней мере в тех регионах, где возникла и развивалась европейская наука, демонстрируют различие двух грамматических категорий: имени существительного и глагола,— выполняющих функции подлежащего и сказуемого в предложении. Субъектно-предикатная структура языка предопределила и соответствующую классификацию содержания, выражаемого с его помощью: мир оказался разделенным на то, «что» движется, изменяется, вступает во взаимоотношение друг с другом, и на способы действия как таковые. При этом последние приписывались «что» как своей основе. Всякое изменение при таком взгляде на мир имело смысл только как изменение «чего-то», равно как и взаимоотношение оказывается возможным лишь в случае, когда оно устанавливается между какими-то «что».

Итак, нет сомнения, что абсолютная конструкция составляет характерный признак эмпирического знания; невозможно знание о внешней реальности вне объектной установки сознания, определяющей способ организации познаваемого материала. Однако оправданна ли апелляция к безотносительным свойствам в сфере теоретического познания? Не представляет ли она экстраполяцию принципов, выработанных для описания эмпирических ситуаций, за пределы соответствующей области применимости?

В том, что эти принципы повсеместно используются и в теоретических исследованиях, сомневаться не приходится. Однако, как было показано в предшествующих частях данной работы [5, 6], это приводит к появлению неразрешимых проблем, начиная со знаменитых парадоксов Зенона и кончая парадоксами целостности. Можно по-разному оценивать причину неудачи многочисленных попыток их решения; на наш взгляд, она состоит в том, что феномены движения и целостности в принципе нельзя объяснить в

рамках теоретической онтологии, построенной на фундаменте абсолютных свойств.

Когда эмпирические свойства фигурируют в эмпирическом контексте, то они выполняют вполне определенные познавательные функции. Они осознаются как абстракции характеристик реального объекта: будучи изъятыми из единства, в котором они находятся внутри объекта, эти характеристики в результате операции абстрагирования превращаются в обособленные и неизменные сущности. Хотя последние и отличаются от реальных свойств объекта, они тем не менее проецируются обратно на объект; интуитивно схватываемое единство объекта служит субстратом, на котором закрепляются все абстракции, образуемые в процессе эмпирического познания.

Апелляция к объекту дает возможность не только совместить ранее абстрагированные свойства и различные планы ви́дения одного и того же объекта, она позволяет замещать одни абстракции другими, более адекватно отображающими суть изучаемого явления. Например, от констатации отдельных свойств перейти к выявлению их взаимозависимостей. При этом никого не удивляет тот факт, что относительные свойства приписываются определенностям, которые прежде фиксировались в виде неизменных и безотносительных сущностей. Ведь новыми — относительными — свойствами наделяются не абстракции, полученные на предшествующем этапе познания, а то, что стоит за ними,— реальный объект. «В себе» он, как предполагается, изначально имел относительные характеристики, и только несовершенство человеческого познания заставляет сначала отобразить его в виде набора безотносительных свойств. Поскольку абстракции не имеют непосредственно онтологического статуса,— между ними и реальным объектом, его свойствами, всегда сохраняется дистанция, препятствующая их отождествлению,— то они могут быть носителями противоположных определений, не накладывая отпечатка противоречия на сам предмет исследования.

При теоретическом рассмотрении любое обращение к экстратеоретическим факторам — а к таковым относится и представление о реальном объекте, о его свойствах и характере его единства, почерпнутое из опыта, будь то простое наблюдение или же исследование его реакций на те или иные воздействия со стороны субъекта,— уже требует особых оговорок и во многих случаях должно быть вообще исключено из ткани теоретического изложения. Конечно, теоретический слой научного знания очень разнороден по

своему составу и во многих дисциплинах его трудно отделить от вкраплений эмпирического происхождения. Зачастую теория предстает как обобщение эмпирического материала и может быть сформулирована только при существенной поддержке опытных данных, которые используются не только как материал для интерпретации, но и в функции «скреп», позволяющих связать отдельные звенья теоретических построений.

Однако в идеале любая теоретическая дисциплина стремится не просто высказать утверждения той или иной степени общности об изучаемом объекте и логически согласовать их между собой; ее последней целью является полное воспроизведение внутри мышления и исключительно с помощью средств, находящихся в его распоряжении, предмета исследования, что гарантирует совершенную понятность («прозрачность») последнего, недостижимую в условиях эмпирического познания. В многовековой истории теоретического познания со всей отчетливостью обнаруживается тенденция к созданию автономного (идеального) мира, который во всех отношениях был бы подобен реальному, кроме одного: в нем не должно быть места неясности и неопределенности, в нем нет сущностей, о которых нельзя было бы сказать, что они собой представляют,— короче, все, что в него включается, поддается точной и адекватной фиксации в языке. Рассматриваемое под углом зрения этой тенденции, теоретическое знание совпадает со знанием, построенным на чисто рациональных основаниях, когда предмет познания как бы творится заново, а все свойства и характеристики, которые ему приписываются, предварительно вводятся на основе определений, так что конструкция, получающаяся в итоге, оказывается свободной от «темных», нерациональных примесей.

Очевидно, что если меру теоретичности знания искать в степени его приближения к только что обрисованному идеалу рациональности, то следует признать, что подлинно теоретическая дисциплина не может оперировать с абстракциями, т. е. с понятиями, которые проецируются на «вещь в себе» — на нечто неопределенное, могущее быть носителем самых разнородных, даже противоположных утверждений, меняющее свой облик вместе с продвижением субъекта по пути познания. Рациональное знание не имеет права оправдывать ссылкой на объект некорректность своего словоупотребления: все, что вводится внутри него, должно иметь только один, буквальный смысл, выражаемый способом определения данного нечто. Если некоторое свой-

ство описывается без указания способа его соотношения с другими свойствами, то оно должно пониматься как безотносительная сущность, и эта его определенность уже не может трактоваться как свойственная только понятию, которое неизбежно отличается от того, что есть «на самом деле». В рациональном знании нет и не может быть разрыва между «словом» и «делом», иначе в нем останутся не поддающиеся рациональному выражению моменты, и оно тем самым уже не будет рациональным. Поэтому, если такое знание вообще возможно, оно не может строиться из абсолютных элементов, между которыми затем устанавливаются какие-то взаимоотношения; его первичные компоненты с самого начала должны быть относительными, и все построение должно заключаться не в корректировке исходных допущений, меняющей смысл их определения, а в последовательном развитии изначально принятых постулатов. Предмет исследования должен как бы сам, без нашей помощи, строиться на наших глазах; поэтому в его начальных определениях должно содержаться в свернутом виде и то, «что» соотносится между собой, и то, «как» реализуется соотношение этих «что».

Неотделимость «что» от «как», требуемая идеалом рационального знания, является постулатом, который открывает путь теоретическому исследованию проблемы целостности. Главная трудность при анализе этой проблемы заключается не в описании конкретного взаимоотношения каких-то свойств или частей, выделяемых в объекте,— ничем другим наука не занималась с момента своего возникновения, в ней выработан соответствующий концептуальный аппарат. Проблема состоит в том, чтобы ответить на вопрос: как возможно вообще какое-либо взаимоотношение? Какими должны быть части, способные сами собой, а не под действием внешних факторов объединяться в одно целое?

Речь, следовательно, идет об определении категорий, лежащих в основании всякого членения: «часть», «элемент», «единство», «целое» и т. п. Поэтому указание любых соотношений, без решения вопроса о том, «что» соотносится и «как» это происходит, каким образом «что» сопряжено с «как», нисколько не продвинет нас в решении проблемы целостности. Незаконна в этом пункте и любая апелляция к объекту. Либо она означает, что вопрос о «последних» основаниях, на которых зиждется единство любого многообразия свойств, выносится за пределы рассмотрения (поскольку очевидно, что в объекте они каким-то образом

совмещаются), либо в ней усматривается основание для «абсолютной» формулировки соотношений, первичные элементы которых выделяются до и независимо от их вхождения в единство. Каким образом они складываются в одно целое, оказывается непостижимым.

Определение этих категорий, а вместе с тем и решение проблемы целостности могут быть достигнуты только путем создания «априорной» конструкции, воспроизводящей единство многообразия на рациональной основе. Мы утверждаем: чтобы сконструировать целостное единство, надо взять в качестве его элементов чисто относительные сущности. Если положить относительные определенности без абсолютных носителей, то внутри сложного образования не будет частей, которые не были бы связаны между собой по определению. Именно на такой тип взаимоотношения частей указывает, как нам кажется, интуитивное представление о целостности.

Но коль скоро принимается, что части целого, по определению, не имеют абсолютной основы, то становится бессмысленным разделение на элементы (в узком значении слова: то, что может быть связано) и связь (соотносящее начало). Взаимоотношение относительных элементов А и В, тот факт, что А не существует без В (и наоборот), скорее можно представить таким образом: А и В являются моментами процесса взаимопревращения, так что возникновение А обусловлено уничтожением В; и обратно, существование В исключает существование А. Выбор не отдельных элементов, а циклической процедуры взаимоперехода в качестве неразложимой единицы рационального универсума дает возможность «онтологически» реализовать принцип относительности элементов (см. [5]).

Однако как бы адекватно ни воплощали такого рода процедуры идею внутренней взаимосвязи своих элементов, остается открытым вопрос: имеют ли они какую-нибудь содержательную интерпретацию, что может дать оперирование с такими сущностями? Не ответив на него, нельзя, по-видимому, преодолеть впечатления искусственности предлагаемой концептуальной конструкции, поскольку все до сих пор приведенные аргументы носили предельно общий характер. И первое, на что требуется дать ответ: что в реальном научном знании соответствует нашим относительным элементам? Ведь в науке принимается принципиально иное истолкование природы взаимосвязи: в ней, в согласии со здравым смыслом, действительно утверждается, что нет раба и господина, если нет «людей», между которыми ус-

танавливается отношение господства и подчинения [4]. Это, как и любое другое, отношение оказывается невозможным, если отсутствуют объекты, могущие стать его носителями. Отличие принятого в науке истолкования понятия связи от математической концепции множества состоит не в отрицании «вещной» основы любого соотношения, а в замене статической картины взаимоотношения элементов динамической: их единство большей частью мыслится возникающим в результате процессов обмена вещества, энергии или информации, которые не могут иметь места между неизменными сущностями.

Таким образом, в действительности — в отличие от абстракций, принятых в математике,— единство представляется состоящим не из обособленных элементов; но при этом их соотнесение отличается и от того способа соотнесения элементов, который мы пытались выразить, вводя описание циклической процедуры. Обычно предполагается, что каждый элемент теряет свою обособленность не потому, что, прекращая свое существование, он освобождает место другому (раб физически не исчезает, чтобы возродиться в своем господине), напротив, элементы сохраняют относительную стабильность, отдавая лишь часть того, чем они владеют, своим «товарищам» или «врагам» с целью получить от них что-нибудь взамен. Их связь зиждется на постепенном изменении их состава, а их полное исчезновение ведет не к поддержанию, а к подрыву всей системы взаимоотношений.

Несмотря на убедительность, почти самоочевидность концепции континуального изменения, составляющей ядро общепризнанного понятия взаимосвязи, мы осмеливаемся утверждать, что она всего лишь метафора, не поддающаяся

---

[4] Для иллюстрации идеи взаимосвязи двух сущностей не случайно взят пример раба и господина. Именно на этом примере логик, философ и теолог начала VI в. Боэций впервые сформулировал мысль о том, что решение проблемы единства многообразия требует обращения к относительным понятиям. В трактате «De Trinitate» он разъясняет, чем они отличаются от абсолютных понятий. За относительным понятием стоит не изолированная сущность, которую можно обозначить одним словом; чтобы уяснить смысл относительного понятия, необходимо учесть смысл его коррелята. Сущности, рассматриваемые сквозь призму относительных понятий, непосредственно предстают как взаимосвязанные, ибо имеют взаимозависимое определение. «Если ты упразднишь раба,— указывает Боэций,— то тем самым упразднишь и господина» [9, p. 24]. И тут же добавляет, что человек, прежде именовавшийся господином, при этом никуда не исчезает; но, не имея раба, он теряет тем самым право называться прежним именем.

сколько-нибудь точной формулировке и значительно искажающая суть дела. Это станет очевидным, как только мы попытаемся ответить, что является элементом такого рода взаимосвязи,— ответить так, чтобы с полной ясностью и определенностью можно было отделить «элемент» от того, что не является таковым, например от связующего процесса обмена. Возьмем пример раба и господина, который при всей его условности (ибо мы абстрагируемся от анализа социальной структуры, в рамках которой только и возможно взаимоотношение двух лиц) достаточен для иллюстрации нашей мысли. Что является элементом данного бинарного отношения господства и подчинения? Люди? Но очевидно, что А, помимо того, что он работает на господина, выполняет еще множество функций, непосредственно не связанных с его обязанностями раба (по крайней мере, он ест и пьет, чтобы поддержать свое существование как человека), равно как и жизнь В не может быть сведена к надсмотру за своим рабом. Аналогичная ситуация наблюдается в любом «реальном» примере взаимосвязи, поскольку такой пример можно привести заняв предварительно «эмпирическую» позицию, когда сознание направлено на внешний объект. Выделить в этих условиях то, что относится к конкретной системе взаимосвязей, в приципе невозможно. Более того, даже предположив, что мы каким-то образом сумели это сделать, изолировав данную цепочку взаимоотношений от всего остального, мы все равно не сможем отделить, что в ней должно быть отнесено к элементам, а что — к процессу, происходящему между ними. Элементы, согласно исходному допущению, находятся в непрерывном изменении, их состав постоянно обновляется, и мы никогда с уверенностью не можем утверждать, что именно вот «это» и есть элемент X, ибо в следующее мгновение он становится уже иным. То, что было «внутри» элемента, затем оказывается вне его — способности раба превращаются в процесс деятельности, посредством которой он вступает во взаимоотношение со своим господином,— из компонентов, принадлежащих ранее элементам, создается «материя» связи, так что нет никакой возможности провести четкую грань между взаимодействующими элементами и способом их взаимодействия.

И дело не только в том, что мы в силу ограниченности наших познавательных средств не можем уловить эту грань. Ее и «на самом деле» нет, и только вследствие того обстоятельства, что человек может что-то познать лишь вступив в контакт с внешней реальностью, заняв позицию наблюдателя, который созерцает со стороны происходящее вне его, прибегая к воздействию на объект, чтобы иметь возмож-

ность наблюдать его реакции,— ведь он не может войти внутрь объекта изучения, слившись с ним в одно целое,— возникает необходимость в расщеплении единого процесса взаимосвязи на стабильные элементы и связи, в которых концентрируются динамические характеристики процесса в целом. Объектная установка, в рамках которой происходит указанное расщепление, выражает отнюдь не то, что имеет место в действительности; образы, формируемые ею, дают представление о реальности, увиденной глазами стороннего наблюдателя, так что наряду с объектом в них запечатлен и способ его видения.

Устранить «субъективные» примеси, искажающие «реальный» облик объекта, можно только одним способом: отказавшись от позиции внешнего наблюдателя, стать на точку зрения того, что происходит «на самом деле». В эмпирическом исследовании это неосуществимо, но такой подход не только возможен, но и необходим при попытке теоретической реконструкции результатов, полученных эмпирическим путем. Для этого нужно прежде всего изменить понятие элемента, включив в него те компоненты, которые в обычном представлении ассоциируются со словом «связь». Тем самым понятие элемента обретает столь недоставшие ему ранее точность и определенность и в то же время не будет сведено к статичной концепции в духе теории множеств. Рациональная реконструкция объективного мира, созданная на базе относительных элементов (циклических процедур), несмотря на выбор «экзотических» единиц анализа — а точнее, благодаря такому выбору,— может рассматриваться как экспликация обычного полуэмпирического представления о взаимосвязи элементов целостного единства.

Однако перевод на язык циклических процедур не просто уточняет смысл общеупотребительного понятия. Он изменяет саму постановку проблемы взаимосвязи.

Ее обычная формулировка подразумевает выделение особого класса регулярных, повторяющихся взаимодействий, при помощи которых поддерживается стабильное существование объектов, участвующих во взаимодействии. В отличие от любого *преобразования*, приводящего к появлению новых свойств или к формированию новых объектов (что свидетельствует о необратимом характере процессов, из которых оно складывается), *воспроизведение* «одного и того же» возможно лишь в рамках циклической процедуры взаимодействия. С формальной точки зрения представление о взаимосвязи A и B ничего и не содержит, кроме утверждения, что A и B подвергаются взаимному воздействию со стороны друг дру-

га — А действует на В, В действует на А. Однако вопрос в следующем: складывается ли процедура взаимодействия из однонаправленных воздействий А и В, или же ее появление означает переструктурирование реальности, возникновение нового типа элементов, и поэтому ни о каком воздействии А на В (или В на А) говорить уже не приходится?

Подобно тому как объектная установка сознания заставляет приписывать относительные свойства абсолютным субстратам, она соответствующим образом формирует и представление о взаимосвязи. Циклические процессы, так же как и относительные свойства, лишены при этом самостоятельного статуса: их введение обусловлено предварительным указанием как объектов, например А и В, так и однонаправленных действий, производимых каждым из них в отдельности. Циклические процессы как бы вырастают, надстраиваются над однонаправленными действиями.

Но в действительности всякая связь устанавливается не между А и В, а между А′ и В′: когда двое людей вступают в общение между собой, они не «те же самые», люди, они *обращаются* друг к другу, способ их поведения меняется, они совершают поступки, мысль о которых не пришла бы им в голову, будь они одни. А′ и В′ отличаются не только от А и В, находящихся в бездействии, но и от А″ и В″ — действий, совершаемых каждым из них по отдельности. Люди, находясь в одиночестве, могут, конечно, произносить монологи; но диалог не складывается из монологов и пауз, он невозможен, если его участники не слышат друг друга или говорят одновременно, когда нет надлежащей согласованности в их действиях. Ни из А и В, ни из А″ и В″ нельзя «вывести» А′В′; конечно, в эмпирически наблюдаемых явлениях в А и В есть свойства, позволяющие получить в определенных условиях А″, В″ и А′, В′, но, во-первых, эти свойства не совпадают со свойствами А″, В″ и А′, В′, а во-вторых, выделить их в А и В, увидеть в них зародыши новых свойств можно только посмотрев на них «сверху вниз», с точки зрения последующих структур (А″, В″ и А′, В′). В описании А и В как таковых, до анализа процесса взаимодействия, будут присутствовать совсем другие характеристики, чем в А′, В′ или А″, В″; образование А″, В″, а тем более А′, В′ означает появление качественно новых структур, отличающихся принципиально иным членением на элементы, самим типом исходных элементов. Возникает совсем иное измерение реальности, и бессмысленно пытаться «построить» его из тех «кирпичиков», которые вообще не могут иметь в нем места. Можно построить новую композицию, если известны элементы, из которых она долж-

ла состоять, можно детализировать картину, набросанную в общих чертах, внося в нее новые штрихи, но нельзя построить из имеющихся элементов то, что предполагает иной выбор самого понятия «элемент».

Поэтому, коль скоро ставится задача конструктивного синтеза целостного единства, требуется с самого начала ввести соответствующий тип элементов. Эта цель будет достигнута, если за единицу теоретического синтеза взять бинарную циклическую процедуру.

Весь предшествующий анализ убеждает нас в том, что целое нельзя построить из нецелого, относительное — из абсолютного. Констатация этого факта и составляет суть знаменитых «парадоксов целостности». Они указывают на трудность (а точнее, на неосуществимость) перехода от нецелого к целому, от отдельных частей к их единству. Единственный способ сделать целое предметом теоретического рассмотрения — ввести его с помощью постулата.

Однако отсюда не следует, что понятие построения вообще неприменимо к целостным образованиям. Целое действительно нельзя строить из нецелого, но сложная целостность может возникнуть из простых, может быть результатом их синтеза. Начав с бинарных процедур (пары относительных элементов), можно затем с их помощью строить сколь угодно сложные n-арные циклические процедуры.

Как же осуществить такой синтез? Где, в какой сфере он может быть произведен? Прежде чем отвечать на эти вопросы, вспомним о причинах, побудивших нас искать конструктивное решение проблемы целостности. Сама постановка этой проблемы, как отмечалось, исключает какую бы то ни было аппеляцию к объекту — и к эмпирическому, и к идеальному. Любой объект осознается в виде сущности, имеющей место независимо от способа ее описания, т. е. рассматривается как нечто данное, а не созданное. Созерцая такого рода сущности, можно, конечно, выделить моменты, которые, как нам кажется, «собирают» многообразие свойств в одно целое. Но мы никогда не можем быть уверены, что наш выбор правилен, что нам удалось обнаружить подлинные «скрепы», от которых зависит единство самой сущности.

Цель теоретического построения — дать исчерпывающую информацию о структуре построяемого предмета. Она будет достигнута лишь при условии, что субъект способен дать себе полный отчет во всех операциях, из которых будет складываться процесс построения. Чтобы субъект мог доподлинно знать, на чем «держится» единство, он должен иметь дело не с «потусторонней» сущностью (с объектом, который, по опре-

делению, есть нечто ему противостоящее), а с реальностью, которая хорошо просматривается во всех деталях, чья структура целиком и полностью ему известна. Но этого-то как раз и нельзя сделать, если построение сводится к чисто мыслительной деятельности.

Мыслить о чем-нибудь — значит, во-первых, создать некоторый образ, а во-вторых, «забыть», что мы его создали, видеть в нем нечто, выходящее за рамки процессов, действительно происходящих внутри субъекта (в том числе и характеризующих процесс его мышления). Поэтому не только созерцание некоторого образа, но и оперирование с идеальными объектами всегда протекает на фоне бессознательной деятельности (подробнее см. [6]). Ни о каком рациональном (т. е. полностью контролируемом сознанием) построении при таких условиях не может быть и речи.

Оно должно осуществляться в сфере, отличной от мышления, но в то же время «посюсторонней» для сознания, в буквальном смысле подвластной ему,— сознание должно не просто регистрировать происходящее где-то помимо его воли, а целенаправленно формировать соответствующую реальность.

Есть только две возможности совместить указанные требования: производить синтез либо в сфере восприятия, либо в сфере действия. В обоих случаях создаваемое единство не будет чисто мысленным образованием, и в то же время оно не выйдет за границы непосредственно осознаваемых актов субъекта.

Первая возможность была реализована в гильбертовой программе обоснования математики. Поставив перед собой цель найти надежный фундамент для построения математических теорий, дабы гарантировать их непротиворечивость, Гильберт от традиционного оперирования с идеальными сущностями обращается к «игре» с неинтерпретируемыми символами. Единственное, что требуется от символов,— это быть легко отличимыми друг от друга; каждый символ является средством формирования отдельного восприятия, которое никак нельзя спутать с восприятием любого другого символа. Воспринимаемые в определенной последовательности, символы складываются в «слова» и «предложения» формализованного языка. В какой именно последовательности должны восприниматься символы, определяется их пространственным расположением. Построение «слов» и «предложений» состоит прежде всего в создании пространственных композиций, получающихся в результате размещения отдельных символов в некотором пространстве, расчлененном на отдельные

места. Восприятие пространства как «суммы мест» является предварительным условием такого построения; завершается же оно формированием нового предмета восприятия — той или иной комбинации символов. Именно опора на восприятие сообщает всем операциям, производимым над символами, ту степень простоты и очевидности, которая исключает появление каких-либо противоречий.

Таким образом, согласно парадигме, разработанной в школе Гильберта и взятой на вооружение конструктивной математикой, построению подлежит нечто воспринимаемое, что способно быть (хотя бы в принципе) предметом восприятия. Конечно, процесс конструирования включает и операции, выполняемые субъектом, но они производятся *над* воспринимаемыми знаками, их конечной целью является создание *конструктивного объекта*, который легко разложить на элементарные восприятия и способ их композиции. Последний задается выбором определенного «пространства символов» (термин Э. Поста).

В настоящей работе предлагается альтернативный подход к истолкованию смысла понятия построения: конструированию подлежат не предметы восприятия, а сами процедуры, производимые субъектом. Что это дает?

Как свидетельствуют парадоксы целостности, понятие построения по своей сути весьма двусмысленно: ведь чтобы соединить воедино то, что прежде было разрозненно, необходимо с самого начала иметь нечто, способное выполнять объединяющие функции. Следовательно, «идея» целого должна предшествовать созданию любой целостности, или, выражаясь более прозаически, до построения должно быть хорошо структурированное «пространство», позволяющее объединить и упорядочить отдельные элементы. Ничего подобного не требуется, если задача построения формулируется в терминах циклических процедур. Чтобы объединить такие процедуры, не нужно никакой готовой структуры— новая, более сложная процедура возникает в результате *согласования ритмов* исходных процедур. Конечно, такое согласование невозможно, если в универсуме, где они осуществляются, не предзаданы условия, позволяющие достичь их согласованного функционирования. Однако эти условия должны определять только правила, в соответствии с которыми будет происходить их согласование. Эти правила «онтологизируются» лишь в ходе фактического построения — в отличие от пространственных структур они не воплощают в себе никакого способа членения, они лишь указывают, как от одних процедур (от одних соотношений элементов) перейти к другим, более

сложным. Всякое членение на элементы (помимо зафиксированного в бинарных процедурах) возникает в результате построения, а не предпосылается ему заранее.

Если пространственная модель построения ограничивает возможности простроения различных комбинаций рамками некоторой наличной структуры, то теперь возникает возможность для синтеза самих исходных структур. Тем самым открывается путь к преодолению тех трудностей, которые препятствовали реализации программы Гильберта. Как показали результаты Геделя, Черча, Тарского и ряда других логиков и математиков, подавляющее большинство математических теорий в принципе нельзя формализовать, т. е. изложить на основе языка, строящегося в виде последовательностей неинтерпретируемых символов. Нам представляется, что эти результаты фиксируют то самое ограничение, о котором только что упоминалось. Поскольку при создании формализованных языков главную роль играли пространственные интуиции (и шире — ориентация на сферу восприятия), каждый из этих языков репрезентировал лишь один тип последовательности, предзаданный базисным «пространством символов». Последнее определяло исходное членение на «элементы» (отдельные клетки, на которые подразделялось «пространство») и способ их соотношения; это членение сохранялось в неизменном виде на протяжении всего процесса построения. Но если предположить, что универсум содержательной математической теории включает разные типы «первоэлементов» и соответственно разные типы последовательностей, то никакое отдельно взятое «пространство» не может вместить в себя такого универсума. Если это действительно так, то экспликация его структуры требует введения многих (быть может, бесконечного числа) «пространств».

Неудача, постигшая гильбертову программу формализации математики, может рассматриваться как довод, свидетельствующий об отсутствии единообразного членения мира математической теории, говорящий о наличии в нем «разнокачественных» элементов. Если эта гипотеза верна, то становится понятным, почему математическую теорию нельзя строить так, как строится формализованный язык. Либо ее вообще нельзя целиком построить с помощью конструктивных методов, либо необходимо радикально изменить само понятие построения [5]: оно должно давать возможность полу-

[5] Термин «построение» здесь, как и в остальных местах данной работы, употребляется исключительно в смысле «построения сущностей, состоящих из конечного числа элементов». Гильберт справедливо по-

чать элементы и последовательности разных типов. Аппарат циклических процедур и предназначен для иллюстрации идеи такого построения.

Чтобы описать этот аппарат, нам нужен язык; этот язык, подобно формализованным языкам, будет состоять из символов, которым не приписывается никакое значение. Как и там, предполагается возможность последовательного восприятия этих символов. Но организация самой процедуры восприятия осуществляется совсем по-другому.

Последовательность восприятия «букв» нашего языка не будет зависеть от их пространственного расположения, поскольку мы рассматриваем всякое действие, в том числе и выражающееся в последовательном восприятии тех или иных «букв», в качестве первичной реальности, не выводимой ни из какой пространственной комбинации знаков. Никакая комбинация сама по себе не может заставить нас совершать переходы от одной «буквы» к другой, если мы не способны их совершить, если мы не можем соответствующим образом определить свои действия. Процедура «чтения» букв, как и любого действия, может быть сформирована до и независимо от ее «записи» в языке, выражающейся в пространственном упорядочении воспринимаемых символов. Чтобы сделать ясной эту внутреннюю независимость поцедуры восприятия от пространственных форм композиции, мы будем считать, что «буквы» в принципе могут занимать любое место в «пространстве символов» — какое «слово» будет образовано из них, будет определяться не этим, а той процедурой, которая с самого начала должна быть введена независимо и помимо указания «букв». «Ввести» ее можно только одним способом — фактически осуществив последовательное восприятие букв. Точно так же, чтобы «ввести» новую процедуру чтения на основе уже имеющихся, необходимо осуществить их фактическое согласование. Сами процедуры, а не их записи тем самым выступают в качестве предмета, подлежащего конструированию.

Роль записи вспомогательная: максимально точная фиксация хода построения. С этой целью вводятся дополнительные знаки, которые, будучи приписаны основным символам («бук-

---

лагал, что именно в этой области должна быть найдена основа всех рациональных конструкций, поскольку лишь находясь внутри нее можно достичь той степени ясности и определенности понятий, которая избавит от угрозы противоречий. К тому же следует учесть, что все трудные вопросы, касающиеся понятия построения, возникают уже на самом элементарном уровне; поэтому мы сочли целесообразным ограничить свое рассмотрение финитными аспектами проблемы конструирования.

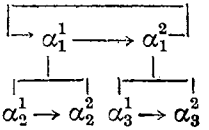
вам», воспринимаемым в процессе «чтения»), указывают, в какой последовательности происходило восприятие последних.

Теперь перейдем от слов к «делу» — от изложения того, каким должен быть конструктивный синтез, к точной формулировке его правил. Но чтобы упростить их формулировку, целесообразно сначала дать формальное описание циклических процедур и лишь затем перейти к их конструктивному определению.

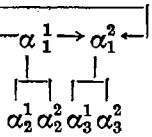
Описание начнем с введения циклических процедур 0-го уровня. Сложные знаки вида $\alpha_i^1 \leftrightarrow \alpha_i^2$ (или, в другом написании $\boxed{\rightarrow \alpha_i^1 \rightarrow \alpha_i^2 \rightarrow}$) $(i = 1, 2, \ldots)$ будут использоваться для указания бинарной циклической процедуры, представляющей смену двух состояний (процессуальных элементов) α_i^1 и α_i^2. Каждый элемент α_i^j обладает экзистенциальными характеристиками: возникновением, существованием и уничтожением. Существование элемента α_i^1 исключает существование α_i^2 (и наоборот). В то же время существование каждого из них предполагает предшествующее существование другого: возникновение α_i^2 обусловлено уничтожением α_i^1; исчезновение α_i^2, в свою очередь, приводит к возникновению α_i^1.

Циклом диады $\alpha_i^1 \leftrightarrow \alpha_i^2$ будем называть любую часть процедуры, начиная с возникновения α_i^1 и вплоть до повторного возникновения α_i^1. *Тактом* диады $\alpha_i^1 \leftrightarrow \alpha_i^2$ будем называть часть цикла, начинающуюся с возникновения α_i^1 и заканчивающуюся уничтожением α_i^2. Переход от уничтожения α_i^1 к возникновению α_i^2 внутри такта будем называть прямым переходом. Переход от уничтожения α_i^2 к возникновению α_i^1 будем называть обратным переходом. Каждая диада будет характеризоваться определенным ритмом: длительностью существования α_i^1 и α_i^2, длительностью прямого и обратного переходов.

Теперь введем процедуры i-го уровня $(i \geqslant 1)$. Пусть $\alpha_1^1 \leftrightarrow \alpha_1^2$, $\alpha_2^1 \leftrightarrow \alpha_2^2$, $\alpha_3^1 \leftrightarrow \alpha_3^2$ — сложные знаки, указывающие три независимо друг от друга осуществляемые бинарные процедуры. Тогда знак



или, в более компактной записи,



(1)

будет указывать сложную процедуру 1-го уровня, включающую в качестве своих частей названные выше бинарные процедуры. Бинарные процедуры, входя в состав более сложной, претерпевают ряд модификаций, которые частично отображены в (1): знакам обособленных бинарных процедур $\alpha_2^1 \leftrightarrow \alpha_2^2$ и $\alpha_3^1 \leftrightarrow \alpha_3^2$ в (1) соответствуют знаки $\alpha_2^1 \rightarrow \alpha_2^2$ и $\alpha_3^1 \rightarrow \alpha_3^2$, содержащие стрелки, направленные только в одну сторону.

Чтобы иметь возможность говорить о какой-либо процедуре как включенной в состав более сложной, будем писать знак J_n перед знаком соответствующей процедуры, а саму процедуру обозначать с помощью знака, фиксирующего ее в виде отдельного, самостоятельного образования. Тогда любая часть (1) может быть обозначена с помощью знака $J_n(\alpha_i^1 \leftrightarrow \alpha_i^2)$ $(i = 1, 2, 3)$.

Процедуры $J_n(\alpha_i^1 \leftrightarrow \alpha_i^2)$ отличаются от соответствующих обособленных процедур 0-го уровня следующими модификациями:

1) продолжительность существования $J_n(\alpha_1^1)$ совпадает с продолжительностью осуществления такта $J_n(\alpha_2^1 \rightarrow \alpha_2^2)$ процедуры $J_n(\alpha_2^1 \leftrightarrow \alpha_2^2)$. Длительность $J_n(\alpha_2^1 \rightarrow \alpha_2^2)$ совпадает с длительностью такта $\alpha_2^1 \rightarrow \alpha_2^2$ процедуры 0-го уровня. Такт $J_n(\alpha_2^1 \rightarrow \alpha_2^2)$ осуществляется тогда и только тогда, когда элемент $J_n(\alpha_1^1)$ из $J_n(\alpha_1^1 \leftrightarrow \alpha_1^2)$ существует (т. е. $J_n(\alpha_1^1)$ сосуществует с тактом $J_n(\alpha_2^1 \rightarrow \alpha_2^2)$);

2) продолжительность существования $J_n(\alpha_1^2)$ аналогичным образом совпадает с длительностью такта $J_n(\alpha_3^1 \rightarrow \alpha_3^2)$. $J_n(\alpha_1^2)$ и $J_n(\alpha_3^1 \rightarrow \alpha_3^2)$ сосуществуют друг с другом;

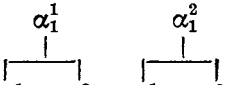
3) продолжительность прямого и обратного переходов в $J_n(\alpha_1^1 \leftrightarrow \alpha_1^2)$ совпадает с продолжительностью переходов в $\alpha_1^1 \leftrightarrow \alpha_1^2$;

4) продолжительность обратного перехода в $J_n(\alpha_2^1 \leftrightarrow \alpha_2^2)$ совпадает с длительностью части цикла $J_n(\alpha_1^1 \leftrightarrow \alpha_1^2)$, состоящей из прямого и обратного переходов и существования $J_n(\alpha_1^2)$;

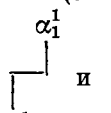
5) продолжительность обратного перехода в $J_n(\alpha_3^1 \leftrightarrow \alpha_3^2)$ совпадает с продолжительностью части цикла $J_n(\alpha_1^1 \leftrightarrow \alpha_1^2)$, состоящей из прямого и обратного переходов и существования $J_n(\alpha_1^1)$.

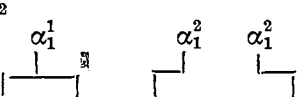
Согласование ритмов $J_n(\alpha_1^1 \leftrightarrow \alpha_1^2)$, $J_n(\alpha_2^1 \leftrightarrow \alpha_2^2)$, $J_n(\alpha_3^1 \leftrightarrow \alpha_3^2)$ между собой в рамках единой процедуры выражается в образовании производных элементов 1-го уровня и едином ритме, в котором они сменяют друг друга.

Производными элементами процедуры 1-го уровня явля-

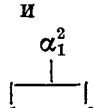


ются элементы $\alpha_2^1 \rightarrow \alpha_2^2$ и $\alpha_3^1 \rightarrow \alpha_3^2$, где знак $\frac{|}{|\ |}$ указывает на сосуществование элемента $J_n(\alpha_1^1)$ ($J_n(\alpha_1^2)$) *подчиняющей* процедуры $J_n(\alpha_1^1 \leftrightarrow \alpha_1^2)$ с тактом $J_n(\alpha_2^1 \rightarrow \alpha_2^2)$ ($J_n(\alpha_3^1 \rightarrow \alpha_3^2)$) *подчиненной* процедуры $J_n(\alpha_2^1 \leftrightarrow \alpha_2^2)$ ($J_n(\alpha_3^1 \leftrightarrow \alpha_3^2)$). Мы говорим о производных элементах, поскольку в такого рода образованиях элемент подчиняющей процедуры всегда существует одновременно с тактом подчиненной процедуры — между этими составляющими нет ничего, что обособляло бы их друг от друга. Отсутствие различающего начала превращает сосуществующие части включенных процедур в одно неделимое (элементарное) образование.

При этом  будем называть элементарными со-



ставляющими элемента $\alpha_2^1 \rightarrow \alpha_2^2$, а α_3^1 и α_3^2 — элементар-



ными составляющими элемента $\alpha_3^1 \longrightarrow \alpha_3^2$. Элементарные составляющие мы будем кратко записывать в виде $(\alpha_i^k \alpha_j^s)$.

Смена производных элементов и фиксируется в приведенном выше знаке (1). Последовательность смены элементарных составляющих, диктуемая этим знаком, может быть изображена и в виде

$$\overline{\left|\ (\alpha_1^1\alpha_2^1) \rightarrow (\alpha_1^1, \alpha_2^2) \rightarrow (\alpha_1^2\alpha_3^1) \rightarrow (\alpha_1^2\alpha_3^2)\ \right|}, \qquad (1')$$

если учесть, что α_1^1 при переходе от 1-й ко 2-й элементарной составляющей (1′) остается той же самой; это же относится и к α_1^2 в 3-й и 4-й составляющих.

Часть процедуры (1), начиная с возникновения элемента

$$\begin{array}{c}\alpha_1^1\\ |\\ \ulcorner\!\!\urcorner\\ \alpha_2^1 \to \alpha_2^2\end{array}$$

вплоть до повторного возникновения этого же элемента, будет называться циклом данной процедуры. Часть процедуры, начиная от возникновения

$$\begin{array}{c}\alpha_1^1\\ |\\ \ulcorner\!\!\urcorner\\ \alpha_2^1 \to \alpha_2^2\end{array}$$

и кончая унич-

$$\begin{array}{c}\alpha_1^2\\ |\\ \ulcorner\!\!\urcorner\\ \alpha_3^1 \to \alpha_3^2\end{array}$$

тожением, будет называться тактом; переход внутри цикла, не являющийся переходом такта,— обратным переходом процедуры 1-го уровня.

Процедура (1) будет называться полной процедурой 1-го уровня; процедуры

$$\begin{array}{c}\alpha_1^1 \leftrightarrow \alpha_1^2\\ |\\ \ulcorner\!\!\urcorner\\ \alpha_2^1 \to \alpha_2^2\end{array} \quad (1a) \quad \text{и} \quad \begin{array}{c}\alpha_1^1 \leftrightarrow \alpha_1^2\\ |\\ \ulcorner\!\!\urcorner\\ \alpha_3^1 \to \alpha_3^2\end{array}, \quad (1b)$$

содержащие в отличие от (1) в качестве своих частей только две включенные процедуры, будут называться усеченными процедурами 1-го уровня.

Аналогичным образом, на основе процедур i-го уровня могут быть введены процедуры $(i+1)$-уровня.

В качестве подчиняющей процедуры при этом всегда используется процедура 0-го уровня, а в качестве подчиненных могут выступать процедуры любого уровня. Процедуры, подчиненные разным элементам подчиняющей процедуры, могут быть разного уровня. Если i, j — уровни подчиненных процедур ($i \leqslant j$), то вновь образуемая процедура будет $(j+1)$ уровня. Согласование ритмов подчиняющей и подчиненных процедур при образовании процедуры уровня i ($i \geqslant 2$) производится точно так же, как и при образовании процедуры 1-го уровня.

Переход от описания циклических процедур к формулировке соответствующего конструктивного аппарата невозможен без изменения статуса самих процедур. Из сущностей, обозначаемых знаками, они должны превратиться в

действия, совершаемые субъектом над этими знаками,— в процедуры восприятия. Это изменение побуждает нас ввести новую систему записи, о которой мы уже упоминали. Вот ее краткая формулировка.

Пусть $\{\alpha\}$ — некоторая совокупность знаков, имеющих вид α. Выберем пару знаков $\alpha\alpha$ и организуем процедуру их восприятия,— восприняв один из знаков, входящих в пару, перейдем к восприятию другого, затем возвратимся к восприятию первого и т. д. Зафиксируем производимую нами циклическую процедуру восприятия с помощью индексов: знакам-компонентам одной процедуры восприятия припишем одинаковый нижний индекс, зафиксировав при этом с помощью индексов 1 и 2 различие этих компонент в рамках одной процедуры. Получим простейшие «слова» символического языка: $\alpha_1^1\alpha_1^2$, $\alpha_2^1\alpha_2^2$, $\alpha_3^1\alpha_3^2$ и т. д. Очевидно, что пространственное расположение исходных знаков не играет при этом никакой роли: они в принципе могут занимать какое угодно место в том физическом пространстве, которое выбрано в качестве вместилища «слов» символического языка (например, на листе бумаги).

Возникнув в результате некоторой изначальной процедуры восприятия, «слова» символического языка затем используются в качестве предписаний, предопределяющих способ действия субъекта: восприняв знак α_i^1, он должен перейти затем к восприятию α_i^2, после этого к α_i^1 и т. д. Наличие предписаний у «слов» символического языка — следствие того обстоятельства, что они вводятся как способ фиксации предварительно произведенной процедуры.

Аналогичным образом, правило построения сложных знаков процедур i-го уровня ($i \geqslant 1$) может быть сведено к приписыванию индексов знакам подчиняющих и подчиненных элементов. Например, знак усеченной процедуры 1-го уровня образуется из знаков процедур $\alpha_1^1\alpha_1^2$ и $\alpha_2^1\alpha_2^2$ путем приписывания подчиняющему элементу α_1^1 и подчиненным элементам $\alpha_2^1\alpha_2^2$ индекса Δ_1: $\alpha_1^{1\Delta_1}\alpha_1^2\alpha_2^{1\Delta_1}\alpha_2^{2\Delta_1}$, который будет указывать сосуществование соответствующих элементов. Правило приписывания индексов вида Δ_i следовало бы аккуратно сформулировать в общем виде; ввиду недостатка места мы этого делать не будем,однако очевидно, что это в принципе вполне осуществимая задача.

Идя по этому пути, мы получаем возможность точно и однозначно зафиксировать все, что мы строим. Но само построение происходит не на листе бумаги и не сводится к созданию

цепочек символов. В то же время лежащие в его основе процедуры столь просты и элементарны, правила их согласования столь очевидны, что нельзя усомниться в возможности их реализации. Следовательно, основное требование, предъявляемое к конструктивным методам,— отсутствие какой бы то ни было неопределенности в характере их предписаний, полная осуществимость всех операций — здесь соблюдено. Как нам представляется, задача, поставленная в настоящей работе,— найти конструктивный способ воспроизведения целостного единства,— решена.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Блауберг И. В., Юдин Э. Г.* Становление и сущность системного подхода. М.: Наука, 1973. 270 с.
2. *Емельянов С. В., Наппельбаум Э. Л.* Системы, целенаправленность, рефлексия.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл.: Ежегодник, 1981. М.: Наука, 1981, с. 7—38.
3. *Канторович Л. В., Плиско В. Е.* Системный подход в методологии математики.— Наст. сб.
4. *Наппельбаум Э. Л.* Системный анализ как программа научных исследований — структура и ключевые понятия.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл.: Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980, с. 55—77.
5. *Смирнов Г. А.* Основы формальной теории целостности (часть первая). — В кн.: Системные исследования. Методол. пробл.: Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980, с. 91—127.
6. *Смирнов Г. А.* Основы формальной теории целостности (часть вторая).— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл.: Ежегодник, 1980. М.: Наука, 1981, с. 255—283.
7. *Холл А. Д., Фейджин Р. Е.* Определение понятия системы.— В кн.: Исследования по общей теории систем. М.: Прогресс, 1969, с. 252—282.
8. *Шмальгаузен И. И.* Избранные труды. М.: Наука, 1982. 383 с.
9. *Boethius A. M. S.* The theological tractates. Cambridge; London, 1953. 257 p.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА В ОТРАСЛЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Е. М. ВАСИЛЬЕВА, В. Н. ЛИВШИЦ

ВВЕДЕНИЕ

XXVI съезд КПСС определил стратегию развития народного хозяйства, ориентированную на всемерную экономию трудовых, материальных, финансовых и природных ресурсов.

В принятых XXVI съездом КПСС «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года» указывается на необходимость «обеспечить дальнейший экономический прогресс общества, глубокие качественные сдвиги в материально-технической базе на основе ускорения научно-технического прогресса, интенсификации общественного производства, повышения его эффективности. Осуществлять динамичное и сбалансированное развитие экономики СССР как единого народнохозяйственного комплекса, пропорциональный рост всех его отраслей и хозяйства союзных республик,... совершенствовать межотраслевые и внутриотраслевые пропорции, продолжить опережающее развитие отраслей, определяющих научно-технический прогресс, создание крупных территориально-производственных комплексов; обеспечить всемерное развитие агропромышленного комплекса, ускоренный рост производства предметов потребления, а также отраслей производственной и социально-бытовой инфраструктуры» [1, с. 137].

Огромное значение имеет и тот факт, что XXVI съезд выдвинул широкую программу социального развития и повышения народного благосостояния, которая прежде всего находит свое отражение и реализацию в 80-е годы в одобренной майским Пленумом ЦК КПСС «Продовольственной программе СССР на период до 1990 года» [2].

Следует отметить, что решение указанных проблем производится на современном этапе при наличии существенных особенностей развития общественного производства в СССР: резком возрастании масштабов и сложности производства, номенклатуры производимой продукции, углублении взаимодействия производственных единиц и их комплексов, переходе от экстенсивных преимущественно к интенсивным методам ведения хозяйства; смещении минерально-сырьевой и топливно-энергетической базы в восточные районы страны при сохранении в основном отраслей перерабатывающей промышленности в европейской части страны; возрастании ценности и дефицитности ресурсов (в первую очередь трудовых и природных), увеличении роли социальных и экологических факторов, влияния внешних экономических связей и т. д.

В этих условиях решение поставленных XXVI съездом КПСС задач существенного повышения эффективности общественного производства, дальнейшего социального и экономического развития страны требует совершенствования системы планирования и управления народным хозяйством, усиления действенности хозяйственного механизма на основе углубления процессов специализации и кооперирования производства, его концентрации до оптимальных размеров, ускорения внедрения достижений научно-технического прогресса (НТП), в первую очередь ресурсосберегающих технологий, эффективного разделения общественного труда. Концентрированное выражение это находит в Комплексной программе НТП на 20 лет, разрабатываемой согласно Постановлению ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 12 июля 1979 г. [3].

Указанные причины сегодня привлекают пристальное внимание к проблемам НТП инфраструктурного комплекса, создающего необходимые условия развития производства, эффективной работы народного хозяйства. По существу, наряду с НТП в области техники, технологии, организации и управления базисными отраслями материального производства развитая инфраструктура является вторым важнейшим фактором интенсификации и повышения эффективности деятельности этих отраслей.

В настоящее время терминология в области инфраструктуры еще не установилась, и ниже под производственной инфраструктурой понимается иерархическая совокупность организационно обособленных структурных подразделений и соответствующих объектов и устройств, основным конечным результатом деятельности которых является не производство материально-вещественной продукции, предназначенной не-

посредственно для производственного и непроизводственного потребления, а обслуживание и обеспечение деятельности базисных отраслей материального производства и непроизводственной сферы [4—6]. Соответственно в состав производственной инфраструктуры включаются: объекты транспорта всех видов, связи, электроэнергетики (в частности, линии передач электроэнергии), систем водообеспечения, складского хозяйства и материально-технического снабжения, торговли, систем переработки информации и вычислительной техники, предприятий деловых услуг.

Анализ процессов общественного производства и их динамики показывает, что развитие инфраструктуры непосредственно связано с углублением разделения труда. Более того, «именно революция в способе производства промышленности и земледелия сделала необходимой революцию в общих условиях общественного процесса производства, т. е. в средствах связи и транспорта» [1].

В ходе научно-технической революции инфраструктура, являясь «сосудистой» системой народнохозяйственного организма, выступает в двоякой роли. С одной стороны, не создавая сама новой вещественной продукции, она выполняет внешне «пассивные» функции обслуживания и обеспечения деятельности базисных отраслей и непроизводственной сферы. С другой — она активно влияет на организацию, размещение и развитие производства, образ жизни населения, его подвижность и т. д.

В качестве главных народнохозяйственных задач инфраструктуры обычно указывают [5]:

— обеспечение многосторонних и все усложняющихся связей и коммуникаций предприятий и отраслей производства и других сфер общественной деятельности;

— создание условий для развития, разделения и кооперации труда;

— обеспечение сохранности массы и потребительских свойств продукции;

— поддержание необходимых запасов и формирование резервов средств производства и предметов потребления, необходимых для сбалансированной и эффективной экономики;

— ускорение процесса воспроизводства, сокращение длительности производственного цикла, времени производства и обращения общественного продукта;

---

[1] *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч. 2-е изд., т. 23, с. 395.

— освобождение базисных отраслей материального производства от функций самообслуживания основной деятельности и концентрация на ней главных усилий;

— повышение уровня благосостояния населения и реального фонда его свободного времени, улучшение условий жизни населения, уменьшение текучести и закрепление кадров.

Функционирование и развитие инфраструктуры требуют значительных капитальных вложений и других производственных ресурсов; достаточно велика доля инфраструктуры в основных производственных фондах и в численности занятых. Результаты же деятельности инфраструктуры проявляются прежде всего вне ее самой, растворяясь в экономических показателях базисных отраслей. Учет указанных факторов при исследовании деятельности инфраструктуры, оценка эффективности ее функционирования предполагают использование системного подхода, его методологии и конкретного аппарата анализа. При этом в основу рассмотрения инфраструктуры, выявления закономерностей ее функционирования следует положить ряд принципов, отражающих роль инфраструктуры в процессе общественного производства и взаимодействия с базисными отраслями народного хозяйства и непроизводственной сферы. К числу важнейших принципов такого рода относятся:

1. Необходимость двойственного рассмотрения инфраструктурного комплекса — как относительно обособленной динамической системы, развивающейся по характерным для таких систем закономерностям, и как неотъемлемой части народного хозяйства, его обслуживающей подсистемы, подчиняющейся при своем функционировании и развитии требованиям взаимодействующих с инфраструктурой отраслей и секторов народного хозяйства.

2. Необходимость учета иерархической структуры инфраструктурного комплекса. При этом нужно иметь в виду многоракурсность свойства иерархичности применительно к инфраструктурному комплексу — проявление этого свойства в нескольких аспектах, и прежде всего во временном, отраслевом, территориальном; соответственно показатели деятельности инфраструктурного комплекса должны отражать все эти аспекты.

Немаловажным аспектом анализа иерархичности является отражение результатов деятельности инфраструктурных объектов на разных уровнях. На уровне рассмотрения инфраструктуры как относительно обособленной системы результатом ее деятельности являются количественные и качественные показатели выполняемой работы (объем перевозок,

грузов и пассажирооборот, скорость доставки, складской товарооборот и т. д.). Если же подходить к инфраструктуре как части народного хозяйства с основной функцией — обслуживания, то показателями уровня и качества деятельности инфраструктуры в первую очередь должны служить характеристики народнохозяйственного эффекта (или соответствующих суммарных потерь в масштабах народного хозяйства), которые связаны с функционированием и развитием инфраструктуры.

3. Необходимость сочетания дескриптивного и нормативного аспектов анализа деятельности инфраструктуры, т. е. получение адекватной оценки как существующего состояния и режимов функционирования объектов инфраструктуры и характеристик обслуживания ею народного хозяйства, так и оптимального состояния, отражающего объективную общественно необходимую потребность народного хозяйства в услугах инфраструктуры и наивыгоднейшие пути ее удовлетворения.

4. Необходимость учета динамичности и недетерминированности функционирования инфраструктурного комплекса. Этот аспект особенно важен в связи с тем, что элементы инфраструктуры имеют продолжительные сроки их создания и последующей деятельности, в пределах которых происходят многочисленные изменения как планового, так и случайного характера.

В последнее время заметно усилились исследования в области инфраструктуры, опубликован ряд полезных монографий и статей [2]. Вместе с тем многие важные вопросы, особенно методологического характера, еще остаются открытыми, и в настоящей статье основное внимание уделяется одному из этих вопросов — методам оценки эффективности НТП в области производственной инфраструктуры с позиций системного анализа. При этом под НТП в области производственной инфраструктуры будет пониматься совокупность всевозможных технических средств, экономических и организационных мер, нововведений различного рода, направленных на повышение эффективности деятельности инфраструктурного комплекса и его подсистем.

---

[2] Краткий их анализ приведен в [4].

ОБЩАЯ СХЕМА СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ НТП В ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Системный анализ НТП в области производственной инфраструктуры предполагает:

— формулировку и структуризацию проблемы (выявление основных направлений НТП);

— изучение специфики объекта, его внешних и внутренних связей во временном, пространственном и структурном аспектах;

— анализ основных структурных элементов проблемы на качественном уровне;

— построение соответствующих экономико-математических моделей и переход к количественному анализу основных структурных элементов;

— синтез результатов качественного и количественного анализа.

Как на промежуточных, так и на заключительной стадии анализа целесообразно использовать сочетание дескриптивного и нормативного подходов (и соответствующих моделей и методов), согласовывать расчеты для различных временных горизонтов, учитывать неполноту и недостоверность информации и т. д. [3]

Выделим в качестве основных следующие направления НТП:

— прогрессивные сдвиги в структуре производства продукции инфраструктурных отраслей и используемых в них технических средств, применяемых технологий;

— появление и освоение новых технологий;

— разработка и внедрение новой техники;

— совершенствование методов организации и управления функционированием и развитием отраслей инфраструктурного комплекса и их взаимодействием.

Системное изучение специфики оценки эффективности НТП включает рассмотрение следующих трех взаимосвязанных аспектов:

а) анализ особенностей объектов производственной инфраструктуры;

б) анализ особенностей условий задачи, в рамках которой оценивается эффективность НТП;

в) анализ особенностей проявлений НТП в инфраструктурных объектах.

---

[3] Принципы системного анализа сложных производственных комплексов приведены в [7].

Для объектов производственной инфраструктуры характерно [4]:

— функциональное единство подсистем, в основе которого — обслуживающий, вспомогательный характер деятельности инфраструктуры; частичная взаимозаменяемость отдельных элементов производственной инфраструктуры: различных видов транспорта, транспорта и складской системы, в определенных ситуациях транспорта и связи;

— межотраслевой характер деятельности, неотделимость процесса потребления продукции инфраструктуры от ее производства; невозможность ее накопления и складирования;

— важное значение пространственного фактора и сетевой (технологической — транспорт, связь и др. или организационной — материально-техническое снабжение) структуры; наличие большого числа элементов, обладающих организационной и финансовой самостоятельностью при весьма ограниченной территориальной взаимозаменяемости продукции и предприятий инфраструктурного комплекса;

— высокая инерционность инвестиционных процессов вследствие большой капиталоемкости и фондоемкости объектов инфраструктуры, длительных сроков их проектирования, создания и функционирования; высокий удельный вес в основных фондах иммобильных объектов;

— этапное наращивание мощности объектов инфраструктуры, необходимость и целесообразность создания на этапах экономически оправданных резервов с последующим их постепенным освоением;

— тесное взаимодействие элементов инфраструктуры с обслуживаемыми объектами, реализация значительной части социально-экономического эффекта многоцелевого функционирования и развития инфраструктуры за ее пределами — в обслуживаемых ею отраслях;

— отсутствие «собственного сырья» и вследствие этого специфическая структура себестоимости продукции: как правило, высокий удельный вес заработной платы и амортизации, превышение средних издержек над предельными при нормальных режимах работы инфраструктуры;

— малая номенклатура продукции, производимой объектами инфраструктуры, часто безадресный характер их услуг вследствие многочисленности и разнородности потребителей продукции инфраструктуры;

— ведомственная разобщенность значительной части фондов производственной инфраструктуры, отсутствие единого механизма и органа управления инфраструктурным комплексом и его подсистемами;

— непрерывный рост потребности в продукции инфраструктуры, переменный во времени характер загрузки ее элементов с возрастающим по годам трендом и значительными внутригодовыми (сезонными, месячными) колебаниями;

— недетерминированный характер динамики потребности в продукции инфраструктуры вследствие обслуживания ею не только производственной, но и непроизводственной сферы, интенсивного воздействия научно-технического прогресса, влияния ряда однозначно непредсказуемых факторов (метеорологических условий и др.).

К особенностям, связанным с условиями задачи, прежде всего относятся:

— тип задачи, т. е. идет ли речь об оценке абсолютной или сравнительной эффективности; плановой или отчетной; фактической или расчетной;

— сфера использования результатов, т. е. идет ли речь о предплановой стадии, когда производятся прогнозные расчеты, или о различных стадиях непосредственно планирования (текущего, перспективного и др.);

— степень агрегированности рассмотрения, т. е. идет ли речь об НТП в целом по инфраструктурному комплексу и его подсистемам (транспорту, связи и др.), о крупных нововведениях, реализуемых обычно в рамках целевых научно-технических программ, или об отдельных мероприятиях НТП;

— характер и полнота имеющейся информации, процедуры ее использования: здесь прежде всего важно различать детерминированный и недетерминированный случаи, одно- и многоэтапный процессы оценки, возможность организации адаптивной коррекции и т. д.

К особенностям, связанным с проявлением НТП, следует в первую очередь отнести:

— комплексный характер НТП, т. е. влияние осуществления мероприятий НТП не только (и часто не столько) на экономические, но и социальные, экологические и другие характеристики функционирования инфраструктурных и связанных с ними объектов;

— интенсивное внеотраслевое влияние мероприятий НТП; как правило, значительная часть эффекта от нововведений в инфраструктурном комплексе проявляется не внутри его, а за его пределами. Более того, в ряде случаев прогрессивные мероприятия в области НТП не выгодны с точки зрения хозрасчетных критериев инфраструктурных отраслей, но обеспечивают большой народнохозяйственный эффект;

— наличие значительной эмерджентной составляющей,

связанной с взаимозаменяемостью отдельных мероприятий НТП, нелинейными эффектами их реализации.

Указанные особенности должны учитываться при оценке эффективности мероприятий НТП в инфраструктурном комплексе и должны находить соответствующее отражение в используемых моделях оценки.

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ НТП В ОТРАСЛЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Рассмотрим основные направления НТП на примере важнейшей из отраслей инфраструктуры — транспорта.

К числу важнейших структурных проблем развития транспорта в первую очередь следует отнести:

— согласование структуры потребностей в перевозках с требуемой транспортной обеспеченностью;

— согласование структуры перевозок со структурой технических средств транспорта;

— согласование структуры технических средств транспорта и его управления с условиями эффективного освоения перевозок.

Структурные сдвиги в производстве транспортной продукции находят свое отражение:

— в изменении пропорций участия различных видов транспорта в освоении грузовых перевозок (например, в последнее десятилетие ускоренно растет объем работы трубопроводного транспорта и более медленно — железнодорожного и речного);

— в изменении географии перевозок сырья и готовой продукции (в частности, территориальные сдвиги в размещении производства вызвали возрастающие потоки сырьевых, топливно-энергетических, лесных грузов из районов Сибири и Казахстана в европейскую часть);

— в изменении породового состава перевозок, их партионности, дальности.

Совершенствование структуры и параметров существующих технических средств ведется в направлениях повышения их мощности, грузоподъемности и скорости движения, рационализации качественного состава парков подвижного состава (например, на автомобильном транспорте сдвиги в сторону увеличения доли автомобилей малой грузоподъемности, дизелизации силовых установок, внедрения специализированного подвижного состава и т. д.), надежности технических средств [8—11].

Внедрение новых технологий на транспорте, т. е. более совершенных способов освоения перевозок, направлено на создание единой высокоэффективной системы. Совершенствование перевозочного процесса предполагает интенсификацию использования существующих и новых видов транспорта и транспортных средств (постоянных устройств и подвижного состава). Оно осуществляется путем обеспечения непрерывности перевозок, применения взаимосогласованных технологических процессов в смешанных перевозках, углубления специализации на транспорте в различных аспектах и др.

Соответственно к важнейшим новым технологиям можно отнести, например, следующие [8, 9]:

— координация работы отдельных видов транспорта в общетранспортных узлах, позволяющая учитывать условия деятельности грузоотправителей, грузополучателей, концентрировать погрузо-разгрузочные работы, эффективно использовать склады и т. д.;

— контейнеризация как транспортно-технологическая система бесперегрузочных сообщений, позволяющая резко ускорить производство грузовых работ и доставку грузов до пункта назначения, снизить затраты труда и материалов на изготовление тары, существенно уменьшить потери грузов и т. д.;

— пакетизация — один из важнейших видов механизации, обеспечивающих ускорение грузовых операций;

— укрупнение транспортных единиц, увеличение массы поездов и других транспортных средств, обеспечивающих повышение грузоподъемности и скоростей их движения путем внедрения силовых установок транспорта, соответствующей модернизации постоянных устройств и т. д.;

— маршрутизация перевозок, направленная на повышение транзитности транспортных потоков в целях сокращения затрат на передвижение; ускорение доставки ряда категорий грузов (грузы высокой стоимости, дефицитные, скоропортящиеся и т. п.);

— специализация транспортно-технологических систем для освоения мощных и устойчивых потоков однородных грузов, для перевозки специфических видов грузов (сжиженного газа, химикатов и т. п. или крупногабаритных и тяжеловесных грузов); для обеспечения высокоскоростных пассажирских сообщений;

— автоматизация сложных технологических процессов движения транспортных единиц, переработки грузов, слежения за их продвижением и т. д.;

— централизация транспортно-экспедиционного обслуживания предприятий и населения.

Дополнительно к указанным общетранспортным новым технологиям можно выделить и ряд других технологий, специфичных для каждого вида транспорта. Примерами могут служить: на железнодорожном транспорте — сокращение интервалов движения, увеличение массы поездов путем удлинения станционных путей и использования по системе многих единиц мощных локомотивов, введение электрификации; на водном транспорте — освоение смешанного плавания «река—море», продление (вплоть до круглогодичного) навигационного периода морского и речного флота; на трубопроводном транспорте — освоение перекачки при повышенном давлении, уменьшение вязкости нефти путем термической обработки и т. д.

Соответственно реализация новых технологий предполагает разработку и внедрение новой транспортной техники [10, 11]. Развитие новой техники осуществляется в нескольких направлениях. Одно из важных направлений состоит в углублении специализации подвижного состава и других транспортных средств, позволяющей учитывать структуру, качество и габариты грузов, ориентацию на определенные типы дорог, железнодорожных и водных путей, различные территориальные условия освоения перевозок.

Другим направлением является увеличение грузоподъемности транспортных единиц (создание более мощных локомотивов, новых типов вагонов, полувагонов и цистерн, допускающих большую погонную нагрузку, автомобилей большой грузоподъемности, новых прицепов и полуприцепов для формирования автопоездов, более мощных силовых установок, увеличивающих дедвейт морских судов и т. п.). Развитие новой техники осуществляется также в направлении повышения скоростей движения, экономии топливно-энергетических ресурсов, уменьшения трудоемкости транспортного процесса, уменьшения вредного воздействия на окружающую среду. Соответственно создаются специальные скоростные магистрали, новые типы двигателей, осуществляется дизелизация автомобильного транспорта, внедряются новые типы оборудования для механизации погрузочно-разгрузочных и складских работ, разрабатываются и осваиваются новые автомобили, суда, самолеты, позволяющие более качественно осуществлять как грузовые, так и пассажирские перевозки.

Основным направлением НТП в сфере организации и управления работой транспорта являются автоматизация уп-

равления и создание специальных систем, использующих ЭВМ для сбора и обработки необходимой информации о выполнении перевозок и непосредственно для принятия решений на транспорте. Создаются автоматизированные системы плановых расчетов на транспорте (АСПРТ) и отраслевые автоматизированные системы управления (ОАСУТ). Автоматизация управления движением, процессами формирования составов и т. д. наиболее продвинута на железнодорожном транспорте. Широко внедряется автоматизация управления в морских портах.

В целом внедрение НТП и соответствующих организационных мероприятий на транспорте позволяют снизить транспортные издержки народного хозяйства не менее, чем на 20—25% [4].

Аналогичным образом можно провести качественный анализ указанных направлений НТП как по отдельным другим инфраструктурным отраслям [5], так и по комплексу отраслей производственной инфраструктуры в целом с учетом межотраслевых связей: НТП в транспортно-складской системе, инженерной инфраструктуре городов и т. п.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НТП В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ

Системный анализ НТП, как уже отмечалось, предполагает не только описание основных направлений НТП на качественном уровне [16], но и получение характеризующих их количественных оценок на основе экономико-математического моделирования. Для определения характеристик внедрения НТП в целом, как единой системы целенаправленных мероприятий, широко применяются макроэкономические производственные функции и их различные модификации, например соответствующие разным видам НТП (автономному, «овеществленному», «индуцированному» и др.) [17—21].

Представляется, что эти функции в принципе могут быть использованы и для оценки влияния НТП в отраслях производственной инфраструктуры на народное хозяйство в целом. Например, для функций с «экзогенным техническим прогрессом» можно принять

$$y(t) = e^{\rho t} f(\Phi_б, L_б, \Phi_и, L_и), \qquad (1)$$

[4] Суммарные транспортные издержки народного хозяйства в настоящее время составляют свыше 100 млрд. руб. в год.

[5] Некоторые важные аспекты качественного анализа проблем НТП в отрасли связи можно найти, например, в [12, 13], в материально-техническом снабжении — в [14, 15].

где

$y\ (t)$ — величина конечного продукта (или национального дохода) в t году;

ρ — темп роста НТП;

$\Phi_б$, $\Phi_и$ — основные фонды соответственно базисных и инфраструктурных отраслей;

$L_б$, $L_и$ — трудовые ресурсы, используемые в базисных и инфраструктурных отраслях.

Определяя некоторые характеристики такой производственной функции, например частные производные $\frac{\partial y}{\partial \Phi_и}$, $\frac{\partial y}{\partial L_и}$, можно судить о предельных величинах фондоотдачи и производительности труда, достигаемых в области производственной инфраструктуры с внедрением НТП при известном темпе его роста.

Для определения темпа роста НТП может быть использована следующая модель [22]:

$$\rho = \frac{1}{P}(P\ \rho'' - h) - E(\rho' - h)\Phi), \tag{2}$$

где

P — величина национального дохода за год;

Φ — среднегодовая суммарная стоимость основных и оборотных фондов;

ρ'' — темп роста национального дохода;

ρ' — темп роста суммарной стоимости фондов;

h — темп роста трудовых ресурсов;

E — нормативный коэффициент эффективности (капиталовложений, фондов).

К недостаткам такого подхода следует отнести коррелированность, как правило, фактор-аргументов и вследствие этого трудности в интерпретации статистически определяемых параметров, неустойчивость во времени характеристик и др.

Одной из важных целей моделирования НТП в производственной инфраструктуре является оценка его эффективности.

Эффект НТП в году t по сравнению с базисным годом τ, принимаемый как относительная экономия хозяйственных ресурсов, достигаемая в результате внедрения НТП, может быть рассчитан следующим способом [23]:

$$Э_\tau^t = S^\tau \frac{\bar{y}^t}{\bar{y}^\tau} - S^t, \tag{3}$$

где

$\bar{y}^{t(\tau)}$ — чистая продукция по отраслям инфраструктуры в году t (τ);

$S^{t(\tau)}$ — чистые или нормативные затраты ресурсов в году t (τ).

Эти затраты в свою очередь определяются так:

$$S^t = E_V^\tau V^t + E_K^\tau \Phi^t, \tag{4}$$

где

V^t — среднегодовая (в году t) величина фонда заработной платы работников отраслей инфраструктуры;

Φ^t — среднегодовая (в году t) стоимость основных производственных фондов инфраструктуры;

E_L^τ и E_K^τ — нормативные коэффициенты эффективности использования соответственно трудовых ресурсов и капитальных вложений в основные производственные фонды в базисном году τ;

$E_V^\tau = (1 + E_L^\tau)$ — нормативный коэффициент учета вместе с фондом оплаты труда полной эффективности трудовых ресурсов.

Наряду с моделями определения оценок эффективности НТП для инфраструктурного комплекса в целом модели могут быть использованы и для определения оценок эффективности НТП для отдельных мероприятий по развитию инфраструктуры. Теоретически, если бы существовала достаточно подробная модель динамики функционирования народного хозяйства, можно было бы оценивать абсолютную и сравнительную эффективность всех направлений и мероприятий НТП непосредственно путем выполнения соответствующих расчетов по этой модели. Однако такой модели нет и перспективы ее создания и даже существования достаточно проблематичны. Поэтому реальным является создание специальных моделей, в которых степень агрегированности характеристик НТП связана с масштабом рассматриваемых мероприятий (направлений) и условиями решаемой задачи. Так, в рамках решения задач планирования, когда предполагается сбалансированность ресурсов по отдельным направлениям развития инфраструктуры, можно говорить о социально-экономическом эффекте НТП в целом и рассчитывать его [6] для отдельных мероприятий по развитию инфраструктурного комплекса следующим образом [4]:

$$\Delta_{j_2 j_1} = Э^{абс}_{T_{j_2}} - Э^{абс}_{T_{j_1}}, \tag{5}$$

где

$\Delta_{j_2 j_1}$ — эффект перехода от варианта j_1 к варианту j_2;

[6] Если все существенные результаты и затраты, связанные с НТП в инфраструктуре, допускают приведение к соизмеримому виду.

$\Theta^{\text{абс}}_{T_{j_i}}$ — величина абсолютного эффекта для отдельного мероприятия по развитию инфраструктуры, $i = 1, 2$.

Под $\Theta^{\text{абс}}_{T}$ здесь понимается величина чистого полного (внутреннего и внешнего экономического и социального) абсолютного эффекта, определяемого по формуле

$$\Theta^{\text{абс}}_{T} = \sum_{t=t_0}^{t=T} \left[\sum_{i,\ k} (Q_t^{ik} \text{Ц}_t^{ik} + H_t^i + S_t - K_t - C_t + \lambda_t \right] \times \\ \times (1+E)^{t_0-t} + \Phi_T^{\text{ост}} (1+E)^{t_0-T}, \qquad (6)$$

где

t_0 — начало, T — конец расчетного периода;

Q_t^{ik} — объем инфраструктурной деятельности k-го вида в t году в i-й сфере народного хозяйства;

Ц_t^{ik} — цена за инфраструктурное обслуживание k-го вида в t году в i-й сфере;

H_t^i — стоимостная оценка в t году сопутствующих экономических эффектов от развития инфраструктуры, получаемых в i-й сфере и не нашедших соответствующего отражения в величинах Q_t^{ik} и Ц_t^{ik};

K_t — единовременные затраты на развитие инфраструктуры в t году;

C_t — изменение в связи с развитием инфраструктуры чистых текущих издержек на ее функционирование в t году;

S_t — стоимостная оценка в t году сопутствующих внеэкономических (социальных, экологических и др.) результатов, получаемых как внутри, так и вне инфраструктуры и не нашедших соответствующего отражения в величинах Q_t^{ik}, Ц_t^{ik}, K_t и C_t;

λ_t — остаточная стоимость основных фондов инфраструктуры, исключаемых из эксплуатации в t году (если они не могут быть использованы в народном хозяйстве, то принимается их ликвидное сальдо);

$\Phi_T^{\text{ост}}$ — остаточная стоимость созданных в инфраструктуре фондов в конце расчетного периода.

Аналогично можно определять эффективность отдельных направлений НТП, в том числе рассмотренных выше. Так, «структурная» составляющая эффекта НТП может быть рассчитана на основе следующей модели:

$$F^t = \sum_{i,\ j,\ k} c_{ijk}^t (x_{ijk}^t) x_{ijk}^t \to \text{extrem}, \qquad (7)$$

$$\sum_j a_{ijk}^t x_{ijk}^t \geqslant b_{ik}^t, \quad \{b_{ik}^t\} = b^t, \qquad (8)$$

$$\sum_{i,\,j,\,k} d_{ijk}^{tm} x_{ijk}^{t} \leqslant R_m^t, \tag{9}$$

$$x_{ijk}^{t} \geqslant 0, \tag{10}$$

где

x_{ijk}^{t} — интенсивность использования j-го структурного фактора k-й подсистемы инфраструктурного комплекса в году t при выполнении услуг i;

$c_{ijk}^{t}(x_{ijk}^{t})$ — целевой удельный показатель, характеризующий величину затрат (или эффекта) в году t от использования j-го фактора k-й подсистемы инфраструктурного комплекса при выполнении услуг вида i с интенсивностью x_{ijk}^{t};

b^t — вектор требуемых объемов работ инфраструктурного комплекса в году t; каждая координата b_{ik}^{t} показывает объем работ, который должна выполнить k-я подсистема инфраструктурного комплекса по i-му виду услуг;

a_{ijk}^{t} — объем работ вида i, выполняемых k-й подсистемой в году t, приходящийся на единицу интенсивности использования j-го структурного фактора;

R_m^t — ресурс вида m, выделяемый инфраструктурному комплексу в году t;

d_{ijk}^{tm} — объем ресурса вида m, необходимый в году t для выполнения i-го вида услуг в k-й подсистеме при единичной интенсивности использования j-го структурного фактора.

Отметим, что, кроме ограничений (8) — (10), на переменные при каждом фиксированном t существуют дополнительные ограничения на x_{ijk}^{t}, когда t меняется от 1 до T (где T — длительность расчетного периода), т. е. на траектории $x = \{x\}^t = \{x_{ijk}^{t}\}$. Дополнительные ограничения на траектории интенсивностей использования j-го структурного фактора k-й подсистемы инфраструктуры при выполнении ею i-го вида услуг в течение всего периода $[1, T]$ связаны с тем, что резкие, скачкообразные изменения этих траекторий считаются недопустимыми. Действительно, в силу инерционности процессов в экономике такие изменения либо не осуществимы практически, либо, как правило, не эффективны.

Для характеристики структуры x^t при каждом t могут оказаться удобными соответствующие структурные коэффициенты, например, такие, как;

$$\gamma_{ijk}^{t}(x^t) = \frac{a_{ijk}^{t} x_{ijk}^{t}}{\sum\limits_{j} a_{ijk}^{t} x_{ijk}^{t}}, \qquad \gamma_{ijk}^{t} \geqslant 0; \ \sum_{j} \gamma_{ijk}^{t} = 1, \quad \forall i, k, \tag{11}$$

которые показывают долю j-го фактора в структуре каждой подсистемы инфраструктурного комплекса при выполнении ею работы определенного вида.

Тогда эффект $Э^t(x, y)$ перехода от структуры $x^t = \{x^t_{ijk}\}$, характеризуемой соответствующими коэффициентами $\{\gamma^t_{ijk}(x^t)\}$, к структуре $y^t = \{y^t_{ijk}\}$ с коэффициентами $\{\gamma^t_{ijk}(y^t)\}$ может быть определен следующим образом:

$$Э^t(x^t, y^t) = F^t(y^t) - F^t(x^t). \tag{12}$$

В тех случаях, когда частные показатели не допускают свертку (т. е. соответствующие составляющие социальных и других внеэкономических результатов не допускают адекватную экономическую оценку), должны использоваться методы векторной оценки эффективности, экспертные оценки и т. д. [24].

Существенным элементом приведенных выше моделей являлось то, что при этом предполагалось наличие всей необходимой информации о масштабах внедрения нововведений и других мероприятий по развитию производственной инфраструктуры, величина выделяемых на эти цели ресурсов и т. д. Все это типично для различных этапов планирования, когда возможно проведение соответствующих балансовых расчетов. Иная ситуация часто складывается на предплановых стадиях, например при прогнозировании мероприятий НТП в рамках Комплексной программы. Здесь, как правило, далеко не все масштабные показатели известны, и целесообразно формировать модели и производить оценку применительно к отдельным нововведениям. Так, например, интегральный экономический эффект от применения новой техники (или новой технологии) $Э_\Sigma$ определяется как сумма соответствующих эффектов по сфере производства новой техники ($Э_{\Sigma ПР}$) и сферам ее потребления ($Э_{\Sigma П}$) за период [1, T].

Если допустить, что:

1) объем выполняемых инфраструктурных услуг, их качество и сроки выполнения при базовой и новой технике одинаковы;
2) производительность и другие технико-эксплуатационные характеристики базовой и новой техники в течение срока службы не меняются (или в расчет включается соответствующим образом усредненная их величина), то эффект от внедрения новой техники может быть рассчитан по

формуле [24, 25]:

$$Э_{\Sigma} = \sum_{\tau=0}^{\tau=T_{в}} \frac{Э^{T,\tau}}{(1+E)^{\tau}} + \sum_{\tau=1}^{\tau=T_{в}+t^{н}_{сл}} \frac{Э_{н}(\tau) - Э_{б}(\tau)}{(1+E)^{\tau}}, \qquad (13)$$

где

$[0, T_{в}]$ — период выпуска новой техники;

$[1, T_{в} + t^{н}_{сл}]$ — период использования новой техники; $t^{н}_{сл}$ — срок службы новой техники;

$Э^{T,\tau}$ — приведенный к начальному году выпуска народнохозяйственный эффект новой техники, изготовленной в году τ, за время ее службы;

$Э_{п}(\tau)$, $Э_{б}(\tau)$ — дополнительные системные эффекты, непосредственно не учитываемые в характеристиках новой и базовой техники (эмерджентные эффекты внутри инфраструктурного комплекса и внеинфраструктурные эффекты — уменьшение потерь продукции и др.);

E — нормативный коэффициент приведения разновременных затрат, численно равный нормативному коэффициенту эффективности капитальных вложений, так как в расчетах $Э^{T,\tau}$ норма реновационных отчислений для базовой и новой техники ($k_{б}$ и $k_{н}$) принимается с учетом фактора времени.

Согласно [25], $Э^{T,\tau}$ определяется следующим образом:

$$Э^{T,\tau} = \left(З_{б} \cdot \frac{B_{н}}{B_{б}} \cdot \frac{k_{б}+E}{k_{н}+E} + \frac{(И_{б} - И_{н}) - E(K'_{н} - K'_{б})}{k_{н}+E} - З_{н}\right), \qquad (14)$$

где

$З_{б}$, $З_{н}$ — стоимость производства единицы базовой и новой техники;

$B_{б}$, $B_{н}$ — производительность базовой и новой техники;

$И_{б}$, $И_{н}$ — чистые издержки эксплуатации базовой и новой техники (без учета реновационных отчислений на полное восстановление);

$K'_{б}$, $K'_{н}$ — сопутствующие капитальные вложения у потребителя базовой и новой техники (в расчете на объем работы, выполняемой единицей новой техники).

По существу тот же принцип суммирования «эффекта у производителя» и «эффекта у потребителя» применим при определении интегрального народнохозяйственного эффекта от внедрения новых технологий, от совершенствования методов организации и управления, от внедрения новых систем управления. Здесь могут быть использованы формулы, аналогичные (13), (14).

В общем случае (особенно в задачах прогнозирования) необходимо учитывать фактор неопределенности — неполноту и неоднозначность исходной информации: так, например, показатели стоимости, текущих издержек и др. новой техники могут зависеть от объема ее выпуска, характеристик других взаимодействующих машин и др. Для учета этого необходим переход к регрессионным моделям, использованию статистических критериев оценки эффективности (скалярных или векторных в зависимости от степени структуризованности ситуации [24]).

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы XXVI съезда КССС. М.: Политиздат, 1981. 222 с.
2. Продовольственная программа СССР на период до 1990 года и меры по ее реализации: Материалы майского Пленума ЦК КПСС 1982 г. М.: Политиздат, 1982. 110 с.
3. Об улучшении планирования и усилении воздействия хозяйственного механизма на повышение эффективности производства и качества работы: Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 12 июля 1979 г. М.: Политиздат, 1979. 63 с.
4. Системный анализ инфраструктуры как элемента народного хозяйства: Препр. ВНИИСИ. М.: 1981. 62 с.
5. *Хейнман С. А.* Общественное разделение труда и инфраструктура.— Экономика и орг. пром. пр-ва, 1981, № 1, с. 72—84.
6. *Левит Б. Ю., Лившиц В. Н., Тараканова И. А.* Эффективность общественного производства и инфраструктура.— Экономика и орг. пром. пр-ва, 1981, № 1, с. 85—94.
7. *Горлин Ю. М., Лившиц В. Н.* Системный анализ качества планирования деятельности сложных производственных комплексов.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл.: Ежегодник, 1981. М.: Наука, 1981, с. 60—86.
8. *Козин Б. С.* Крупный шаг в создании единой транспортной системы. М.: Экономика, 1976. 53 с.
9. *Аксенов И. Я.* Единая транспортная система. М.: Транспорт, 1980. 213 с.
10. *Молярчук В. С.* Основные направления научно-технического прогресса на транспорте.— В кн.: Вопросы развития и планирования технических средств транспорта. М., 1980, с. 6—23. (Тр. ИКТП при Госплане СССР; Вып. 82).
11. *Балычева Н. А.* Анализ эффективности энергоиспользования на транспорте и основные направления его дальнейшего совершенствования.— В кн.: Технические средства транспорта и транспортная энергетика. М., 1975, с. 75—91. (Тр. ИКТП при Госплане СССР; Вып. 52).
12. *Горелик М. А., Любанский М. М.* Связь и производство.— ЭКО, 1981, № 1, с. 100—105.
13. *Давыдов Г. Б.* Электросвязь и научно-технический прогресс. М.: Знание, 1978. 64 с.
14. *Баскин А. И.* Снабжение и развитие складского хозяйства.— ЭКО. 1981, № 1, с. 106—111.
15. *Брагина Л. С.* Тарное хозяйство как элемент инфраструктуры.— ЭКО, 1981, № 1, с. 126—129.

16. *Анчишкин А. И.* Научно-технический прогресс и интенсификация производства. М.: Политиздат, 1981. 95 с.
17. *Иванилов Ю. П., Лотов А. В.* Математические модели в экономике/ Под ред. Н. Н. Моисеева. М.: Наука, 1979. 303 с.
18. *Анчишкин А. И.* Прогнозирование роста социалистической экономики. М.: Экономика, 1973. 294 с.
19. *Лазаренко С. Г.* Измерение влияния научно-технического прогресса на рост национального дохода. М.: Наука, 1981. 120 с.
20. Моделирование и анализ эффективности научно-технического прогресса: Труды ВНИИСИ. Вып. 9. М., 1978. 125 с.
21. Математические модели и статистический анализ научно-технического прогресса: Труды ВНИИСИ, М., 1982. 93 с.
22. *Канторович Л. В., Вайнштейн А. Л.* Об исчислении нормы эффективности на основе однопродуктовой модели развития хозяйства.— Экономика и мат. методы, 1967, т. 3, вып. 5, с. 697—710.
Федоренко И. П., Львов Д. С., Петраков Н. Я. О критериях и методах оценки экономической эффективности хозяйственных мероприятий.— Экономика и мат. методы, 1982, т. 18, вып. 1, с. 10—21.
24. *Лившиц В. Н.* Принципы оценки социально-экономической эффективности.— В кн.: Тр. Всесоюз. школы-семинара «Системный анализ социально-экопомической эффективности хозяйственных мероприятий». Рига, 1981, с. 39—58.
Лившиц В. Н., Львов Д. С., Овсиенко Ю. В. Методологические вопросы оценки экономической эффективности новой техники.— Изв. АН СССР. Сер. экон., 1979, № 3, с. 39—58.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОПТИМИЗАЦИОННОГО ПОДХОДА И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

В. И. ДАНИЛОВ-ДАНИЛЬЯН, А. А. РЫВКИН

ВВЕДЕНИЕ

Развитие оптимизационных методов анализа экономики — несомненно важное достижение теоретической мысли. Разработка и применение оптимизационных методов доминируют в исследованиях экономико-математического направления, в рамках которого сформировались концепция социально-экономического оптимума, теория оптимального функционирования социалистической экономики. В этих теоретических построениях идея оптимизации поднимается до предельного уровня обобщения, подчиняя себе остальные предпосылки и методологические принципы.

В истории науки известны случаи, когда теории, выдающиеся по силе воздействия на научную мысль, обретали новую форму в философских или методологических конструкциях при попытках обобщить развитые в них методы не столько через отказ от частностей, сколько на основе принципа аналогий и настойчивого расширения сферы приложений уже созданного аппарата. Когда методы, развитые научной мыслью, поражают воображение своей мощью и результативностью, естественно возникает идея трансформации разрозненных и чрезвычайно избирательных по характеру возможных приложений теоретических выводов в весьма общий и широкий по охвату методологический подход.

Оптимизационный подход сформировался как научное течение, поставившее своей целью вывод сущностных характеристик социалистического способа производства из базовых положений оптимизационных конструкций. Насколько оправдан подобный подход методологически, если говорить не о классах моделей, а о попытках объяснить реальность, более того, сформировать базу для ее преобразования, указав способы управления хозяйством в интересах всего общества? Достоинства оптимизационных методов неоспоримы, а их применение в широком кругу областей оказывается уже сейчас весьма эффективным, но сказать то же самое об оптимизационном подходе к решению общих народнохозяйственных задач трудно. И дело не в недостаточной мощ-

ности вычислительной техники или несовершенстве математических средств, а в методологических проблемах, которым и посвящено дальнейшее изложение.

ПРЕДПОСЫЛКИ ОПТИМИЗАЦИОННОГО ПОДХОДА

В развитии любой естественнонаучной теории нетрудно выделить два важнейших направления: формирование языка описания объекта и получение содержательных выводов относительно характера и способов его функционирования. Если первое направление опирается на приемы, в той или иной мере сходные с процессом создания аксиоматики, то успехи, достигнутые в рамках второго, во многом стали возможными благодаря применению идей оптимизации или равновесного существования взаимодействующих элементов. Попытки перенесения естественнонаучной исследовательской установки в анализ социально-экономических процессов привели к распространению и прочному закреплению оптимизационного и равновесного подходов к экономике.

Относительно связей и различий между этими подходами существуют две точки зрения. В соответствии с одной из них имеется достаточно обширная область, где названные подходы идентичны. Согласно другому взгляду, их объединяет некая более широкая концепция. Однако в обоих случаях утверждается требование фиксировать в качестве необходимого некоторое свойство, нормативно приписываемое (т. е. предписываемое) реальности. В дальнейшем будем говорить лишь об оптимизационном подходе, имея в виду в большинстве случаев не только его, но и равновесный подход. Перечислим основные гипотезы, положенные в основу этих подходов. Попытки эксплицировать эти гипотезы за немногими исключениями (см., напр. [10]) не идут дальше перечисления атрибутов, обязательных для любой оптимизационной модели: возможность выбора, описание множества альтернатив, существование предпочтения.

1) Рассматривается не модель социально-экономической системы, а система, существующая реально, те ее состояния и такой режим функционирования, которые должны стать (в аксиологическом смысле) вершиной ее существования.

2) Система «сама себя описывает» в формируемых ею показателях и оценках; она же воспринимает это описание в качестве характеристики своего собственного состояния. Если такое описание оказывается искаженным (подразумевается, что в сравнении с «истинным») и неадекватным (здесь обычно указывается, что по отношению к реальности), то лишь в силу недостаточной развитости некоторых имманент-

ных системе социально-экономических отношений. В принципе социалистический характер производственных отношений обеспечивает возможность восполнить недостающие звенья и позволяет создать систему адекватных экономической реальности измерителей и оценок. В этом и проявляется так называемая конституирующая роль принципа оптимальности в становлении социалистических производственных отношений. Таким образом, благодаря последовательному проведению данного принципа в жизнь, как предполагается, удастся добиться фактического тождества между реально существующим объектом и его отражением в системе имманентных ему экономических показателей. Дальнейшее строгое различение «реальной» экономики и ее отражений в разнообразных системах измерения, а также в сознании лиц, принимающих решения (ЛПР), и других участников происходящей в ней деятельности (см. [6]) теряет здесь всякий смысл, и потому слово «система» употребляется для одновременного обозначения всех указанных аспектов. Обычно не меняют дела и ссылки на принцип внешнего дополнения, на «черные ящики», встроенные в описание системы и т. п., так как фактически предполагается, что соответствующим усложнением аппарата описания можно устранить все существенные рассогласования и «черный ящик» в описании ничем не отличается при использовании надлежащей техники моделирования от неопределенности в самой реальности.

3) Система состоит из взаимодействующих элементов. При этом системное бытие элемента может быть охарактеризовано путем «объединения» двух независимых его описаний: внесистемной характеризации элемента (как такового, т. е. соотнесенного некоторому абстрактному множеству состояний) и изолированного описания его взаимодействий (т. е. предполагающего, что такие взаимодействия не способны привести к качественному изменению, перерождению элемента).

Применительно к проблемам развития иерархических систем подобная гипотеза равносильна редукции всех таких проблем к одному уровню, а именно верхнему, который одновременно исчерпывает собой отражаемые рассматриваемым подходом представления о целостности.

4) В существовании реальной экономической системы выделяется аксиологический аспект. Некоторые исследователи настаивают на возможности экспликации целей, подчиняющих себе деятельность системы (либо непосредственно, либо через механизмы, объединяющие участников процесса

путем формирования результирующей из векторов, которыми снабжены все элементы системы). Другие довольствуются имплицитным существованием таких целей.

5) Состояние реальной системы определено неоднозначно. Существует множество допустимых состояний, на котором задано (в соответствии с предшествовавшим пунктом) отношение предпочтения. В распоряжении общества имеются рычаги, позволяющие так воздействовать на систему, что она переходит от одного состояния к другому.

6) В пространстве системных параметров имеется многообразие, ограничивающее движение в предпочтительном для системы направлении. Реальный прообраз этих ограничений непременно уточняется, и в большинстве случаев в качестве такового выступает лимитированность ресурсов.

7) Сторонники обеих точек зрения, упомянутых в п. 4, требуют количественного выражения через координаты пространства системных параметров либо самой цели, когда ею оказывается точка такого пространства, либо вменяемых системе представлений по поводу соответствующей цели [1]. В каждой точке пространства определяется наиболее предпочтительное направление изменения параметров системы, благодаря чему, во-первых, появляется информация о целесообразных корректировках параметров и, во-вторых, обеспечивается внутренняя соизмеримость критерия, координат и ограничений.

Явно или неявно на этих предпосылках основываются практически все исследования, развивающие оптимизационный подход. Заметим, что исследования по оптимизационным методам, вообще говоря, не нуждаются в подобных предположениях. Это относится не только к предпосылкам 1—2, но и ко всем остальным, хотя постулаты 4—7, казалось бы, «происходят» из математико-кибернетических моделей оптимизации. Дело в том, что выполнение подобных предположений — условие корректности *применения* оптимизационных методов и в случае решения частных задач оно не провозглашается неотъемлемым и доминирующим свойством реальности, но рассматривается лишь как свойство проходящей проблемной ситуации, менее того, конкретной постановки возникающей по ее поводу частной задачи. Ведь

---

[1] Большинство сторонников оптимизационного подхода видят недостатки первого варианта в том, что подобная целевая точка лишена непосредственного экономического смысла, а потому нельзя указать содержательного способа ее априорного задания. Однако они же не испытывают неудобств, когда такая точка идентифицируется посредством решения некоторой оптимизационной задачи.

требуется адекватность модели не реальности вообще, не тому или иному реальному объекту в целом, во всей его многогранности, а данному объекту в соответствии с целью моделирования, т. е. решаемой задачей. В конечном счете этим определяется чрезвычайное многообразие конкретных задач, к которым применимы оптимизационные методы.

В различных работах нередко вводятся дополнительные предположения, обусловленные теми или иными конкретными целями. Чаще других используется гипотеза об иерархичности структуры системы (анализ некоторых вопросов, связанных с введением этой гипотезы, см. в [6]). Много различных предположений вводится относительно характера цели, возможностей и условий ее экспликации, формах ее выражения через системные параметры и т. д. Однако, как представляется, все эти дополнительные предпосылки уже не определяют сущности самого оптимизационного подхода (см. также [4]).

ЦЕЛИ, КОТОРЫЕ СТАВИТ ПЕРЕД СОБОЙ ОПТИМИЗАЦИОННЫЙ ПОДХОД

Программа-максимум, к реализации которой стремятся активные сторонники оптимизационного подхода, состоит в организации оптимального функционирования социалистической экономики, т. е. в обеспечении для всех параметров системы значений, соответствующих «оптимуму». Для наших целей совершенно не требуется уточнять, что такое «оптимум», важно лишь, чтобы представления о нем (конечно, весьма размытые) соответствовали гипотезам, перечисленным в предшествовавшем разделе.

Непосредственно приступить к реализации программы-максимум нельзя, ибо этому препятствует сам характер взаимодействий с системой. Способ, с помощью которого она себя описывает (в частности, способ ее самоизмерения), не позволяет даже достичь операциональности в формулировке оптимизационной задачи. Описание реальной системы, адекватное оптимизационному подходу, не может быть достигнуто без осуществления сформулированных выше предпосылок. Поэтому остается рассчитывать лишь на постепенное преобразование всей системы, которая будет приближаться к оптимуму, обеспечивая при этом и все более точное (или более адекватное подходу) описание.

Итак, реальная система рассматривается как находящаяся на пути к оптимальному состоянию. Достигшая режима оптимального функционирования система совершенна. Но

именно поэтому удаление из нее (посмотрим из состояния оптимума «назад») каких-либо элементов, в частности компонентов структуры управления, контуров хозяйственного механизма, отклонения параметров управления от их оптимальных значений могут стать невосполнимым с точки зрения целостности системы и ее принципиальных свойств. Тем не менее способ перехода к режиму оптимального функционирования приходится искать из состояний, весьма от него отдаленных — как количественно, так и структурно. Другими словами, путь к построенному в теории совершенному образу приходится начинать из бездны противоречивых и недостаточно оформленных (и, конечно же, незавершенных в себе) реалий хозяйственной жизни. В этих условиях и проектируются первые шаги по созданию самой системы оптимального функционирования экономики, конечно, при неизбежных упрощениях теоретической схемы и не избегая паллиативных мероприятий.

Хотя оптимальный план пока не удается не только реализовать, но и составить, его свойства теоретически хорошо известны [2]. Сознавая, что оптимальное функционирование — некое безусловное благо, а установленные теоретически свойства оптимального плана — атрибуты этого блага, некоторые сторонники оптимизационного подхода предлагают избрать среди путей, переводящих реальную систему в оптимальное состояние, один вполне осязаемый, в то время как другие пути остаются пока совсем неразведанными. Этот путь состоит в постепенном наделении элементов реальных систем свойствами, которые были бы присущи им в режиме оптимального функционирования; естественно, предполагается, что элементы не будут претерпевать качественных изменений ни при переходе в совершенное состояние, ни после приобретения ими соответствующих свойств в преддверии такого перехода.

Обеспечивает ли весь набор теоретически установленных свойств достаточные условия оптимальности функционирования системы? Положительный ответ на этот вопрос может

---

[2] Эти свойства (наиболее существенные из них перечислены далее) дедуктивно выводятся при определенных дополнительных предположениях, обычно формулируемых математически: выпуклость и связность допустимых областей, вогнутость и дифференцируемость критериев и т. п. Такие предположения разнообразны и неоднозначны, их выбор, как правило, определяется используемым математическим аппаратом, однако при любых вариантах и комбинациях проблема корректности их постулирования для конкретных экономических задач является далеко не простой и всегда требует специального исследования.

дать только практика. В пользу отрицательного ответа не исключены и теоретические аргументы, но их нелегко найти, особенно если принять во внимание возможность расширения такого набора путем включения в него новых свойств. Если же речь идет о приближении к оптимальному функционированию (а не о пребывании в таком режиме), то жесткость требований, предъявляемых к обоснованию обсуждаемого предложения, становится еще менее обоснованной. Однако проблема существенно упрощается, если рассмотреть эти свойства не в совокупности, а раздельно, чтобы уяснить себе вероятные последствия их искусственного встраивания в систему, которая может, должна и будет функционировать оптимально.

а) Пожалуй, ключевым для системы оптимального функционирования экономики является утверждение о тождественности цены ресурса (или продукта) частной производной критерия оптимальности по количеству ресурса (продукта). В более общем случае цена отождествляется с величиной приращения критерия при увеличении количества ресурса на единицу. Следует особо отметить, что речь идет вовсе не о свойстве, присущем той или иной абстрактной теоретической модели; утверждение касается закономерности, якобы управляющей самой жизнью.

б) Замыкающие затраты при производстве продукта должны быть равны замыкающему эффекту при его использовании. Другими словами, предполагается нулевая прибыль для хозяйственной ячейки, которая ведет производство в худших условиях. Поскольку соответствующее решение является компонентом оптимального плана, такая ячейка имеет возможность продолжать свое производство, расходуя ресурсы строго по нормам и оплачивая по «нормальным» («социально-оптимальным») ставкам услуги каждого из участников хозяйственной деятельности, однако не получит прибыли и не будет иметь сэкономленных ресурсов. Тем самым ячейка полностью утрачивает способность к *самостоятельной* реализации расширенного воспроизводства [3].

в) Унифицированность экономических условий производственной деятельности достигается посредством изъятия всех рентных платежей, отражающих дифференциацию физических условий хозяйствования. Эти изъятия поступают в централизованный фонд накопления, и, возможно, в региональные фонды. В результате концепция нулевой при-

[3] Конечно, любые возможности использования внешних источников финансирования (банковский кредит и т. п.) не являются аргументами против этого утверждения.

были распространяется на всех участников производственной деятельности.

г) Оптимальный план дает возможность фиксировать (апостериорно по отношению к нему) норматив эффективности капитальных вложений, указывающий минимально допустимую величину отдачи каждой единицы капитальных затрат.

д) Аналогично предыдущему (тоже апостериорно к плану) задана оценка каждого месторождения природных ресурсов, которая определяется, например, разностью замыкающих и индивидуальных затрат.

Здесь приведены лишь основные свойства, присущие системе при ее оптимальном функционировании. Приступим теперь к обсуждению этих свойств с точки зрения возможности их *вменения* элементам реальной хозяйственной системы (функционирующей, естественно, отнюдь не в соответствии с абстрактной оптимизационной схемой). Следует подчеркнуть, что речь идет именно о вменении свойств, а не просто о внедрении тем или иным приближенным способом определенных значений параметров управления.

Начнем с пункта д, наиболее конкретного в своей формулировке, а потому заключающего в себе утверждения, которые вряд ли могут быть уточнены в ответ на приводимые возражения.

Оценки месторождений природных ресурсов, как предполагается, необходимы для того, чтобы в рамках оптимального функционирования (в частности, при малосущественных изменениях условий, в ориентации на которые составлялся оптимальный план, так что его устойчивость в целом сохраняется при этих изменениях) решать вопрос о целесообразности эксплуатации каждого конкретного месторождения. Постановка подобной задачи представляется достаточно убедительной, если предположить, что все месторождения сосредоточены в одном географическом пункте (либо, наоборот, допустить, что потребление добываемого сырья сосредоточено в одной точке, на равных расстояниях от которой, т. е. по окружности, расположены все месторождения). Однако достаточно принять во внимание реальное размещение месторождений, чтобы полученное в результате разнообразие оказалось непреодолимым препятствием для обеспечения оптимального функционирования экономики. Ведь в этой ситуации необходимо вести сопоставление по сумме затрат на добычу и транспортировку, которое в принципе оказывается возможным лишь после составления полностью детализированного с привязкой всех потребителей

оптимального плана. Без этого оценки месторождений не только не имеют смысла, но даже не допускают паллиативов. Не меняет дела и применение оценок месторождений только в достаточно узких локальных границах, поскольку сами эти границы определяются все тем же планом прикрепления потребителей. Заметим, что если изменение объема выпуска (добычи) при некоторых значениях можно считать малым, то модификация схемы прикрепления всегда структурное преобразование, а такие преобразования в реальной экономике практически никогда не правомерно квалифицировать в качестве малых.

Но проблема не сводится лишь к географической дифференциации; дело весьма осложняется и существенной с точки зрения технологий использования неоднородностью сырья, добываемого в различных месторождениях. Даже энергетические угли оказываются не столь широко взаимозаменяемыми, как может показаться на первый взгляд (или как было 50 лет назад). С изменением калорийности, зольности, влажности, содержания экологически опасных примесей резко меняется и круг возможных потребителей угля. Таким образом, чтобы иметь основу для принятия соответствующих решений, по каждому месторождению в рамках оптимального плана следует получить не единую оценку, а набор оценок, отражающих целесообразность расширения добычи с точки зрения каждого из потенциальных потребителей, поскольку смена поставщика может быть связана с различными дополнительными затратами вследствие изменения характеристик потребляемого угля и т. п. К тому же проблема освоения, например, нового месторождения или строительства новой шахты оказывается, во-первых, существенно целочисленной, во-вторых, структурообразующей и, в-третьих, нелинейной. В самом деле, вовлечение в хозяйственный оборот нового месторождения означает сдвиг как объема производства, так и его структурных характеристик. Но основная внутренняя для концепции оптимального функционирования трудность состоит в том, что, прежде чем новое производственное подразделение вступит в строй действующих, необходимы затраты, не дающие длительное время никакой отдачи. Этот ненулевой начальный уровень капитальных затрат приводит к возникновению принципиально невыпуклой задачи развития и размещения производства. Указанная невыпуклость обычно замечается в работах по оптимизационному подходу, это свойство не эксплицируется исследователями из экономических предпосылок постановки задачи.

Принципиальная невыпуклость количественных описаний реальных хозяйственных процессов всех уровней имеет фундаментальное значение, и ниже нам придется вернуться вновь к этой проблеме (ее подробный и убедительный анализ для ряда хозяйственных ситуаций дан А. Б. Залесским [8, 9]). Изложенные аргументы, очевидно, сохраняют силу (с теми или иными непринципиальными модификациями) и в случае оставшихся четырех свойств оптимального плана. Поэтому ограничимся относительно кратким комментарием, обращаясь к ним в порядке, обратном перечислению.

Норматив эффективности капитальных вложений как инструмент сравнительной оценки малых мероприятий (апостериорно по отношению к оптимальному плану) вполне правомерно может быть применен лишь в случае, когда сопоставляемые мероприятия «выравнены по эффекту». Но это условие удовлетворяется лишь в относительно редких случаях; в реальности приходится сопоставлять мероприятия (даже если они относятся к одному хозяйственному звену микроуровня), различающиеся по трудносопоставимым и соизмеримым компонентам эффекта (например, лучшие экологические характеристики, но более высокие затраты труда; лучшие условия труда, но более высокая капиталоемкость и т. д.). Распространенные рекомендации относительно способов принятия решений в подобных ситуациях на базе экспертных оценок ни в какой степени не проливают свет на теоретическую проблему, возникшую в рамках оптимизационного подхода. На наш взгляд, именно принципиальная невозможность измерить все компоненты эффекта в денежном выражении и тем самым соизмерить их, свести к единому показателю (напомним, что речь идет об инвестиционных мероприятиях, результаты которых всегда имеют долгосрочный и разнокачественный характер) является постоянным и неустранимым источником предложений относительно дифференциации норматива эффективности капитальных вложений по отраслям, регионам, производимым продуктам, затрачиваемым ресурсам и т. д. и т. п. Эти предложения стимулируются стремлением решить проблему несоизмеримости компонентов эффекта косвенным образом, выделив области хозяйственной деятельности с доминированием тех или иных из подобных компонентов, чтобы затем экспертным путем ранжировать их по значимости и на таком основании дифференцировать норматив. Подобные попытки, на наш взгляд, столь же безосновательны, как и претензии выразить все составляющие эффекта одним числом, включив его в каль-

куляцию индивидуальной эффективности мероприятия для сравнения с нормативом.

Анализ дифференциации дохода от производства, происходящей вследствие различий в физических условиях хозяйствования, весьма важен как инструмент для объяснения и интерпретации результатов хозяйственной деятельности, в частности многих явлений в сфере распределения. Однако количественные оценки рентного типа, ориентированные на будущие условия хозяйствования с целью использования в планировании и принятии решений в современных условиях, не могут быть однозначными. Источник их вариантности — все та же невыпуклость, которая, в свою очередь, предопределяется факторами слабой взаимозаменяемости, казалось бы, однородного сырья, добываемого в различных месторождениях, географической дифференциацией, растущей индустриализацией сельского хозяйства и его все более интенсивными связями с отраслями промышленности, причем существенно различными в зависимости от природно-климатических ареалов и т. п. Поэтому механизм полного изъятия всех рентных платежей, даже если они определены соответственно оптимальному на некоторый момент плану, в перспективе может иметь сильное дезориентирующее воздействие на локальные хозяйственные объекты; тем более это относится к таким рентным отчислениям, нормы которых определены апостериорно реальному, не оптимальному плану.

Вряд ли требует особого комментария тезис о равенстве замыкающих затрат производства замыкающему эффекту в сфере потребления. Исчислимость и устойчивость того и другого показателей для дезагрегированных позиций номенклатуры весьма сомнительны, как с полной очевидностью следует из предшествующих рассуждений. Что же касается агрегатов, то по отношению к ним как объекту принятия решений подобные показатели и основанные на их сопоставлениях критерии вряд ли нужны.

Маргинальное истолкование цены является наиболее общим из всех рассматриваемых нами свойств. Поэтому его критика не может апеллировать к неправомерности отделения какой-нибудь части оптимально функционирующей системы и распространением на нее свойств оптимального функционирования при том, что оставшаяся часть заведомо функционирует неоптимально. Не будут убедительными в данном случае и аргументы, основанные на анализе уровня агрегирования продуктов, отдельных составляющих затрат или эффекта и т. п., поскольку, будучи отнесенным к наи-

высшему уровню общности теории оптимального функционирования, этот тезис исходит из возможности согласования всех частных аспектов, гармонизации интересов различных элементов системы и т. п. И хотя критике маргинального истолкования цены (с различных точек зрения и в разных аспектах) посвящена обширнейшая литература, здесь представляется уместным остановиться лишь на одном моменте. А именно отождествление цены продукта с приращением критерия оптимальности, обеспечиваемым дополнительной единицей этого продукта, без всяких оговорок исходит из существования и, более того, количественной экспликации критерия оптимальности. Но именно это положение представляется весьма сомнительным. Не касаясь представляющихся нам принципиальными и неоднократно анализировавшихся трудностей измерения отдельных характеристик экономической деятельности и социального поведения, без которых невозможно построение критерия, соизмерения таких характеристик между собой и их значений, относящихся к различным моментам времени, согласования интересов различных ячеек социально-экономической системы и т. п., отметим, что никто из сторонников теории оптимального функционирования не настаивает на возможности исчисления критерия оптимальности уже сейчас. Более того, никто не претендует не только на построение такого критерия, который можно было бы использовать при выборе плановых решений, но хотя бы такого, который отражает предпочтения за уже истекший период, т. е. критерия ретроспективного. Высказывается лишь предположение, что критерий можно будет построить со временем, постепенно уточняя его количественное выражение. На наш взгляд, в таком предположении заключено внутреннее противоречие.

Дело в том, что, совершенствуя количественное описание критерия, можно достичь продвижения, лишь если речь идет о каком-то пройденном моменте. Но реальная система изменяется, развивается, появляются все новые аспекты ее деятельности, учет которых должен найти отражение и в критерии, если предполагать, что его построение вообще возможно. Но для того чтобы совершенствование критерия не отставало от развития системы, необходимо, чтобы познание социально-экономической реальности происходило более быстрыми темпами, чем само ее развитие. Прекрасно понимая некорректность количественных сопоставлений, которые подразумеваются этим утверждением, мы приводим его лишь постольку, поскольку оно представляется нам логически вытекающим из гипотезы о возможности все более точного

отражения критерием цели реальной развивающейся системы. И если на мгновение допустить возможность соизмерения темпов совершенствования познания системы и темпов ее собственного развития, то опережение первыми вторых антиномично в такой же мере, как преобладание части над органичным целым.

Таким образом, вменение реальной экономике свойств оптимально функционирующей хозяйственной системы вряд ли приведет к продвижению в направлении оптимума. Реализация подобных предложений сопряжена либо с внедрением новых компонентов в финансово-ценовой механизм с целью их использования в процедурах планирования и текущей деятельности хозяйственных единиц (рентные платежи), либо с активизацией применения уже употребляемых нормативов длительного действия (норматив эффективности капитальных вложений), либо с изменением процедур калькуляции цен [4].

Можем ли мы сейчас определить оптимальные значения всех этих параметров управления хозяйством? Очевидно, ровно в такой же степени, в какой мы в состоянии оптимизировать натуральные показатели плана. Поэтому предлагается рассчитывать упомянутые параметры не оптимизацией, а в соответствии с реальным и заведомо неоптимальным планом, соотнося с ним их значения так, как если бы план был наилучшим. Но в таком случае надеяться на продвижение к оптимуму можно лишь тогда, когда система обладает свойствами, аналогичными тем, которые являются достаточными для глобальной сходимости градиентных методов. Конечно, речь идет лишь о сравнении с точным математическим результатом, строгая формулировка здесь просто невозможна. Однако как раз подобные свойства (выпуклость и т. п.) и нехарактерны для реального хозяйства, социально-экономической системы — и в целом, и в отдельных звеньях. Тем не менее вполне возможно, что аналогия с градиентным спуском (последовательность «малых» шагов, построенная так, чтобы геометрические свойства оптимизируемой функции использовались для придания процессу инерционности, которая обеспечивает неограниченное приближение к локальному экстремуму; но будет ли он глобальным — зависит не от процесса, а от функции) подсказа-

[4] Конечно, совершенствование ценообразования или других звеньев финансово-ценового механизма необходимо; заметим только, что совершенствование не обязательно представляет собой однонаправленное движение к предустановленному и количественно описанному оптимуму.

ла идею вменения реальной экономике свойств оптимального плана как пути к достижению оптимального состояния [5].

Если рассмотренный «обходной» путь к оптимуму дает основания для серьезных методологических возражений, то следует все же вернуться к анализу «прямого» пути — составлению и непосредственной реализации оптимального плана. Естественно, каждое свойство реальной экономики, препятствующее успешному осуществлению идеи вменения, так или иначе осложнит и задачу составления оптимального плана. Мы не будем касаться этих вопросов — предположим, что оптимальный план составлен; обратимся к проблеме его реализации.

В исследованиях по теории оптимального функционирования неоднократно изучался вопрос, что делать при возникновении тех или иных непредвиденных обстоятельств, способных изменить условия реализации оптимального плана. Обычно отвечают, что если изменения малы, то можно обойтись корректировками плана на базе постоптимизационного анализа, если же они значительны, то оптимальный план необходимо составить заново. Заметим, что второй случай приводит к задаче *достижения* режима оптимального функционирования, потому что даже если система находилась в этом режиме до происшедших изменений, они вывели ее из этого режима [6]. Возможен ли плавный переход на новый режим оптимального функционирования? Как быть с теми производственными процессами, которые к моменту переключения остались незавершенными и часть которых завершена быть не может из-за выпадения в технологической цепи существенного звена? Эти ситуации описываются невыпуклыми модельными конструкциями, что не дает оснований к использованию соответствующих свойств оптимального плана.

Но, возможно, не стоит так настойчиво углубляться в вопросы плановой номенклатуры, а целесообразно согласиться с необходимостью создания весьма разнообразной структуры отношений между производителями и потребите-

---

[5] Продолжая аналогию с градиентным спуском, отметим, что для процесса, индуцируемого в экономике таким изменением, вряд ли можно надеяться и на локальную сходимость: он, скорее всего, будет неустойчив из-за больших ошибок при определении соответствующих параметров.

[6] Такие изменения могут быть как фактами, свершившимися в материальной сфере, так и прогнозируемыми событиями, пусть даже с вероятностью меньше 100%. В случае прогноза изменение происходит в информации, а не в материальной сфере, что несущественно в методологическом аспекте оптимизационного подхода.

лями? (Такие рекомендации обычно даются на случай малых изменений в условиях реализации плана, но иногда предлагаются и в иных ситуациях). Пусть эта структура допускает и прямые связи, и отношения через каких-либо посредников, например, организации материально-технического снабжения. В непредвиденной ситуации в таком случае следует обратиться к другой категории поставки... Оставим в этот момент изложение обыденных для рационально организованного хозяйства снабженческих процедур. Обратим лишь внимание на запасы как на еще один источник невыпуклости в плановых расчетах. Теперь появляются разные возможности получения сырья, полуфабрикатов, комплектующих изделий и т. п. При реализации одних большие начальные затраты обеспечивают меньшие издержки, пропорциональные объему поставки, при осуществлении других имеет место обратная ситуация, а иной раз оба вида затрат выше, но зато обеспечивается значительное сокращение времени поставки.

Подобные примеры, имманентные экономической реальности и неизбежно ведущие к возникновению невыпуклостей, разрывных зависимостей, нелинейностей самого неприятного свойства, можно приводить из весьма разнообразных областей. Сам факт неизбежности возникновения таких задач оказывается для оптимизационного подхода, пожалуй, наиболее серьезной внутренней проблемой, ибо сколько-нибудь операциональных общих методов решения невыпуклых оптимальных задач не существует и, скорее всего, в принципе существовать не может.

Особенно важно то, что, возникая на всех уровнях народнохозяйственной структуры, невыпуклые задачи имеют «масштаб» невыпуклости, всякий раз соответствующий тому уровню, на котором он наблюдается. Из-за этого обстоятельства оказываются беспочвенными надежды на «сглаживание» неправильностей в описании отдельных локальных элементов, подобно тому явлению, которое установлено в моделях неатомических игр (при континууме участников с «неправильными» платежными функциями и стратегическими множествами игра все же сохраняет регулярные свойства). Подчеркнем также, что дело не только в отсутствии общих методов решения невыпуклых задач, но и в том, что эти задачи не обладают свойствами, которые объявляются базовыми при описании режима оптимального функционирования.

И все же именно невыпуклость оказывается тем свойством реальных процессов, благодаря которому обеспечивает-

ся устойчивость существующих экономических структур и, кроме того, создаются побудительные мотивы к их модификации и образованию новых. Появление и преодоление «невыпуклостей» в реальной хозяйственной жизни оказываются на деле одним из важнейших факторов, определяющих долгосрочные свойства всей хозяйственной системы. Однако в рамки оптимизационного подхода учет этого фактора никак не укладывается.

Очевидным образом возникает и еще одно непреодолимое препятствие, имеющее на первый взгляд чисто техническую природу. Речь идет о неизбежной потребности разрабатывать весьма крупные проекты, реализация которых способна существенным образом изменить структуру хозяйства. Даже если предположить, что задача реализации уже созданного проекта может быть разрешена, остается совершенно неясным, каким образом, следуя методике количественного анализа в рамках теории оптимального функционирования экономики, можно осуществить выбор конкретного варианта из огромного множества существенно дискретных альтернатив [7], включающего, в частности, выбор технологии, размещения объектов, распределения объемов производства, структуры подчинения и т. д. и т. п.

Рассмотренные аргументы приводят к выводу о невозможности организации реальной хозяйственной жизни, не выходя за рамки оптимально функционирующей системы. Хозяйство покинет режим оптимального функционирования даже в том случае, если в какой-то момент его удалось достичь.

Итак, свойства оптимально функционирующей системы представляются нам базирующимися на недостаточно прочном методологическом фундаменте, а само состояние оптимального функционирования — сугубо неустойчивым даже в том случае, если оно достижимо. Очевидно, к этим свойствам необходимо предъявлять теперь гораздо более жесткие требования, чтобы искусственное их внедрение в реальную хозяйственную практику продолжало представлять хотя бы какой-то смысл. В частности, необходимо, чтобы система в результате такого внедрения не столько испытывала стимулирующее воздействие состояния оптимального функцио-

---

[7] Ссылка на то, что в нынешних условиях рассматривается мало альтернативных вариантов, не меняет дела: оптимизационный подход обещает обеспечить анализ если не всех мыслимых вариантов, то по крайней мере существенно расширенного их множества. Иначе и быть не может: узкая информационная основа не совместима с представлениями о «подлинной» оптимальности.

нирования (впрочем, это вряд ли вообще нужно, так как система не может в таком состоянии оставаться, не говоря уже о том, что вряд ли удастся описать подобное состояние в терминах, имеющих надежные аналоги в реальности), сколько сохраняла способность к целесообразному или в чем-то рациональному («ограниченно рациональному» по Г. Саймону) существованию и развитию под воздействием таких мер. Привести аргументы, способные убедить в том, что перечисленные выше свойства, будучи «внедрены в жизнь», содействуют такому функционированию системы, нелегко. Дополнительные аргументы противоположного характера приводятся ниже.

СОПОСТАВЛЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ПОДХОДОВ К КОМПЛЕКСНОМУ АНАЛИЗУ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ И МЕТАПОДХОД

Хотя оптимизационному подходу были посвящены все предыдущие разделы статьи, мы вновь обратимся к его обсуждению, но теперь уже с более общих методологических позиций, обеспечивающих возможность анализа альтернативных подходов. При этом оптимизационный подход будем понимать расширительно, включая сюда балансовые и равновесные идеи.

Важная особенность оптимизационного подхода, в силу которой цель экономической деятельности задается извне и может быть записана в количественной форме через параметры объекта управления, содержит в себе серьезное методологическое противоречие. Не имея никаких оснований соглашаться с такой интерпретацией оптимизационного подхода, при которой объект моделирования и модель в известной степени отождествляются (ставшее крылатым выражение «система моделирует себя»), мы вынуждены утверждать, что объект в рамках оптимизационного подхода допускает количественное (формальное) описание, обладающее определенной степенью адекватности. На этом обычно фразу обрывают, хотя вопрос об адекватности модели объекту (прообразу) не может ставиться в отрыве от цели, для достижения которой модель конструируется. Отсутствие расшифровки здесь не случайно: дело в том, что любая конкретизация «адекватности» чревата возражениями по существу. Однако достаточно абстрактная и общая интерпретация этого термина неприемлема, так как подрывает основы самого подхода. Здесь невозможно говорить об адекватности в соответ-

ствии с целью исследования, как обычно поступают при моделировании, ибо цель «исследования» тут же приходит в противоречие с целью управления. Возникает весьма сложная по своей постановке задача, которая фактически недоступна оптимизационному направлению: преследуя определенную исследовательскую цель, мы строим такую модель реальности, которой свойственна собственная внутримодельная цель. Ответить на вопрос о том, каким образом обе эти цели согласуются друг с другом, будет очень трудно.

В узких рамках методологии, разработанной оптимизационным подходом, невозможно совместить поиск наилучшего решения (или оптимального управления) с признанием принципиальной ограниченности отражения реальности моделью. Любая, даже самая тонкая и изощренная постановка, где указанное противоречие будет как бы разрешаться, на деле приведет к еще более серьезным и очевидным новым противоречиям.

Наконец, нужно уяснить, каковы возможности оптимизационного подхода к решению долгосрочных задач, затрагивающих коренные изменения всех экономических и многих социальных структур. Ясно, что эти возможности невелики, так как наилучшее решение отыскивается, во-первых, для некоторой фиксированной модельной структуры, а во-вторых, при весьма условно выбранной размерности модельного образа по сравнению с размерностью исходной системы.

Как мы видим, оптимизационный подход имеет довольно узкие границы. Можно возразить, что чем ограниченнее подход, тем более он конструктивен. Однако такое утверждение верно по отношению к теории, но не к подходу. В рамках достаточно конкретизированной или, точнее, обладающей достаточно богатой и разветвленной аксиоматикой теории можно получить больше результатов, чем в теории, полученной из нее путем отказа от ряда аксиом [8]. Но богатство теоретических выводов вовсе не гарантирует успешности их применения для достижения практических результатов, что необходимо для признания подхода конструктивным.

Уже давно высказывалось мнение, что оптимизация лишь тогда обретает подлинную ценность, когда очерчивается круг практических задач, лучше всего решаемых с ее помощью. Такой круг имеется: это конкретные локальные задачи, типовые по своему характеру и возникающие в усло-

[8] В таких рассуждениях каждая аксиома существует для нас не в качестве неистребимого утверждения, а может или участвовать в создании теории, или не участвовать, или продуцировать для этой цели противоположное или альтернативное утверждение.

виях, поддающихся точному описанию, т. е. «микроэкономические» по своей сути. Но как же в таком случае быть с народнохозяйственными — «макроэкономическими» — задачами?

С точки зрения многих экономистов-теоретиков, заслуживающая признания теория должна давать единое объяснение процессов, происходящих на микро- и макроуровне (см., напр., [12, с. 116—122]). Не будем здесь обсуждать вопрос о правомерности подобного требования к экономическим теориям. Заметим лишь, что оптимизационным подходом это требование было переадресовано практике, связанной с применением теоретических положений, и различие между теорией и практикой как бы исчезло. На первый план выдвинулись задачи формирования оптимальных народнохозяйственных решений из решений локального характера, управления деятельностью отдельных хозяйственных единиц с народнохозяйственного уровня и проблемы взаимодействия при решении этих задач. Именно названным вопросам придавалось и придается до сих пор первостепенное значение в уверенности, что подобные исследования увенчаются практическим внедрением.

Вместе с тем обнаружилось, что попытки оптимизации на макроуровне наталкиваются на непреодолимые препятствия, не позволяющие, в частности, сколько-нибудь очертить область допустимых планов. Прежде всего сказывается инерционность реальной экономики: принимаемые текущие решения в большинстве своем оказываются предопределенными. Такая предопределенность — результат существования ранее созданных хозяйственных структур, которые стремятся продолжать свою деятельность и расширять ее — в существенной степени независимо от того, насколько такое решение «эффективно» с любой «внешней» точки зрения. В итоге обнаруживает свою практическую несостоятельность один из базовых для оптимизационного подхода тезисов — о необходимости прекращения функционирования неэффективных структур независимо от объема средств, затраченных на их создание. Структуры, получившие жизнь, становятся полноправными участниками всех реальных процессов, и любая их перестройка немыслима без их активного участия.

Подобные рассуждения и примеры можно продолжать и дальше. В частности, принимаемое решение, как правило, оказывается недопустимым для первоначально сформулированных условий. Отношения между различными структурными уровнями неизбежно являются ориентированными,

и различные по направлению реакции происходят как бы в разных плоскостях — это только одно из серьезных препятствий для построения моделей межуровиевых взаимодействий. Даже классическая проблема размещения новых предприятий, строго говоря, не поддается описанию на языке предложенных для ее решения оптимизационных моделей, ибо и с чисто формальной точки зрения ее решение не обладает тем свойством, что оптимальное размещение $m + n$ объектов может быть получено путем последовательного оптимального размещения сначала m объектов, а затем дополнительно тоже оптимального размещения n объектов.

Если в предыдущем разделе мы отмечали не просто сложность, но внутреннюю противоречивость проблемы построения критерия оптимизации на народнохозяйственном уровне, то сейчас речь шла о трудностях описания множества альтернатив выбора (см. также [4]). Невозможно представить себе реализованными все те многочисленные «если», которыми следовало бы сопровождать гипотезу о существовании, тем более конструктивном представлении набора сравниваемых между собой планов. Допустим, однако, что нечто подобное все же произошло; тогда, как представляется, нет оснований полагать, что достигшая такого уровня самоизмерения, самоконтроля и самоуправления хозяйственная система станет придавать сколько-нибудь серьезное значение примитивной процедуре сопоставления альтернативных вариантов по одномерному критерию. Ведь весь арсенал средств, необходимых для такого сопоставления, неизмеримо богаче самой проблемы, ради решения которой эти средства пришлось бы создать.

Важно подчеркнуть, что как бы ни развивались человеко-машинные диалоговые процедуры решения задач оптимизационного типа, в частности многокритериальной оптимизации, переопределенных систем неравенств и т. п., это не ослабит аргументов против реализуемости оптимизационного подхода на макроуровне, а в действительно сложных случаях — и на микроуровне. Дело в том, что упомянутые средства обеспечивают возможность использовать оптимизационные методы как частный (хотя и важный) компонент процессов решения неоптимизационных задач. Здесь мы не имеем в виду различные возможные обобщения понятия оптимума, оптимизационной модели. Вместе с выходом за рамки классической оптимизационной схемы утрачиваются те свойства моделей, которые лежат в основе оптимизационного подхода, вселяют надежду на широкую осуществимость многоуровневых схем оптимизации, подсказывают идею конст-

туирующего воздействия принципа оптимума на формирование социалистических производственных отношений.

Вероятно, придется признать: оптимизации поддается лишь то, что делается регулярно (а не один раз) при сходных условиях, либо то, относительно чего имеется достаточно полная (по существу, а не по форме, не по количеству показателей и объему данных) информация или же вполне ясное теоретическое представление. Что же касается решений относительно уникальных объектов, то здесь оптимизация неприменима (разве что как сугубо вспомогательное средство при анализе); нельзя даже предложить удовлетворительную дефиницию, какое решение принимать за оптимальное, так что не существует и процедуры (тем более строгого алгоритма), которая для каждого данного варианта решения определяла бы, оптимальный он или нет. Сказанное вовсе не означает, что область применения оптимизационных методов узка; наоборот, она чрезвычайно широка, как и отмечалось уже во втором разделе, и ограниченность подхода этому не помеха.

Наконец, независимо от того, насколько обоснованна возможность практической реализации общих построений оптимизационного подхода, следует признать их теоретическое значение. Во-первых, они образуют достаточно полную систему теоретических взглядов на функционирование социалистического хозяйства и допускают дальнейшее развитие. Во-вторых, на принципиально новый уровень переносятся требования, предъявляемые к строгости конкретной экономической теории. В-третьих, формулируются операциональные по своему характеру рекомендации по решению целого класса задач локального уровня. Наконец, в силу строгости анализа теория оптимального функционирования способствует формированию предпосылок для развития метаподхода (этот вопрос рассматривается далее).

В последние годы выдвинуто немало предложений по совершенствованию управления народным хозяйством, которые — с методологической точки зрения — можно отнести к *подходу с позиций хозяйственного механизма*. В его основу положена идея автоматического протекания ряда экономических процессов, которая иной раз противопоставляется концепции сквозного директивного планирования на базе агрегированных показателей. Подобный подход выглядит весьма привлекательным, поскольку при знакомстве с ним возникает ощущение работающей системы, сконструированной с учетом объективных закономерностей. Главное здесь — стремление, во-первых, предоставить каждому участнику

экономической деятельности максимальные возможности для проявления хозяйственной инициативы, во-вторых, максимально ограничить субъективные факторы в формировании народнохозяйственных оценок результатов подобной деятельности. Если в первом из этих аспектов подход с позиций хозяйственного механизма, скорее, противопоставляется оптимизационному, то во втором смыкается с ним. Несомненно, что исследования, выполненные в рамках этого подхода, содействовали расширению парадигмы комплексного анализа социально-экономических процессов, тем не менее необходимо обратить внимание на его методологическую ограниченность, а также на рискованность попыток практического применения вытекающих из него рекомендаций.

Последовательная реализация принципов хозяйственного механизма на практике, в частности расширительное толкование идеи хозрасчета, предоставление наиболее «эффективным» предприятиям преимущественных возможностей для осуществления новых капитальных вложений и организации структурных подразделений, поощрение спонтанных процессов слияния и деления разнообразных экономических единиц — все это, во-первых, чревато серьезными социальными последствиями, среди которых не последнюю роль играет узаконение и закрепление материального расслоения в обществе, во-вторых, означало бы выбор практически единственной из множества альтернативных стратегий долгосрочного развития — «стратегии сравнительных издержек» [3, 5, 11]. В итоге долгосрочные цели развития получают только такое выражение в текущих решениях, которое отвечает сегодняшним представлениям об эффективности, а на деле отражает лишь существующую структуру хозяйства. Другими словами, хозяйству предлагается расширяться (или «интенсифицироваться») в каждый момент в тех направлениях, которые представляются наиболее эффективными «изнутри» существующей экономической структуры.

Кроме двух рассмотренных, имеется еще по крайней мере один подход к проблеме совершенствования системы управления народным хозяйством, а именно основанный на уже упоминавшейся концепции иерархического планирования на базе сквозных агрегированных показателей. Не будем обсуждать вопрос о том, в какой степени этот подход теоретически обоснован, самостоятелен и в чем он соприкасается с обсуждавшимися подходами или отталкивается от них. Сошлемся лишь на работы [6, 7], где содержится его достаточно подробная критика.

Пожалуй, наиболее слабое место всех трех подходов обнаруживается при обращении к воспроизводственному аспекту экономического развития, к проблемам долгосрочного управления народным хозяйством. Именно эти вопросы, по-видимому, и являются отправным пунктом для поиска позитива, который не обязательно должен быть новым подходом, строго альтернативным предыдущим.

Итак, экономический механизм, оптимизация на основе математических построений или планирование посредством сквозных показателей недостаточны для долгосрочного управления народным хозяйством. Такое управление можно осуществить только с помощью социального механизма, который регламентирует процессы формирования новых хозяйственных и институциональных структур. Что же касается текущего функционирования системы, то оно в основном должно протекать автоматически, в соответствии с действием хозяйственного механизма, который призван обеспечивать реакцию системы на импульсы, поступающие как бы извне.

Последствия реализации определенного хозяйственного механизма непременно являются социальными. Если хозяйственный механизм не выбран, т. е. не оформлен сознательно, это не означает, что он отсутствует, а потому не продуцирует социальных последствий. Более того, имея тенденцию складываться стихийно, такой механизм вызывает специфически направленную активность социума, формирует условия для собственного воспроизведения, расширения и закрепления в экономических структурах.

Экономическая жизнь немыслима без экономических оценок большинства объектов, вовлеченных в хозяйственный оборот. Но, однажды появившись, такие оценки приобретают роль символов, которыми подчас в ряде обыденных ситуаций начинают дорожить более, чем самими объектами, получившими отражение в этих символах. У них возникает своя жизнь, а способ их формирования, равно как и воздействия на протекающие в хозяйстве процессы, оказывается исключительно важным фактором развития всей системы.

Таким образом, необходимо сделать несколько важных для нас выводов. Во-первых, долгосрочное управление не может быть функцией автоматически действующего хозяйственного механизма. Во-вторых, хозяйственный механизм — необходимое средство разрешения текущих противоречий в экономике. В-третьих, выбор хозяйственного механизма сопровождается долгосрочными последствиями социального характера. В-четвертых, формирование стратегии

долгосрочного развития — функция социального механизма.

Эти положения, вполне ясные в политико-экономическом аспекте, на современном этапе развития нашего общества нуждаются в системной конструктивной конкретизации — таковы требования управления народным хозяйством развитого социализма. Решение данной задачи предполагает как частный момент мобилизацию всех средств экономико-математического моделирования, системного анализа социально-экономических процессов, экономической кибернетики. На наш взгляд, необходимо формирование *метаподхода*, в рамках которого определились бы место и роль названных средств в решении проблем социально-экономического управления в соответствии со спецификой проблемных ситуаций, свойствами сформировавшей их реальности. Отметим, что оправданием приставки *мета* в данном контексте является уже то, что метаподход должен быть ориентирован, в частности, на анализ отношения рассмотренных здесь подходов (прежде всего оптимизационного — в силу несомненно высокого теоретического уровня его разработанности) и реальной экономики. При его развитии важны свобода в выборе методов анализа и априорный отказ от абсолютизации каких бы то ни было из них.

Метаподход в первую очередь должен обратиться к проблеме отражения в экономическом анализе процессов развития. Любая экономическая акция не ограничена своим воздействием на экономические объекты. Экономика — открытая система, имеющая выходы в более широкие системы, каковыми являются социальные отношения и природа. Экономическая деятельность, опираясь на природу, создает в ней антропогенную среду; она же, снабжая социальную среду материально, пробуждает в ней силы, которые активным образом влияют на изменение экономических структур. Поэтому воспроизводственные структуры — основной объект внимания метаподхода. Политика в отношении воспроизводственных структур и есть стратегия долгосрочного развития экономики. Понятие воспроизводственной структуры, не определимое однозначно, будет нести различную нагрузку при разных углах зрения на народное хозяйство и образующие его подсистемы.

При решении проблем управления развитием предстоит, во-первых, суметь отграничить и конкретизировать задачу, обеспечив сохранение такой целостности рассматриваемого объекта, при которой забота о воспроизведении им себя

самого оказывается имманентной его существованию [9], во-вторых, выбрать достаточно отдаленную перспективу, с тем чтобы процессы воспроизводства и развития приобрели вполне реальные контуры, в-третьих, описать ситуацию так, чтобы выявить наиболее острые структурные проблемы развития с учетом двух предыдущих требований, в-четвертых, учесть воздействие на характер воспроизводства и развития со стороны окружающей среды (стремление по возможности выполнить эти требования направляло, в частности, работы [1, 2]).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вертман А. А., Данилов-Данильян В. И., Рывкин А. А.* Стратегия освоения необжитых районов.— Экономика и мат. методы, 1981, т. 17, вып. 5, с. 890—911.
2. *Вертман А. А., Данилов-Данильян В. И., Рывкин А. А.* Продовольственный комплекс: воспроизводственный аспект.— Экономика и мат. методы, 1983, т. 19, вып. 1, с. 28—46.
3. *Гвишиани Д. М.* Методологические проблемы изучения глобальных процессов.— Экономика и мат. методы, 1979, т. 15, вып. 2, с. 233—241.
4. *Данилов-Данильян В. И.* Методологические аспекты теории социально-экономического оптимума.— Экономика и мат. методы, 1980, т. 16, вып. 1, с. 146—164.
5. *Данилов-Данильян В. И., Рывкин А. А.* Глобальное моделирование.— В кн.: Экономическая энциклопедия. Политическая экономия. М.: Сов. энцикл., 1980, т. 4, с. 613—618.
6. *Данилов-Данильян В. И., Рывкин А. А.* О методологических принципах совершенствования управления народным хозяйством.— Экономика и мат. методы, 1980, т. 16, вып. 4, с. 642—659.
7. *Данилов-Данильян В. И., Рывкин А. А.* Прогнозирование и планирование.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл.: Ежегодник, 1981. М.: Наука, 1981, с. 39—59.
8. *Залесский А. Б.* Невыпуклость допустимых областей и оптимизация хозяйственных решений.— Экономика и мат. методы, 1980, т. 16, вып. 6, с. 1069—1080.
9. *Залесский А. Б.* Об оптимальных оценках при невыпуклости допустимых областей решения.— Экономика и мат. методы, 1981, т. 17, вып. 4, с. 651—666.
10. *Петраков Н. Я.* Кибернетические аспекты управления экономикой. М.: Наука, 1974. 161 с.
11. *Рывкин А. А., Амиров И. Ш., Лопухин В. М.* О проекте «Будущее мировой экономики».— Экономика и мат. методы, 1979, т. 15, вып. 2, с. 262—276.
12. *Фельс Э., Тинтнер Г.* Методы экономических исследований. М.: Прогресс, 1971. 152 с.

[9] Если такого результата не удается достичь для некоторого конкретного структурного образования, то с долгосрочной точки зрения его следует признать искусственным, а с точки зрения управления необходимо включить в более крупное образование, где удается поставить и решить соответствующие вопросы.

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ СВОБОДНОГО ВЫБОРА

Н. Ф. НАУМОВА

Одна из самых сложных областей системных исследований — описание поведения систем, элементы которых осуществляют индивидуальное целеполагание. В первую очередь это относится к анализу функционирования социально-экономических систем как результата деятельности человека.

Анализ целеполагания как элемента человеческой деятельности имеет несогласованный исследовательский статус. С одной стороны, очевидна социально-практическая и теоретическая важность этой проблемы. С другой стороны, эта область практически не имеет самостоятельных теоретико-методологических подходов, существующие здесь направления воспроизводят, как правило, логику других элементов человеческого поведения. В связи с этим анализ целеполагания как элемента человеческой деятельности остается актуальным направлением, требующим новых подходов.

Особенности целеполагания человека определены особенностями его родового способа существования — преобразующего, деятельного отношения к миру. Эта позиция активности предполагает, что в человеческом поведении особую роль приобретает «детерминация будущим», сознательно поставленные ориентиры действия. Они позволяют строить оптимизацию взаимодействия со средой на изменении последней в нужном направлении, на создании необходимых культурных, социальных и технических средств. Меняя в процессе общественно-исторической практики внешние — социальные и природные — условия, человек изменяет себя, свои способности и потребности, создает предпосылки для постановки новых целей и замыкает тем самым цепь причинных и телеологических зависимостей.

В то же время преобразующий, целеполагающий способ существования принципиально усложняет взаимодействие человека со средой на индивидуальном уровне, делая невозможным реактивное, адаптивное поведение. Количественная, качественная и структурная сложность мира человека и его

собственных потенций требует сложных форм индивидуального поведения и целеполагания.

Необходимость таких форм тесно связана с тем, что индивидуальное существование и деятельность осуществляются в условиях экзистенциальной неопределенности. С одной стороны, действуют принципиальные ограничения на определение и формулирование индивидом своих предпочтений (мотивов, потребностей, установок, ценностей, интересов и т. д.), связанные с его родовой природой: 1) открытость человека миру, его способность превращать «внешнее» во «внутреннее», делающая различение этих двух параметров (а значит, и оценку «подлинности» предпочтений) относительным; 2) предметность человеческой деятельности, способность следовать логике предмета (а не собственных нужд) не только в познании, но и в мотивации, оценивании, восприятии; 3) потенциальность, несводимость к наличным определениям («человек есть то, чем он может стать»); 4) напряженность существования, принадлежность к различным, не имеющим общих определений мирам: природе и обществу, материи и духу, конечности и бесконечности и т. д.; 5) существование неосознанных уровней мотивации, потребностей, оценок и т. д. С другой стороны, постоянно действуют ограничения и на правильность оценки индивидом объективных условий, эффективности средств и возможных результатов своей деятельности. Это также связано в первую очередь с его родовой, общественной природой. Последствия социальной (не технической) деятельности человека являются результатом взаимовлияния многих социальных действий [4, с. 395], и чем сложнее общество, т. е. система общественных отношений, тем труднее индивиду предвидеть результат такого взаимовлияния. Кроме того, общественный характер удовлетворения потребностей человека означает, что социальные предметы многофункциональны по отношению к ним, и каждая из этих потребностей, в свою очередь, может быть удовлетворена с помощью различных социальных объектов. Следовательно, однозначной логической или мотивационной связи между индивидуальной потребностью как внутренним состоянием и социальным и предметами как средством ее удовлетворения не существует.

Очевидно, что в ситуации такого рода неопределенностей имеет смысл и разумна не всякая стратегия целеполагания; но и среди осмысленных стратегий в принципе возможны разные. Мы имеем в виду не неповторимые жизненные стили конкретных индивидов, а некоторые исторически выраба-

танные механизмы индивидуального поведения, проверенные и отточенные родовым, культурным и социальным опытом человека.

Эти механизмы и стратегии получили отражение в науке и философии. Например, философия экзистенциализма определяет уместную в этих условиях «экстремистскую» стратегию как стратегию иррационального, не подвластного разуму выбора, как акта воли, который осуществляется спонтанно, иррефлективно. Для психологии стратегия целеполагания в условиях неопределенности прежде всего связана с формированием индивидуальной психологической гибкости. Она обеспечивает адаптивную независимость от изменений среды, позволяя человеку быстро и эффективно корректировать свои планы и задачи с учетом изменений или прояснения внешних и внутренних обстоятельств. В рамках такой стратегии сопротивление любому внутреннему изменению является нерациональным. В пределе гибкость человека — это отсутствие любых устойчивых определений его личности, кроме чистой потенции к адекватному восприятию и реакции на ситуацию. Наиболее интенсивно проблема целеполагания в условиях неопределенности разрабатывается в рамках управленческих дисциплин — как рационализированный, логический процесс, «принятие решений». Ограничения такого исследовательского подхода были рассмотрены нами ранее [19]. Здесь отметим лишь, что, подчиняя действия человека логическому автоматизму, стратегия «принятия решения» отбрасывает невыбранные альтернативы, приводит к сужению их спектра (которое не всегда компенсируется внешним их расширением [1]), следовательно, делает каждый следующий шаг внутренне все более вынужденным, автоматическим, все менее рациональным и успешным в новых условиях. Таким образом, в ситуации неопределенностей «принятие решений» редуцирует телеологическое построение деятельности псевдопричинному, информационно и мотивационно необоснованному, к жесткому и случайному, в сущности, детерминизму. Такая стратегия ставила бы индивида в ситуацию постоянного жизненного риска, ставки на абсолютное доверие к наличному пониманию себя, своих возможностей и обстоятельств, в ситуацию безальтернативного построения жизни.

Нами предлагается подход к описанию целеполагания (в ситуации неопределенностей) как свободного выбора.

---

[1] Не говоря уже о том, что возможность восполнить внутренние альтернативы выбора внешними вызывает большие сомнения.

В качестве его необходимых предпосылок рассматриваются обеспеченность («запас») индивида экзистенциальными параметрами (потребностями, ценностями, логиками, ресурсами) для построения альтернатив выбора и готовности к наибольшему числу вариантов событий. Поэтому свободным выбором мы называем выбор, происходящий в условиях, которые отвечают двум основным требованиям: 1) обеспечивают внутренние личностные предпосылки для построения новых альтернатив выбора; 2) обеспечивают внутренние личностные предпосылки для осуществления любой выбранной альтернативы [2].

В марксистской концепции человека и его свободной деятельности одним из фундаментальных является положение о том, что человек «свободен не вследствие отрицательной силы избегать того или другого, а вследствие положительной силы проявлять свою истинную индивидуальность» [2, с. 145]. Оно дает основание предположить, что стремление к созданию и сохранению условий для свободного выбора является общим критерием (механизмом) целеполагания, сравнимым по силе с любым конкретным критерием (или совокупностью критериев) выбора цели [3].

Создание условий для свободного выбора предполагает преодоление ряда ограничений, формально, логически и психологически непреодолимых. Перечислим основные из них: 1) детерминация, ограничения прошлого (причины как ограничение) 2); телеологичность, ограничения будущего (цель как ограничение); 3) необратимость, ограничения настоящего (действие как ограничение); 4) непротиворечивость, ограничение логикой; 5) иерархичность (приоритеты), ограничение ресурсом; 6) несравнимость, ограничения ка-

[2] Очевидно, что в целенаправленном поведении человека, в том числе его целеполагании, существуют механизмы, которые имеют надличностную, социокультурную природу. Рациональный смысл такого поведения выходит за рамки индивидуального существования и деятельности. Это относится как к предпосылкам, так и к функциям свободного выбора как стратегии целеполагания. Многие аспекты этой проблемы исследованы О. Г. Дробницким [13]. Отдавая себе отчет в том, что некоторые существенные стороны целеполагания не всегда могут быть непосредственно исследованы и реконструированы на уровне индивидуального принятия решения, психологии и логики индивида, мы концентрируем внимание именно на индивидуальных механизмах постановки целей.

[3] Это положение не отрицает реальности тех стремлений человека, которые нашли свое отражение, например, в экзистенциалистских мотивах «свободы как вины», «грозной свободы» и «бегства от свободы». Можно допустить, что на индивидуальном уровне такое избегание свободы вторично, т. е. есть результат первичного свободного выбора.

чеством, качественностью. К этому перечню необходимы некоторые пояснения.

Прошлое выступает как ограничение свободного выбора прежде всего в связи с процессом внутренней детерминации. Этот аспект целеполагания был описан Спинозой следующим образом: «В душе нет никакой абсолютной или свободной воли; но к тому или другому хотению душа определяется причиной, которая в свою очередь определена другой причиной, эта — третьей и так до бесконечности» [24, с. 445] (или у Ницше — о «предполагаемом пауке целесообразности и нравственности, скрытом за великой ловчей сетью причинности»). Свобода постановки цели — это проблема не внешних обстоятельств, а психической каузальности, непрерывной цепи внутренних причин, предопределенности сложившимися потребностями, устремлениями индивида.

В марксистской философской традиции выход индивида за рамки психической конституции, своей наличной психологической «природы» связывается со спецификой человеческой деятельности как сознательной. Человек, писал К. Маркс, «делает самое свою жизнедеятельность предметом своей воли и своего сознания. Его жизнедеятельность — сознательная. Это не есть такая определенность, с которой он непосредственно сливается воедино... Только в силу этого его деятельность есть свободная деятельность» [1, с. 565—566]. Воля и сознание делают возможным различные формы раздвоения человеческого существования, которые являются предпосылкой свободного целеполагания. Наиболее фундаментальное расщепление связано с наличием миров сущего и должного. И, как справедливо подчеркивал О. Г. Дробницкий, «на самом-то деле человек вовсе не пребывает в двух несопричастных сферах бытия, существующих независимо от него. Он, напротив, сам создает своей жизнедеятельностью эти два способа его бытия... Внутренняя раздвоенность здесь выступает... как форма „самоуправления“ или „творчество самим себя“» [13, с. 295].

Другой фундаментальный аспект проблемы внутренней детерминации раскрывает известное рассуждение К. Маркса о свободе. «Царство свободы,— писал он,— начинается в действительности лишь там, где прекращается работа, диктуемая нуждой и внешней целесообразностью, следовательно, по природе вещей оно лежит по ту сторону сферы собственно материального производства. Как первобытный человек, чтобы удовлетворять свои потребности, чтобы сохранять и воспроизводить свою жизнь, должен бороться с природой, так должен бороться и цивилизованный человек,

должен во всех общественных формах и при всех возможных способах производства. С развитием человека расширяется это царство естественной необходимости, потому что расширяются его потребности... По ту сторону его начинается развитие человеческих сил, которое является самоцелью, истинное царство свободы...» [3, с. 386—387]. Таким образом, для Маркса сфера естественной необходимости, «естественных» потребностей («нужды и внешней целесообразности», связанных с удовлетворением потребностей, в том числе расширяющихся) — это сфера несвободы. Именно поэтому материальное производство, поскольку и только поскольку в системе общественного разделения труда (т. е. для родового человека) оно направлено на удовлетворение этих потребностей, тоже сфера несвободы. На индивидуальном уровне материальное производство в той мере, в какой оно не только удовлетворяет естественные потребности, но становится сферой долга или самоосуществления человека, перестает быть сферой несвободы. Точно так же, как становится ею досуг, если его поведенческая структура определяется характером, привычками или склонностями человека, т. е. только процессом естественной внутренней детерминации, а не активностью воли и сознания.

Ограничения, которые накладывает будущее, связаны в первую очередь с характером целеполагания, с его «технической», инструментальной или ценностной обоснованностью. Чем больше постановка цели зависит от оценки ее достижимости, от наличных возможностей, от наличия и характера средств, тем сильнее это ограничение.

Индивидуальный жизненный ресурс ограничен, только поэтому человек вынужден выстраивать свои цели и ценности в некоторую иерархию, определять для себя их приоритеты. Эмпирически это может выражаться в том, что чем меньше становится ресурс индивида, тем жестче делается система ценностей, иерархичность выявляется все сильнее, а число элементов уменьшается. В этом смысле любая система целей и ценностей — вынужденный результат, возникающий в результате осуществления индивидом двух психологически и логически несостоятельных операций. Первая — выбор, предпочтение среди необходимых человеку целей и ценностей, «неодинаковость» нужности которых (если речь идет не об инструментальных, а о конечных) производна от нехватки ресурса.

Вторая операция — сравнение несравнимого по определению. Если ценности — это то, что ценно само по себе и функционально незаменимо, то они не могут быть сравни-

ваемы. Научное (в том числе психологическое и социологическое) исследование этого вопроса установило, что человек может логически непротиворечиво (в каждом индивидуальном случае) решать эту задачу. Понятно, однако, что этот факт не является доказательством логической разрешимости задачи. Количественное описание качества помогает выполнять эту операцию только по отношению к вторичным проблемам [9]. За его границами остается выбор между основными альтернативами индивидуального существования — между добром и злом. Статус их существования и долженствования никак не связан со статусом количественного преобладания (добро есть добро независимо от того, существует ли оно «всегда», «как правило», «иногда», «редко» или даже «никогда»).

Необходимым условием свободного выбора является преодоление перечисленных ограничений. Однако речь идет не об их «отмене» и не о борьбе непосредственно с ними — такой поединок обрекал бы индивида на поражение. Предмет нашего анализа — тот способ целеполагания, который позволяет человеку обойти ограничения, «снять» их, создать предпосылки для такого снятия. Важно понять, как человек внутренне готовится к выбору, с чем он приходит к моменту решения. Сущностью рассматриваемой стратегии является собранность, рациональная внутренняя готовность индивида к выбору, стратегичность каждого решения, непрерывное обогащение внутреннего ресурса. Эта стратегия включает, во-первых, некоторые специфические механизмы, принципы целеполагания, позволяющие строить мир целей как результат и условие свободного выбора. И во-вторых, она базируется на сложной структуре ориентирования поведения, включающей наряду с целью другие элементы.

Основной принцип, механизм свободного выбора на уровне индивидуального существования — *альтернативность*, альтернативное построение жизни, в том числе мира целей.

Речь идет не о той примысливаемой и прерывной альтернативности, которая возникает только в момент выбора как наличие различных «объективных», «внешних» абстрактных возможностей, из которых реализуется одна. Такую альтернативность нельзя рассматривать даже как потенциальную. «Настоящие потенции никогда не бывают простыми возможностями,— справедливо заметил Г. Лейбниц.— В них имеются всегда тенденция и действие» [16, с. 102]. Без действия альтернативность остается мнимой, и в этом смысле прав был Кьеркегор, который считал свободу выбора иллюзорной, поскольку бесконечность возможностей существует

объективно, но не субъективно. Чтобы выбор был действительно свободным, необходимо создать внутренние предпосылки для осуществления любой (т. е. многих) выбранной альтернативы. Уже к моменту принятия решения человек должен быть психологически «обеспечен» для реализации разных путей, разных целей, а не одной. Альтернативы должны быть психологически (ценностно, мотивационно и т. д.) реальными, а для этого каждая из них должна иметь позитивную предысторию, «прошлую жизнь». К любому, в том числе «внезапному», решению, прозрению или «обновлению» из прошлого должна быть протянута нить (пусть совсем тонкая) соответствующих переживаний, поступков, наблюдений, аргументов, установок.

Как это возможно? По логике концепций «принятия решений», в момент выбора человек отсекает, исключает все возможные линии своей жизни, от которых он отказался. Он живет по одной ветви «дерева целей», все остальные не существуют для него. Жизнь — это одна линия, составленная из отрезков, соединяющих точки выбора. Даже яростный противник таких схем Кьеркегор, прекрасно понимавший, что «личность непрерывно и неудержимо стремится вперед, закладывая по пути основания то тому, то другому», делал им серьезную уступку, утверждая, что, совершая выбор, человеку приходится «разрушать ранее заложенные основания» [7, с. 230—231].

Будь это так, человек каждый раз приходил бы к моменту выбора с одной-единственной возможностью, с одним по-настоящему реальным, осуществимым, приемлемым вариантом будущего — с тем, который подготовлен жизненной линией после предыдущего выбора. Ему неоткуда было бы взять, например, содержание «прозрения» в пограничной ситуации, «новую», «подлинную» систему ценностей. Предположение, что необходимые для реализации различных альтернатив ценности, мотивы и установки просто существуют, сохраняются в некотором психологическом «запаснике», недостаточно. Чтобы сохраняться, они должны жить, получать воплощение в сознании и поведении.

Остается предположить, что в ситуацию выбора индивид входит, имея за плечами не одну жизнь, не одну нить, линию существования, не одну систему ценностей, установок, мотивов. Не все невыбранное он отсекает, отбрасывает. Параллельно «видимой», «единственной» жизни тянутся психологическим, ценностным и поведенческим пунктиром жизни другие. Одновременно реализуется несколько существований, человек внутренне как бы проигрывает несколько

жизненных сценариев и стратегий. Речь идет, таким образом, об актуальной, постоянно осуществляющейся альтернативности, множественности индивидуальной жизни. Единственность жизни можно рассматривать как артефакт, возникающий в процессе наблюдения человеческого поведения или осмысления своего существования самим индивидом.

Возможность альтернативного построения внутренних предпосылок деятельности давно отмечена исследователями. Общефилософский смысл этой проблемы был сформулирован Кантом, который утверждал, что человек принадлежит двум мирам: миру эмпирического бытия, пространства, времени, внешней необходимости и миру практического разума, нравственности — и поэтому подчиняется одновременно двум логикам: «законам природы» и «законам свободы». В психологии этот феномен связывался и с когнитивными процессами (Дж. Келли), и с мотивационными (Г. Олпорт), с таким специфическим состоянием, как когнитивный диссонанс.

Исследовательские возможности гипотезы об альтернативности существования проявляются в первую очередь там, где необходимо рационально объяснить поведение в разного рода кризисных (вплоть до пограничных) ситуациях. Становится понятным, например, разрушение личности у «целеустремленных» (разворачивающих один жизненный сценарий) людей, вынужденных в этих условиях строить внутренний мир из случайных, не освоенных внутренне, простейших психологических материалов. Однако более важная задача состоит в том, чтобы исследовать действие альтернативности в обычных условиях.

Важно отметить, что гипотеза альтернативности несовместима с теми объяснениями, необходимым элементом которых является категория «подлинного», например фрейдистской традицией, апеллирующей к явлениям компенсации, защиты, сублимации и т. д. Внутри альтернативного мира выделение «подлинных» элементов не имеет особого смысла.

Очевидно, что альтернативные существования различаются по степени поведенческой реальности, интенсивности, непрерывности. Описать различные их виды, начиная с непрерывного поведенческого ряда, направляемого одной целью, и кончая мечтой или повторяющимся сном, нетрудно. Сложнее определить, каков характер связи, взаимоотношения альтернатив. Учитывая, что их функция — обеспечивать реализуемость любой выбранной цели, можно предположить, что они должны быть автономны. Однако одновре-

менное и в то же время неодинаковое присутствие в них элементов поведения и сознания принципиально усложняет картину.

Мы исходим из того, что 1) сознание (как психические переживания) обладает непрерывностью более высокого порядка, чем поведение, 2) деятельность индивидуального сознания зависит от ресурса, в том числе от «пространственно-временных конструкций» [15, с. 122], но принципиально слабее, чем поведение. Следовательно, поведение и сознание относительно самостоятельны в том смысле, что не каждый акт сознания есть продукт поведения, или его причина (мотив), или компенсация (рационализация и т. д.).

Это значит, что каждая внутренне переживаемая жизненная альтернатива состоит из разнородных элементов, и связь их внутри альтернативы в некоторых случаях может оказаться слабее, чем связь с полем сознания или с полем поведения. Поэтому автономность альтернатив естественно нарушается, и сохранение ее требует от индивида усилий. В то же время у вполне автономных альтернатив естественно могут возникать общие поведенческие точки. Независимо от того, работают ли такие поступки на несколько сценариев стихийно, автоматически или индивид сознательно соединяет в них несколько жизненных линий,— они выглядят как нерациональные, поскольку оптимизируются по критериям, часть из которых скрыта (в том числе иногда и от индивида).

Второй, тесно связанный с первым, принцип свободного выбора — *антиномичность* — состоит в том, что в предельные основания выбора закладываются обоснованные, но логически несовместимые предположения об индивидуальном существовании.

Исследованию антиномий деятельности человека как родового существа уделяется в марксистской философии большое внимание (см., напр., [8]). В анализе индивидуального поведения эта проблема занимает значительно меньшее место, с ней связываются, как правило, частные состояния, такие, как амбивалентность или маргинальность [4]. Можно предположить, однако, что антиномичность является более

---

[4] Хотя психологи давно заметили, что альтернативные свойства личности часто в той или иной мере присутствуют вместе, если они представляют собой не просто «стиль», внешние характеристики поведения, а естественно возникшие механизмы, способ освоения мира. Юнг, описывая тип интроверсии и тип экстраверсии, отмечал, что «каждый человек обладает обоими механизмами, экстраверсией и интроверсией, и только относительный перевес того или иного определяет тип» [26, с. 6].

глубокой и функциональной особенностью поведения индивида, чем кажется. Противоречия, которые заложены, например, в оценке индивидом своего жизненного ресурса (одновременно как конечного и бесконечного) или в его восприятии своей жизненной ситуации (одновременно как типичной, статистической и уникальной) [20], не являются данью иррациональным импульсам или мнимостью, снимаемой логикой. Антиномии такого рода представляют собой функциональную предпосылку свободного выбора в принципиально различающихся жизненных ситуациях: относительно определенных и неопределенных, рутинных и проблемных, адаптированных и пограничных, ситуациях возможного выигрыша и заведомого проигрыша и т. д. Последний тип ситуаций заслуживает особого внимания, он может рассматриваться как модель свободного выбора, на которой исследуются его предельные возможности.

В эмпирическом исследовании учет антиномичности прежде всего означает отказ от методик, построенных на устранении противоречий в реакциях респондента. Противоречивые, нелогичные ответы должны рассматриваться как содержательная информация.

Те элементы антиномий, которые необходимы в условиях, где на свободный выбор наложены сильные объективные ограничения, часто выглядят иррациональными (например, предположение о неограниченном жизненном ресурсе). Тем не менее они имеют, как правило, психологические и социокультурные основания (например, незнание «своего часа» — социокультурная, выходящая за рамки индивидуального существования природа жизненного ресурса и т. д.) и функционально необходимы. Попытки снять антиномию, подменить ее «объективным» суждением делают предпосылки выбора нефункциональными в этих условиях, лишают индивида свободы постановки цели.

Существуют три вида противоречия в исходных предпосылках целеполагания. Первый связан с существованием некоторого естественного объективного противоречия, заложенного в двойственности природы человека, одновременно социокультурной и индивидуальной. Второй отражает особенности социальной, нормативной оценки возможностей человека, которая, как правило, имеет формальный характер, т. е. обозначает конечные точки континуума, включающего практически все возможные состояния (например, «учиться никогда не поздно», но «в 30 лет ума нет — и не будет»). В третьем виде выражены особенности оценки индивидом возможностей как своих способностей. Самооцен-

ка — это единство внутренней и внешней, личностной и социальной (в том числе групповой) оценки. В этом единстве каждый элемент имеет свою функцию (первый — прежде всего защитную, второй — функцию объективности, социальной обратной связи) и, следовательно, обладает относительной самостоятельностью [5]. Поэтому самооценка ни в каком смысле не является «средней» от этих оценок, она существует как их постоянное взаимодействие.

Третий принцип свободного выбора относится к характеру взаимодействия между основными элементами целеполагания (на более конкретном уровне этот вопрос должен рассматриваться эмпирически). В рамках традиционной схемы речь должна идти о связи между целью, системой предпочтений (в социологическом смысле — системой ценностей) и объективными условиями (внешними и внутренними возможностями индивида).

Описание этих связей в схемах «принятия решений» строится обычно на постулате логической и(или) психологической последовательности, разновременности, необратимости. Предполагается, что из двух определенных «посылок», т. е. из определенных состояний двух элементов (обычно — предпочтений и условий), индивид делает логико-психологический «вывод» о необходимом состоянии третьего элемента (обычно — цели).

В более сложной схеме (см., напр., [14]) допускаются логическая обратимость и одновременность, здесь в исходной ситуации определенным является только один элемент (или ни одного), а два других (например, предпочтения и цель) рассматриваются как неопределенные. Процесс принятия решения заключается в определении неопределенных элементов путем их подгонки друг к другу или в поиске уже «готовых», подогнанных пар, триад. Таким образом, полагается не цель, а вся система целеполагания в целом. Такой подход, при всей его психологической и логической обоснованности, решает рассматриваемую нами проблему свободного выбора лишь частично. В момент, когда достигается пригнанность элементов целеполагания, ситуация выглядит для индивида (или преподносится им) как безвыборная, безальтернативная.

---

[5] Степень самостоятельности элементов самооценки зависит от того, насколько возможно объективное суждение об оцениваемой способности. Наибольшее расхождение наблюдается, например, в элементах оценки нравственных качеств, меньше, но достаточно большое — в оценке интеллектуальных способностей и небольшое — в оценке физических возможностей.

Следующим шагом, на наш взгляд, должно быть предположение о том, что не только в исходной ситуации, но и в момент выбора один элемент системы целеполагания всегда остается неопределенным. Свободный выбор предполагает, что в системе целеполагания действует *принцип неопределенности.*

Возникновение такой неопределенности, ее истоки можно толковать по-разному. Интерпретация в традициях методологии дополнительности связала бы их с измерением, наблюдением и описанием. Это имеет некоторые основания. Реальное психологическое существование некоторых элементов теоретически описанной системы целеполагания проблематично. Например, есть основания предполагать, что система предпочтений как критерий отбора целей есть только мысленный конструкт, позволяющий описать принятие решений, или просто артефакт, возникающий в процессе такого описания. Реально в целенаправленном поведении действует «в этом месте» другая система (которая часто рассматривается как «эмпирический референт» первой) — система ценностей индивида (ценностных высказываний респондента). Помимо ценностной детерминации поведения, она имеет и другие (или просто другие) функции, и, следовательно, другую структуру (элементы, связи, принципы построения и т. д.). Когда мы пытаемся эмпирически определить систему ценностей в категориях, параметрах системы предпочтений, измерение часто оказывается невозможным. Респондент не может сказать что-либо однозначное о чуждой для него конструкции, и этот элемент целеполагания оказывается, таким образом, не определенным.

Известно, однако, что результат применения методологии дополнительности зависит от того, насколько удается выйти за рамки проблем измерения и наблюдения и предложить действительно дополнительные теории для толкования этих наблюдений. Для социологического исследования поведения человека эта задача только поставлена (см., напр., [6]). Поэтому ощущается необходимость прежде всего в содержательных (относящихся не к измерению, а к объекту) и имеющих эмпирические основания гипотезах, исключающих и ограничивающих те предположения, на которых сегодня строится исследование целенаправленного поведения [6].

---

[6] Интересно проследить, как менялся акцент в рассуждениях самого Н. Бора, обсуждавшего перспективы применения «дополнительного» подхода в науках о человеке. Вначале он связывал необходимость «дополнительного метода описания» с особенностями наблюдения «душевных состояний» и того языка, который используется для от-

С учетом этих требований принцип неопределенности для процесса целеполагания может быть сформулирован следующим образом: чем объективно или субъективно определеннее для индивида выступают два элемента целеполагания, тем больше он стремится сохранить неопределенным третий.

Это предположение позволяет объяснить как рациональные такие важные феномены человеческого поведения, как уход от решения (в частности, «опоздание к выбору»), уход от объективной информации о возможностях и последствиях («надежда»), сопротивление иерархизации ценностей [21] и т. д. Характерно, что такие тенденции обнаруживаются не только в момент выбора (что укладывалось бы в схему «обратимого» выбора, взаимной «подгонки» элементов), но и после него.

Сохранение неопределенным элемента целеполагания несет важную функцию, оно создает возможность конструировать новые альтернативы выбора (как единство цели, критерия и возможности). Система ценностей, например, в той мере, в какой она не имеет четких границ и структуры, выступает не как критерий выбора целей, а как их ценностное обеспечение [7], ценностный резерв.

Эмпирическое изучение неопределенного элемента целеполагания предполагает в первую очередь содержательное толкование всех тех видов ухода респондента от ответа в социологических техниках, которые обычно рассматриваются как нулевая информация. Хорошая различительная способность альтернатив «не знаю», «затрудняюсь ответить» (по нашим данным, и пропуска вопроса в целом) известна. Задача состоит в том, чтобы научиться структурировать такой тип реакции.

Четвертый принцип свободного выбора — «*случайность*», неоптимальность выбора — направлен на максимальное использование внутренних возможностей человека.

Внутренние ресурсы индивида — это прежде всего потенции, которые могут быть выявлены, оценены и актуализированы только в ситуации их необходимости. Это значит,

---

чета и сообщения о них. Позднее его внимание привлекла зависимость этих описаний от некоторых объективных особенностей человека, например от «непрерывного изменения» его психологических состояний и «практически неисчерпываемых скрытых возможностей» [11, с. 115—150].

[7] Этот механизм напоминает описанное О. Г. Дробницким «использование» моральным мотивом различных естественных побуждений, «включение» тех из них, которые обеспечивают осуществление этого мотива [13, с. 241].

что выбор как расчет, оптимизация, построенная на учете наличных, известных, оцененных возможностей, не расширяет круг актуализируемых потенций. Единственный способ расширения возможностей, «выхода за пределы самого себя» — это создание ситуации, где «старых», известных возможностей уже недостаточно. Для того чтобы такая ситуация стимулировала не только количественное, но и качественное увеличение внутреннего ресурса, она должна быть результатом случайного, т. е. необоснованного в рамках известных критериев выбора. Речь идет, таким образом, о выборе альтернативы, все параметры которой неизвестны, непредсказуемы, за исключением одного, «входного», гарантирующего индивиду переход, «прорыв» на новый уровень существования, новое поле решений и возможностей.

Непосредственным импульсом к такому «прорыву» не может быть никакая «частная» неудовлетворенность, т. е. неудовлетворенность каким-либо параметром (или суммой параметров) наличной или ожидаемой жизненной ситуации. «Частная» неудовлетворенность стимулирует как раз расчет и оптимизацию. Источником «перехода» является «общая» неудовлетворенность, но не как психологический феномен, показатель плохой адаптации индивида, а как более глубокое, экзистенциальное переживание. Различие неудовлетворенности-неадаптации и экзистенциальной неудовлетворенности состоит в том, что первой всегда сопутствует высокая «частная» неудовлетворенность, а второй — не обязательно. Последняя может сопровождаться очень высокой «частной» удовлетворенностью. Это значит, что «переход» прежде всего волевой, а не мотивационный акт.

О «случайном» выборе можно говорить тогда, когда индивид сознательно принимает решение, но не имеет его конкретного мотивационного обоснования; меняет (как в сторону понижения, так и в сторону повышения) уровень притязаний, не имея к этому объективных оснований; принципиально отказывается от информации о выбираемой альтернативе и т. д. Следует учитывать, что существует ряд социально стереотипных поступков (переезд из деревни в город, поступление в вуз и т. д.), которые на индивидуальном уровне могут быть именно «случайным» выбором (если они не связаны с оптимизацией какого-либо конкретного параметра жизненной ситуации).

Пятый принцип свободного выбора связан со *временем*. Значимость этого измерения, характеризующего ситуацию выбора, определяется не только тем, что основные ограничения на свободу решения (причинность, телеологичность, не-

обратимость) непосредственное жизненное выражение получают в действии механизмов времени. И даже не тем, что вне времени невозможно ни понять, ни объяснить разницы между «внешними» и «внутренними» (как интернализованными или распредмеченными) условиями выбора. Гораздо важнее то, что оперирование объективным и субъективным временем является для индивида одним из самых сильных средств решения проблем. В этом смысле время является не только объективной и априорной формой существования мира человека, но и инструментом деятельности, целеполагания, свободного выбора.

В схемах «принятия решений» время не имеет самостоятельного, активного (мотивационного, инструментального и т. д.) значения. Оно рассматривается как способ объективного выражения различных форм логической (прежде всего причинной) связи. Можно выделить, например, несколько видов причинной связи в зависимости от того, в какой вид времени она помещена [10]. В «порядковом» времени причина рассматривается как событие, в «мгновенном» причинная переменная определяет зависимую без временно́го запаздывания, в «постоянном» времени некоторые постоянные качества являются причиной событий, которые являются просто проявлением этих постоянных качеств, и т. д.

Значительно интереснее анализ времени в концепциях иррационального выбора. Проблема времени занимает здесь чрезвычайно важное место, хотя анализ ее ведется из безнадежной, в сущности, позиции.

Общая установка такова: время — это «злейший враг человека» [8] (Кьеркегор), поэтому задача любого из нас — «убить время», изжить свою «временность» (Сартр). Возможность и необходимость «борьбы со временем» [9] обосновываются по-разному, но общими предпосылками являются, во-первых, напряженное противопоставление вечности и временности, субъективного и объективного, «первичного» и «вторичного» времени и, во-вторых, преобладание логико-рефлексивной аргументации, вытекающее из концентрации

---

[8] «Что войны, что чума? Конец им виден скорый: /Им приговор почти произнесен./ Но как нам быть с тем ужасом, который/ Был бегом времени когда-то наречен?» (А. Ахматова).

[9] К этой задаче можно отнести слова героя У. Фолкнера, который дарит сыну часы и говорит: «Дарю не с тем, чтобы ты блюл время, а чтобы хоть иногда забывал о нем на миг-другой и не тратил весь свой пыл, тщась подчинить его себе. Ибо победить не дано человеку,— сказал он.— Даже и сразиться не дано. Дано лишь осознать на поле брани безрассудство свое и отчаянье; победа же — иллюзия философов и дураков» («Шум и ярость»).

внимания не на действии индивида во времени, а на «внутреннем переживании» им времени. Переживание человеком времени многообразно, и напряженно, но в нем явственно просматривается обреченность. От внутреннего, субъективного времени индивид оказывается зависим столь же рабски, как и от объективного, внешнего, физического времени. Без божественного откровения (Августин, Кьеркегор) или надчеловеческого мужества (Хайдеггер, Сартр) ему не на что надеяться в борьбе со временем.

В концепциях иррационального выбора, которым свойствен пафос попирания любых «детерминизмов» — физических, биологических, психологических, социальных, проблема времени как человеческой задачи поставлена неправильно. Уход от ограничений различных детерминизмов не цель человеческой деятельности, а средство, условие развития, предпосылка свободного выбора. И само объективное и субъективное время не самоценный объект борьбы, а реальность, которую следует обратить на пользу развитию и свободе.

Поэтому пятый принцип целеполагания можно сформулировать как *свободное структурирование и интерпретация объективного и субъективного времени.*

Осуществление этого принципа предполагает деятельное, активное отношение к времени, не сводящееся к его переживанию и рефлексии по поводу такого переживания. Здесь индивид отходит от обыденной установки по отношению к времени как самостоятельной, надчеловеческой силе, принудительно ставящей и разрешающей проблемы индивидуального существования [10]. Прочность и глубина этой установки в обыденном сознании сделали ее «квазитеорией», системой социально стереотипных объяснений поведения и существования человека («время лечит все раны», «это уж такой возраст», «все мы через это прошли», «еще не пришло время», «время покажет», «время — честный человек» и т. д.) [27]. Действие этого принципа основано также на естественном, не создающем нарастающего внутреннего напряжения включении человеком самого себя в реальное, объективное, культурно-историческое и физическое время, на органиче-

[10] В поэзии такая установка выражена, например, в образе принудительного движения. «...Ямщик лихой, седое время,/ Везет, не слезет с облучка.../Катит по-прежнему телега; / Под вечер мы привыкли к ней/И, дремля, едем до ночлега — /А время гонит лошадей» (А. Пушкин). «Чуть помедленнее, кони...» (В. Высоцкий). «И, уцепясь за край скользящий, острый,/ И слушая всегда жужжащий звон,— / Не сходим ли с ума мы в смене пестрой/ Придуманных причин, пространств, времен...» (А. Блок).

ском взаимодействии субъективного и объективного времени. Соотнося свою деятельность, свое целеполагание с объективным временем, индивид тем самым располагает свои переживания и смыслы в некотором порядке, который не может быть произвольно нарушен, перестроен. Это позволяет ему выполнить две задачи. Во-первых, развернуть смыслы своей деятельности (ее ориентиры и цели) в некоторую внелогическую, т. е. не сворачивающуюся автоматически к исходным смыслам, структуру [11]. Правда, привязка смыслов к объективному и субъективному времени создает между ними искусственную несовместимость, вызываемую расхождением во времени,— одинаковые смыслы, не совпавшие во времени, оказываются непроницаемыми друг для друга, противоречивыми и даже враждебными (например, запоздалое понимание, раскаяние и т. д.). Во-вторых, переживание необратимости объективного времени психологически обосновывает необходимое для развития личности отношение к целеполаганию как к выбору, т. е. такому принятию решения, смысл которого невозможно изменить, переиграть, взять назад, проиграть в различных вариантах, счесть несущественным и т. д.

Использование индивидом времени как инструмента целеполагания, как предпосылки свободного выбора многообразно. В простейшем случае сколько-нибудь сложного структурирования не требуется, достаточно использовать свойство объективного времени быть последовательностью событий. Столкнувшись с объективной или субъективной необходимостью поставить цели, которые несовместимы по ресурсу или по смыслу, человек выходит из затруднения, разведя эти цели во времени («сначала» — «потом»). В более сложном случае разведение целей осуществляется в сконструированном времени, причем принцип структурирования определяется функцией последнего. Например, если функцией разнесения является сохранение целей, на достижение которых жизненный ресурс не выделяется, то время конструируется экстенсивно, расширяет свои границы. В нем выде-

[11] В некоторых случаях привязка деятельности к объективному времени продиктована стремлением подменить осмысленные, в частности целенаправленные, поступки «объективным ходом вещей», т. е. рутинными действиями. Жесткое, все более дробное соотнесение своих поступков с объективным временем характерно для некоторых пограничных ситуаций. Исследователи отмечают, что в критический момент стрессовой жизненной ситуации индивид «целостную ситуацию, в которой он должен принять решение и сформулировать план действий, расчленяет на дни, часы и минуты...» [23, с. 111].

ляются краткосрочные и долгосрочные, прогнозируемые, реальные и «идеальные», «желаемые» элементы, куда и помещаются необеспеченные ресурсом цели. Если же функцией является реальное совмещение несовместимых целей, то время структуризуется вглубь, интенсивно, уплотняясь и делясь на автономные элементы [12].

Индивид структурирует время и в другом отношении — меняя степень его прерывности и непрерывности. В той мере, в какой он строит свое поведение как целерациональное, четко отделяя цель от средств, он делает свое время прерывным, снижая интенсивность его переживания в «инструментальные» периоды [13]. Как «эстетик» Кьеркегора, который активно переживает только «минуты» наслаждения, а в промежутках между ними теряет ощущение смысла независимо от того, трудится ли он упорно для подготовки этой «минуты» или пассивно ждет ее, впадая в апатию. Однако в той мере, в какой индивид ориентирует поведение с помощью ценностей, он увеличивает непрерывность своего времени. Ценностное отношение предполагает, что события, средства и цели являются значимыми с точки зрения какой-то ценности и, следовательно, несут какой-то смысл. Отсюда следует, что чем больше у индивида ценностей, чем большее количество событий оказывается ценностно значимыми, тем непрерывнее (но и напряженнее) его существование. Предельным случаем ценностного ориентирования поведения является ориентирование на «этической» стадии (Кьеркегор). Поскольку с позиции нравственности нет поступков безотносительных к ней, то у «этика» время не может быть «пустым», каждое мгновение в нем несет смысл, является движением либо в сторону добра, либо в сторону зла [25]. Именно поэтому, видимо, время «этика» ближе всего к объективному времени.

Свободной интерпретации может быть подвергнута и основная структура времени, отношение «прошлое — настоящее — будущее».

В этом смысле можно толковать слова Хайдеггера о том, что высказывание «У меня нет времени» ничего не говорит об объективном количестве времени, но свидетельствует о неспособности человека справиться со своими проблемами, об утрате им «решимости».

[13] Это не относится к тому типу целей, которые мы называем идеалами. По отношению к ним такое утверждение неверно. Однако неясно, свидетельствует ли это об ограниченности утверждения вообще или о том, что идеал не столько цель, «недостижимая ни на каком отрезке времени, к которой, однако, можно неограниченно приближаться» [5, с. 231], сколько ориентир поведения другого типа (специфическая форма ценностей).

Во-первых, она детализируется, т. е. структурируется каждый ее элемент. Конкретизация настоящего заключается прежде всего в определении его границ. Вопреки устоявшемуся (и имеющему, конечно, не только гносеологические, но и психологические основания) логико-философскому толкованию настоящего как исчезающего мига, мгновенного переживания «теперь», индивид свободно оперирует временными границами настоящего как периода, который лежит между прошлым и будущим. Однако он меняет рамки настоящего не непосредственно (продлевая, например, переживания типа «остановись, мгновение» или «и никогда этого больше не будет»), а отодвигая или сдвигая границы прошлого и будущего. Целеполагание совершается в настоящем, следовательно, настоящее — этот тот отрезок объективного времени, где выбор еще не сделан, где его можно еще «переиграть», что-то в нем изменить. Только окончательный выбор становится прошлым. В этом смысле уход от выбора — это отодвигание границы прошлого (но не будущего, поскольку результаты, последствия ухода от выбора могут уже появляться). Эмпирически граница прошлого проходит между тем, что индивид уже не собирается менять (не может, не хочет, не думает — «дело сделано», «с этим уже ничего не поделаешь», «я больше об этом не думаю»), и тем, что решено еще не окончательно («это еще надо посмотреть», «поживем — увидим», «я еще не решил»). В то же время бросок навстречу выбору — это всегда приближение границы будущего, отказ от настоящего («будь, что будет»).

Структуризация прошлого и будущего носит другой характер, она состоит в том, что в них выделяются два качественно различных элемента. Один — «реальное», конкретное прошлое, конкретное будущее («вчера» и «завтра»), которые непосредственно ощущаются, ценностно и мотивационно учитываются при целеполагании. Этот элемент соотносится индивидом с объективным временем, правда, в очень большом диапазоне. Конкретным индивид считает то прошлое, где он усматривает основания своего выбора, постановки цели, а конкретным будущим — то, на протяжении которого он собирается оценивать результаты, последствия своего выбора или реально делает это. Например, исследователи в области социологии семьи и социологии труда выделяют период в 5 лет, необходимых для того, чтобы оценка своего выбора определилась [22].

За пределами конкретных прошлого и будущего находятся абстрактные, которые в целеполагании не учитываются.

Именно этим объясняется, например, «иррациональное» поведение людей, которые не считаются со статистически неизбежными его последствиями (курение, гиподинамия и т. д.).

Во-вторых, в структуре «прошлое — настоящее — будущее» произвольно определяется центральный элемент структуры. Индивид может по-разному оценивать значение этих времен для себя [14]. Его ориентация на прошлое, настоящее или будущее зависит от особенностей целеполагания, потребностей свободного выбора. Известно ослабление целеполагания, вызываемое уменьшением жизненного ресурса человека. В этой ситуации индивид усиливает свою ориентацию на прошлое. Мы уже отмечали, что в определенных условиях центральным оказывается настоящее, границы которого индивид определяет сам. В других ситуациях решающим является ориентация на будущее. Анализ трудовой деятельности показывает, например, что не объяснимая реальным, наличным положением высокая удовлетворенность трудом у молодых рабочих связана с их сильной ориентацией на будущее, на перспективу. С другой стороны, исследователи отмечают, что существуют пограничные жизненные ситуации, где будущее вообще не может учитываться [23].

Определить, какая из ориентаций плодотворнее с точки зрения свободного выбора, трудно. Несомненно одно: такая важнейшая его предпосылка, как способность откладывать вознаграждение, тесно связана не только с волей, но и с оперированием временем, с ориентацией на будущее. Однако не однозначно: нельзя сказать, что чем сильнее направленность в будущее, тем сильнее способность к отложенному вознаграждению.

Отношение к структуре времени тесно связано с восприятием его направленности. Сегодня существуют два основных культурно-сложившихся представления о направлении «течения времени».

Одно (нашедшее отражение в «динамической концепции») исходит из реальности течения времени, которое рассматривается как следствие объективных различий в статусе бытия

---

[14] Длятся часы, мировое несущие.
Ширятся звуки, движенье и свет.
Прошлое страстно глядится в грядущее.
Нет настоящего. Жалкого — нет.

Блок

Все, что было, —
настанет, /А что
будет — прошло./
Настоящее дышит/
Нам в лицо тяжело.

Унамуно

между событиями прошлого, настоящего и будущего. Предполагается, что подлинное бытие присуще только настоящему. Из этого утверждения вытекают два положения, которые являются совместимыми, даже тождественными, если не относить их к поведению человека: 1) прошлые события только когда-то обладали статусом подлинного бытия, «события будущего не существовали, не существуют и неизвестно еще, будут ли существовать, и весь поток событий „движется"... побуждаемый прошлыми причинами, через настоящее в будущее»; 2) «в мгновение настоящего времени будущие события на основании прошлых причин приходят в реальное бытие и уходят в прошлое... Все события и вещи когда-то были будущими, а затем через настоящее перешли в прошлое и навеки останутся там» [18, с. 66]. По отношению к индивидуальному поведению второе положение верно только в той мере, в какой «прошлые причины» становятся целью. Поэтому можно предположить, что активное целеполагание связано с представлением о движении человека «навстречу» времени, которое идет от будущего к прошлому, в то время как пассивная позиция лучше согласована с существованием «вдоль» или «вместе» со временем, идущим от прошлого к будущему.

Второй культурный стереотип восприятия времени («статическая концепция») также построен на признании объективности временных отношений. Но в его рамках отрицается «объективное течение времени и объективное разделение событий на прошлые, настоящие и будущие». Все они существуют реально, в определенном смысле «одновременно». «Временно́е отношение „раньше — позже" остается и является полностью объективным», но «течение времени» считается «иллюзией нашего сознания» [18, с. 66]. Активное структурирование времени на основе такого представления о нем кажется более естественным, более легким, чем на основе «динамической концепции». Оно может осуществляться по типу «выходов» в любой необходимый элемент времени, напоминающих экзистенциалистские «экстазы». Однако надо учитывать, что адекватное структурирование времени индивидом должно одинаково уверенно опираться и на субъективное переживание времени, и на его разнообразные физические характеристики. Последние лучше представлены в «динамической концепции», тесно связывающей время с многообразными объективными процессами (космическими, физическими, биологическими и т. д.).

Отход от жестких форм детерминации предполагает так-

же, что индивид имеет возможность делать нужный элемент времени неопределенным. В отношении будущего это не требует пояснений — оно альтернативно по определению, объективно. Объективная неопределенность будущего является необходимым условием самого существования целеполагания. Парадокс заключается в том, что будущее не может быть неопределенным, если определенны, однозначны настоящее (момент выбора) и прошлое (его предпосылки — мотивы, условия и т. д.). Альтернативны или все три времени, или ни одно.

Настоящее, как и будущее, обладает неопределенностью, но другого рода. Как нерасчленимое «мгновение» момент изменения, становления, где «предшествующее и последующее состояния наличествуют в равной степени» (Кьеркегор), оно неподвластно целенаправленности, ускользает от рефлексии и в то же время наполнено активностью, непосредственно связанной с выбором [15]. В его неопределенности есть элемент неуловимости, спонтанности, бессознательного «творчества», которые больше мешают, чем способствуют свободному рациональному целеполаганию. Лежащий в основе этой неуловимости уход от рефлексии преодолевается, во-первых, расширением границ настоящего и, во-вторых, социальными механизмами, например одновременной взаимной рефлексией участников социального взаимодействия (А. Шюц).

Наиболее определенным является прошлое. Однако именно оно содержит в себе причины и условия целеполагания, и поэтому его неопределенность особенно необходима. Она достигается «выбором» прошлого, как избирательной актуализацией прошлого жизненного опыта [16]. Возражая против взгляда на прошлое, как на нечто однозначное, что нельзя менять, А. Н. Леонтьев писал: «Это — концепция примата кары, а не раскаяния, награды, а не действий, которые она венчает. Упускается главный психологический

[15] Если даже толковать категорию «мгновение» только естественнонаучно (как «кратковременный психический процесс»), то обнаруживается, что здесь действует специфический механизм (например, объясняющая избирательность восприятия «предвнимательная» переработка информации), который «обеспечивает субъекту известное пространство выбора» [12, с. 69].

[16] Следует подчеркнуть, что реальная, объективная альтернативность прошлого психологически неприемлема. Именно с этим связан парадокс, замеченный научными фантастами: воздействие на прошлое (с помощью «машины времени»), т. е. ситуация, когда не случается уже случившееся, воспринимается как трагедия, в то время как непрерывное воздействие (часто неизмеримо более сильное) на будущее, т. е. на еще не случившееся, воспринимается как должное.

факт, а именно, что человек вступает в отношение к своему прошлому, которое по-разному входит в наличное для него — в память его личности. Толстой советовал: замечай, что помнишь, что не помнишь; по этим признакам узнаешь сам себя» [17, с. 217].

Последний принцип свободного выбора относится к тем условиям целеполагания, которые возникают в непосредственном социальном взаимодействии. Рассмотрение его как специфического, многократно социально и культурно опосредованного «обмена» показывает, что некоторые его характеристики (неэквивалентность, несимметричность, социальное сравнение) можно расценивать как предпосылки для свободного целеполагания (подробнее об этом см. [21]).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Маркс К., Энгельс Ф.* Из ранних произведений. М.: Госполитиздат, 1956.
2. *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч. 2-е изд. Т. 2.
3. *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч. 2-е изд. Т. 25. Ч. II.
4. *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч. 2-е изд. Т. 37.
5. *Акофф Р., Эмери Ф.* О целеустремленных системах. М.: Сов. радио, 1974. 271 с.
6. *Алексеев И. С., Бородкин Ф. М.* Принцип дополнительности в социологии.— В кн.: Моделирование социальных процессов. М.: Наука, 1970, с. 37—48.
7. Антология мировой философии. М.: Мысль, 1971. Т. 1.
8. *Батищев Г. С.* Деятельностная сущность человека как философский принцип.— В кн.: Проблема человека в современной философии. М.: Наука, 1969, с. 73—144.
9. *Бобнева М. И.* Социальные нормы и регуляция поведения. М.: Наука, 1978. 311 с.
10. *Богомолова Е. А., Наумова Н. Ф.* Структурные модели как инструмент обобщения и интерпретации социальной информации на выходе системы моделирования.— В кн.: Неформализованные элементы системы моделирования: Тр. семинара. М.: ВНИИСИ, 1980, с. 89—98.
11. *Бор Нильс.* Атомная физика и человеческое познание. М.: Изд-во иностр. лит., 1961. 151 с.
12. *Величковский Б. М., Зинченко В. П.* Методологические проблемы современной когнитивной психологии.— Вопр. философии, 1979, № 7, с. 67—79.
13. *Дробницкий О. Г.* Понятие морали: Ист.-крит. очерк. М.: Наука, 1974. 388 с.
14. *Емельянов С. В., Наппельбаум Э. Л.* Индивидуальная и коллективная целенаправленность в теории организационного управления.— В кн.: Проблемы управления. М.: ИПУ, 1975, с. 36—53.
15. *Зинченко В. П., Мамардашвили М. К.* Проблема объективного метода в психологии.— Вопр. философии, 1977, № 7, с. 109—125.
16. *Лейбниц Г. В.* Новые опыты о человеческом разуме. М.; Л.: Госсоцэкгиз, 1936.
17. *Леонтьев А. Н.* Деятельность. Сознание. Личность. М.: Политиздат, 1977. 304 с.

18. *Молчанов Ю. Б.* Развитие и время.— Вопр. философии, 1979, № 12, с. 61—72.
19. *Наумова Н. Ф.* О системном описании целенаправленного поведения человека.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980, с. 230—241.
20. *Наумова Н. Ф.* Рациональность поведения: социологические аспекты.— В кн.: Философские аспекты системных исследований Тр. филос. (методол.) семинара. М.: ВНИИСИ, 1980, с. 32—36.
21. *Наумова Н. Ф.* О социологическом и экономическом подходах к трудовой мотивации.— В кн.: Мотивация экономической деятельности. М.: ВНИИСИ, вып. 11, с. 3—17.
Роль трудовых коллективов в коммунистическом воспитании трудящихся. Л.: ВЦСПС; Высш. проф. школа культуры, 1975. Ч. I. 176 с.
23. Саморегуляция и прогнозирование социального поведения личности. М.: Наука, 1979. 264 с.
24. *Спиноза Б.* Избранные произведения. М.: Госполитиздат, 1957. Т. 1.
25. *Эфендиева Н. М.* Проблема времени в философии С. Кьеркегора.— Вопр. философии, 1980, № 5, с. 152—164.
26. *Юнг К. Г.* Психологические типы. М., 1925. 94 с.
27. *Hewitt J. P., Hall P. M.* Social problems, problematic situation and quasi-theories.— Amer Sociol. Rev., N. Y., 1973, vol. 38, N 3, p. 367—374.

ПЕРМАНЕНТНОЕ АРХИТЕКТУРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ НА БАЗЕ СИСТЕМНЫХ КАТЕГОРИЙ

Б. В. САЗОНОВ

СИСТЕМОДЕЯТЕЛЬНОСТНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОБЩЕСТВЕННОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

Наиболее простой и очевидной характеристикой системного подхода, с нашей точки зрения, является использование системных категорий в процессах мышления, решающего исследовательские или конструкторские задачи. В этой статье сделана попытка поставить системные проблемы и при их решении использовать системные категории на материале проектирования системы общественного обслуживания городского населения.

Ориентация на проектирование не отдельных учреждений, а именно системы обслуживания, т. е. определенной целостности, состоящей из сетей так или иначе специализированных учреждений, специфична для социалистического градостроительства. Критерием целостности при этом выдвигается полнота удовлетворения потребностей населения, т. е. удовлетворение многих разных потребностей и, как часто утверждают, во всем их объеме. Однако с традиционной точки зрения этот критерий не является сферой профессиональной компетенции архитекторов. Перед архитектором, следовательно, встает альтернатива: либо отдать оценку своего труда «на сторону», что означает на деле стать исполнителем чужих заданий, либо измениться, расширить смысл и содержание своей профессиональности до постановки и решения социальных задач. Оба варианта уже разыгрывались в архитектурном сознании и проверялись в проектной практике. И оба натолкнулись на трудности. Первый случай может быть выражен в требовании гипотетического архитектора: «Пусть представители социального знания определят потребности и скажут, что нам делать». Сложность здесь в невыполнимости данного пожелания, поскольку потребность не есть нечто данное, она формируется и развивается. Архитектор, творя материальную пространственную среду обитания, среди прочего творит и потребности, задает возможности их удовлетворения. Он активное действующее лицо и не может возложить свою ответственность на других.

Во втором случае архитектор смело берет на себя задачу жизнестроительства, но зачастую попадает под огонь научной и идеологической критики (ср. критику советского конструктивизма 30-х годов за социальный утопизм и поверхностность). Очевидно, социальное творчество должно иметь научный фундамент, однако вся профессиональная практика архитектора существует вне связи с гуманитарными науками.

При этом мышление архитектора имеет — если осуществляется — яркую системную окраску: оно не есть простой переход от одного вопроса к другому. Решение каждого из этих шагов-вопросов может повлиять на судьбу остальных. Употребляя системную терминологию, можно сказать, что решаемые вопросы являются элементами целостной мыслительной структуры и процесс мышления есть сложное движение по этой структуре. Сложность деятельности градостроителя, специализирующегося на сетях обслуживания, заключается также в том, что он не только «привязывается» к готовым структурам города (размещает учреждения с учетом мест приложения труда и жилища, а также транспортных коммуникаций), но также определяет все целое — элемент городской застройки влияет на другие элементы целого и на все целое.

Как же на практике осуществляет градостроитель системное мышление, справляется с перечисленными задачами? Фактически никак, поскольку действует не столько мысля, сколько по образцу (воспроизводя готовые удачные решения) и по готовым методическим правилам и нормативам. В соответствующих сборниках строительных норм и правил (СНИП) он находит готовые типы учреждений, рассчитывает их вместимость посредством простейших арифметических действий, получая готовые формулы связи количества городских жителей и вместимости учреждений (места или площади на 1000 жителей), размещает эти учреждения сообразно четким указаниям на этот счет.

Предполагается, следовательно, что сложную мыслительную работу проделал тот, кто составил эти правила и нормативы. Однако это предположение приходится отбросить. Для этого нет необходимости анализировать тексты теоретиков и методистов архитектуры. Проще показать, что мыслительные единицы и модели, которыми они оперируют, в принципе не способны решать поставленные задачи, в частности задачу выражать и учитывать потребности населения.

Исходными единицами, которыми оперирует архитектурное сознание, являются типы учреждений. Каждый тип

имеет отличительные архитектурные черты и выражает, как часто думают, вполне определенные потребности населения. К числу основных типов относятся: учреждения по продаже промышленных товаров (универмаги, промтоварные магазины), магазины продовольственных товаров, предприятия общественного питания (столовые, кафе, рестораны), зрелищные учреждения (кинотеатры, театры, концертные залы), спортивные сооружения (стадионы, бассейны), культурные центры (клубы, дворцы культуры) и многие другие. Мы утверждаем, что все эти типы — взятые более или менее дробно — выражают прежде всего не потребности человека, а технологию протекающих в них процессов. Не существует «потребности в кинотеатрах» как чего-то целостного и социально осмысленного. Социологи знают, что одни люди идут в кинотеатр, чтобы посмотреть знакомого артиста, другие — чтобы заполнить свободное время, третьи — чтобы познакомиться. Объединяет их только то, что все они сидят в темном зале и смотрят на бегущие на экране изображения. Реально эти разные потребности можно удовлетворить другими, зачастую более эффективными и дешевыми, но, к сожалению, отсутствующими средствами. Так, функцию знакомства для определенной части населения легко берут на себя танцевальные площадки или дискотеки, а заполнить время можно игрой на биллиарде или посещением выставки. Точно так же нет абстрактной потребности в вещах или продуктах питания — мы приходим в магазины либо для того, чтобы восполнить наши обычные запасы, либо чтобы приготовиться к приему гостей, либо выбрать подарок или просто посмотреть, что имеется в продаже, и т. п. Часто наше поведение зависит от того, сколько свободного времени или денег мы имеем, и именно это, а не «потребность в товаре такого-то вида» определяет нашу покупку.

Наш тезис можно подтвердить, обратившись к любому из названных типов учреждений обслуживания. Существенно то, что учреждения обслуживания, топологизируемые по технологическому признаку, не релевантны действительности человеческих потребностей — пользуясь такой типологией, мы не можем решить проблему оптимальной организации системы, удовлетворяющей эти потребности: нельзя, например, ответить на вопрос, сколько нужно соответствующих учреждений для оптимального удовлетворения определенных потребностей. В лучшем случае можно зафиксировать удовлетворенность спроса на эти учреждения в данный момент (так, например, обнаружить очереди в кинотеатрах

в определенные временные интервалы) и ставить задачи ликвидации дефицита в спросе. Но такие решения имеют сугубо временный характер, долгосрочный же прогноз на этой основе невозможен. Так, в свое время, основываясь на динамике спроса и анализе зарубежной практики, нормативно планировался многократный рост кинотеатров в нашей стране. Однако распространение телевидения и перераспределение досуга в сторону активных его форм заставило снизить плановую цифру вдвое. Пользуясь данной типологией, нельзя также рационально ответить на вопрос, где надо размещать те или иные типы учреждений, какие из учреждений можно и нужно объединять в комплексы, а для каких это противопоказано.

Фактически в силу этих недостатков — чувствуемых, но теоретически не осознанных — традиционно сложившаяся типология учреждений общественного обслуживания была дополнена концепцией «ступенчатой системы обслуживания» [1]. В этой концепции была поставлена задача соотнесения типов учреждений с социальными функциями, однако решение оказалось неудовлетворительным, в том числе в силу ложности исходных посылок. Считалось, что общественная жизнь горожан сосредоточена в жилище, где образуются жилищно-бытовые коммуны (в территориальном выражении — микрорайоны). Отсюда учреждения «повседневного спроса», на которые предназначался максимально возможный объем услуг, предлагалось размещать в центре микрорайонов, с тем чтобы человек не совершал вынужденных поездок за его пределы; учреждения «периодического спроса» предлагали размещать в центре жилого района, образованного группой микрорайонов, и лишь учреждения «эпизодического спроса» допускалось размещать достаточно далеко от жилища, в системе городского центра. Именно благодаря этой концепции возникли расползающиеся в пространстве города с удаленными от городской жизни микрорайонами, маломощными магазинами, пустующими крупными кинотеатрами и столовыми.

Данная концепция подверглась основательной критике со стороны социологов, исследования которых показали высокую пространственную мобильность человека в городе, связанную со сменой занятий и ролей. Однако, утеряв социально-теоретическое обоснование, эта концепция осталась в проектной практике: по-прежнему город проектируют по микрорайонам, внутри которых размещают учреждения повседневного спроса, и выносят за их пределы предприятия периодического и эпизодического спроса (пожалуй, измени-

лось лишь то, что учреждения обслуживания из центров жилой застройки были вынесены на магистрали). Сохранилась данная концепция, в частности, потому, что она не противостоит традиционной эмпирической «типологии» учреждений обслуживания: внутри каждого из названных выше типов группировались все те же продмаги, промтоварные магазины, танцплощадки, столовые и т. п. Сегодня сложившиеся таким образом синкретические принципы проектирования оправдывают не социальными задачами, а «удобством» для потребителя [2].

Принципиальная невозможность решать задачи социального развития городов с номощью описанных градостроительных представлений приводит к такому любопытному явлению, как создание идеальных (оптимальных) моделей систем городского обслуживания, приуроченных к определенному будущему, и постоянная коррекция этих идеальных моделей. Модели эти существуют как в виде оптимальных нормативов учреждений каждого типа в расчете на 1000 жителей (площадь магазинов, число мест в кинотеатрах, предприятиях общественного питания и т. п.), так и в виде генеральных планов городов. Известно, что как нормативы, так и генеральные планы городов регулярно пересматриваются. Мышление в идеальных финальных образах, постоянно разрушаемых жизнью, подменяет анализ наличных проблем и принятие стратегических решений. Проблемы же всегда конкретны, связаны со специфическими условиями существования каждого города. Эти проблемы не только не решаются, но даже не могут быть адекватно поставлены в существующих средствах градостроительного мышления, вместо анализа ситуации рисуется обобщенное идеальное состояние, город «вообще». Именно поэтому мы видим города-близнецы, унылое единообразие застройки, удивительное в условиях географического, экономического, культурно-исторического и национального разнообразия (представленную выше критику, см. подробнее в [3]).

Резюмируя, отметим, что содержательные проблемы градостроительного проектирования систем обслуживания оказываются проблемами проектировочной деятельности, проектного мышления и тех средств, которые используются в этом мышлении и этой деятельности. В первом приближении системная проблема состоит в соотнесении определенных материально-пространственных структур города со структурами общественных потребностей. При более внимательном взгляде она оказывается проблемой взаимозависимости решений и результатов исследований как минимум

двух профессионалов: градостроителя и социолога. Анализ же этих проблем показывает, что средства одной профессиональной деятельности (градостроительной) в силу исторических традиций нерелевантны задачам, которые ставятся другим профессионалом (скажем, социологом). Задача, следовательно, или направление решения системных проблем состоит в соорганизации профессионально разнородных, но включенных в один управленческий контекст деятельностей, в перестройке и связывании их мыслительных процессов (методы, средства решения задач, модели и т. д.) и структур знания. В частности, надлежит отказаться от абстрактно-финалистского способа решения проблем и перейти к управлению процессами развития городами с учетом специфики времени и места. Попыткой решения прежде всего этих проблем было создание «функциональной» системы общественного обслуживания населения. Суть ее с точки зрения системных категорий заключается в том, что проектирование последовательно переходит от представления системы обслуживания как функциональной структуры к морфологической и далее к материальной структуре. При разработке каждого из этих слоев представлений специфически решается проблема связи архитектурной и других профессиональных деятельностей, мыслительных процессов и знаний. Такое проектирование оказывается перманентным, поскольку оно позволяет осуществлять процесс постоянного анализа проблем в каждом пространственном ареале и решать их в свете принятой для данного места стратегии и относительно стабильных целевых установок.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОБСЛУЖИВАНИЯ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ СИСТЕМНЫХ КАТЕГОРИЙ

Исходной задачей при создании функциональной системы общественного обслуживания (ФСО) было построение типологии учреждений обслуживания, релевантной социальной действительности — действительности потребностей, индивидуального и группового поведения, т. е. всего того, что может являться предметом анализа и воздействия в управлении развитием городского общественного организма. Для этого тип должен выражать не технологические характеристики деятельности, а определенные социальные функции.

Методологический смысл этого тезиса состоит в том, что в структуре каждый элемент определяется не столько материалом, сколько своим функциональным местом и один и

тот же материал может выполнять противоположные или как минимум различные функции. Соответственно конструирование системы должно начинаться с задания структуры функций, а не материала заполнения функциональных мест. (Мы уже проиллюстрировали этот тезис на примере кинотеатра, в котором к одной «зрелищной» технологии привязано множество разнообразных социальных функций.) Поскольку функциональную характеристику каждый тип архитектурного учреждения должен был получить по отношению к социальной действительности города, встала задача описать эту действительность как нечто целостное и полное, что было бы предпосылкой целостности и полноты самой системы обслуживания. Полагая, что главной целью обслуживания является человек, участвующий в различных сферах жизнедеятельности, авторы ФСО [1] приняли вполне традиционное разделение по этим сферам: производство, быт, культура и социальное общение.

Проблема — существенная для методологии системного исследования и его практических приложений — возникла на следующем шаге. Мы выделили две системы (сферы жизнедеятельности горожанина и учреждения, призванные их обслуживать), которые связаны отношением определенного изоморфизма и соподчинения. Первая система дана как некоторая реальность во всех своих определениях: сферы не только функционально заданы друг по отношению к другу, но и наполнены разнообразным материалом, содержанием — теми процессами, которые в них протекают и могут быть описаны, измерены и оценены. Вторая система еще только конструируется, и известно, что ее элементы должны приобрести функциональные определения за счет сопоставления с первой. Здесь все на грани парадокса. Прежде всего мы говорим о двух системах, тогда как если система сфер жизнедеятельности мыслится в качестве реальности, то в нее попадает все, относящееся в том числе к системе обслуживания, и, следовательно, проблематично выделение этой второй системы. Оправданием противопоставлению может служить то, что система обслуживания полагается не как данная, а как конструируемая, т. е. отличная от той, что есть и присутствует в реальности сфер жизнедеятельности. Но в этом случае возникает вопрос, как же можно сконструировать нечто новое, черпая его функции из соотнесения со старым и требующим реконструкции? Короче говоря, каким

[1] В разработке «функциональной» системы приняли участие также И. Р. Федосеева, М. А. Орлов, А. Г. Раппапорт.

образом можно построить функциональные определения элементов новой системы?

Наиболее простым, казалось бы, способом является прямое отождествление названий сфер жизнедеятельности и функций элементов системы (тем самым ликвидируется основной недостаток традиционного представления о сетях обслуживания и обеспечивается релевантность градостроительного языка задачам общественного управления). Однако этот ход мало что дает архитектору. Если это чисто функциональные определения, то как от них переходить к какому-либо заполнению элементов материалом, как материально выразить связи между ними, какова структура этой системы как целого? Если же это не просто указание функции, но и разрешение обращаться ко всему богатству действительности этих сфер, то в чем же будет новизна построяемой системы? Где критерий, который позволяет в анализе сфер отличить консервативное от передового и взять именно последнее? И можно ли сводить конструирование новой системы к переносу пусть передового, но уже имеющегося опыта?

Решение проблемы состояло в том, что функция, функциональное определение элемента ФСО были поняты не как дематериализация некоторого элемента (скажем, определенной сферы жизнедеятельности), отказ от всяческого его наполнения и удержания функционального смысла, значимости по отношению к системе в целом, а в контексте целевой установки проектировщика и всех тех, кто связан с ним деятельностью по управлению социальным развитием города. Именно во введении целевых установок, ценностных моментов состоит, с нашей точки зрения, специфика применения системного подхода в деятельности конструктивного типа в противоположность исследовательской деятельности. Типология элементов конструируемой системы — а типология является универсальной процедурой для системного подхода, поскольку всякое взаимное определение элементов является не чем иным, как типологией,— основана не на исследовании некоторой действительности, а на выявлении целевой установки и ее дальнейшем особом употреблении.

Данный тезис может показаться банальным, особенно тем, кто имеет дело с конструированием технических систем. Но он совершенно небанален в ситуации, когда один профессионал должен сконструировать систему, в которой функциональные определения элементов должны быть соотнесены с представлениями другого профессионала. Сложность этой проблемы видна из того, что, даже зная, что нужно исходить из целевой установки, более того, зная эту установку, очень

трудно перейти в условиях разнопрофессиональных представлений к функциональному определению элементов и заданию функциональной структуры в целом.

В качестве целевой установки был принят тезис о необходимости совершенствовать структуру и обогащать содержание культурных процессов и процессов общения [2]. Эта целевая установка прямо связана с выделенной нами системой сфер жизнедеятельности и могла быть прочитана как тенденция увеличения удельного веса сфер культуры и социального общения.

Итак, были даны структура действительности, над решением задач которой должна работать ФСО, и сами задачи в их наиболее обобщенной форме. Но отсюда не дедуцировались функциональные элементы и структура системы!

Содержательно дальнейшая работа состояла в критическом анализе деятельности, которую вынужден совершать современный горожанин. Среди соответствующих процессов были выделены два вида: 1) необходимые для жизни, существенные по своим результатам, но не имеющие социально-культурной значимости в современном урбанистическом обществе (ср.: «походы» в магазин или выстаивание очередей); 2) те, где собственно процесс обслуживания несет ведущую социально-культурную нагрузку (ср.: просмотр спектакля или беседа с друзьями). В свете принятой целевой установки очевидно, что имеет смысл минимизировать время и усилия, затрачиваемые на процессы первого вида вплоть до их полной ликвидации (доставка продуктов на дом), и увеличивать время, комфортность и содержательность по отношению к процессам второго вида. В переводе на язык учреждений это означало выделение и противопоставление двух основных (функционально определенных!) типов учреждений обслуживания: «стандартных», призванных минимизировать время и усилия потребителя при одновременном наращивании результатов соответствующих услуг, и «нестандартных», растущих по объему и содержанию своих процессов. Конкретное — материальное, технологическое наполнение этих типов определяется условиями места и времени, причем один и тот же материал (технология услуги) может попадать в учреждения разного типа, приобретая тем самым разные функции.

Функциональное определение и назначение этих типов

[2] Сегодня, в частности, проблема не столько в недостатке свободного времени, сколько в неумении его использовать, отсутствии организационных (и интериоризированных людьми в качестве способностей) средств для этого.

подсказывают принципы размещения их в структуре (процессе) жизнедеятельности человека и структуре современного города. Стандартные учреждения для минимизации времени потребителя желательно делать «попутными» по отношению к его основной деятельности как по времени, так и по месту ее осуществления. Например, магазины стандартного обслуживания надо размещать на транспортных магистралях, так чтобы они оказались по пути домой с работы или иного места. Соответственно нестандартные учреждения, тем более их комплексы, могут образовывать центры собственного тяготения в городе, быть «специальными», основными по деятельности и, притягивая к себе население, не только располагаться на готовых транспортных магистралях, но и образовывать новые.

Учреждения нестандартного обслуживания, в свою очередь, были разбиты на два типа, теперь уже напрямую соотнесенные с выделенными сферами жизнедеятельности: «студии», в которых осуществляется та или иная культурная деятельность, и «клубы», главной целью которых является организация общения между людьми. Здесь важным оказывается разделение культурной деятельности как таковой на форму и содержание. Для учреждений первого типа культурная деятельность существенна в обеих ее составляющих, и тот, кого интересует живопись, будь он творец или ценитель, не станет с той же легкостью заниматься драмой. Для общения же технология деятельности есть лишь повод, ее также надо освоить, но, будучи освоенной, она является безразличной к решению личностных задач в ситуации группового поведения. Если в первом случае технология деятельности существенна и не может быть заменена на другую, то во втором она легко варьируется. Этот тезис справедлив и для тех деятельностей, которые не относят традиционно к культурным. Скажем, плавание может быть спортом, но можно плавать в бассейне и для развлечения, заменяя бассейн по сезону лыжной прогулкой или походом в кино. Таким образом, технологически одно и то же учреждение обслуживания может оказаться полифункциональным, выполняя одновременно или последовательно разные функции.

Вернемся к категориальной системодеятельностной трактовке типологической процедуры [3]. Для создания функциональной структуры учреждений обслуживания, соотнесен-

---

[3] Методология близкой схемы работы с системными категориями была развита в работах Г. П. Щедровицкого (см., в частности, [4]).

ной со сферами жизнедеятельности и ориентированной на решение социально-культурных задач, нам пришлось обратиться к анализу процессов, реально протекающих в этих сферах. При этом мы приняли к рассмотрению не все процессы, а только те, которые имеют место в области общественного обслуживания, выделив их по материалу среди остальных. Анализ этих процессов включал в себя их оценку с точки зрения нашей целевой установки. В принципе оценка могла быть самой разнообразной, но мы выделили только организационный аспект и более узко — время, затрачиваемое потребителем в сфере обслуживания. Вызвано это было тем, что в конечном счете нашим инструментарием, воздействующим на эти процессы, является архитектурно-материальная среда, т. е. лишь один из моментов организации деятельности. (Скажем, если бы мы исходили из педагогической деятельности, то имели бы иные инструменты воздействия на деятельность и нас интересовали бы иные ее аспекты.) После оценки была предложена новая группировка этих процессов, позволяющая проводить специфические целенаправленные воздействия на каждую из групп процессов. Иными словами, группировка, типологизация прямо связывались с дальнейшим конструктивным преобразованием процессов обслуживания в контексте задач социального управления. Система обслуживания, определенная через исходные функциональные расчленения, приобрела динамическую окраску, причем направления развития были заданы в самом общем виде — через тип решаемой задачи, а не ее конкретную постановку.

Заданная исходная функциональная структура может быть детализирована далее как угодно дробно. Сделать это можно на абстрактном уровне, рассматривая систему обслуживания как таковую, без привязки к конкретному городу в конкретное время. Для этого необходимо продолжить анализ, оценку и разработку предложений по перестройке тех процессов, которые протекают в сферах жизнедеятельности, в свете принятых ценностных установок и тех конструктивных предложений, которые были сделаны на первых шагах. Так, например, можно дифференцировать клубные учреждения за счет выяснения механизмов формирования и функционирования процессов социального взаимодействия тех, кто в них участвует. Скажем, группы общения могут формироваться в учреждениях обслуживания (из одиночек или тех же групп), а могут приходить в них уже готовыми, меняющими лишь форму деятельности; группы могут быть однородными по возрасту, полу, профессиональным

занятиям и неоднородными — все такие характеристики могут быть учтены и стать типообразующими для учреждений обслуживания. Соответственно студии могут дифференцироваться по своим технологическим характеристикам.

Такая дифференциация позволяет функциональной структуре расти количественно, за счет увеличения числа элементов. Собственно структурная организация этих элементов остается открытой — хотя некоторая упорядоченность иерархического плана появляется за счет того, что мы осуществляем дихотомические или близкие к ним процедуры по отношению к ранее сконструированным типам (так, студии можно разделить на художественные, хореографические и т. д., клубы — на профессиональные и по интересам). Вопрос о структурной целостности и полноте системы должен опять-таки решаться за счет уточнения целевой установки. В нашем случае это развитие социокультурной деятельности человека, освоение им готовых форм соответствующей деятельности и творение новых. Задача учреждений обслуживания, следовательно,— удовлетворять имеющиеся потребности и создавать новые, требующие перехода к новой деятельности, которая, как правило, осуществляется в других учреждениях. Требование к системе общественного обслуживания — создавать такие «зоны ближайшего развития» (термин Л. С. Выготского) и давать средства, которые бы могли реализовать эти потенции: «разрывы» в системе между элементами различного уровня сложности становятся тормозом для развития многих.

После определенной проработки системы на уровне функциональной структуры следует переходить к морфологической структуре — результату «наложения» этой функциональной структуры на пространственно-временную ткань конкретного города. Пространственную — поскольку в нем уже сложились места проживания и работы, транспортные магистрали и зоны обслуживания. Временну́ю — поскольку задан определенный ритм жизни различных групп горожан и необходимо вписаться в его структуру. Наложение не является пассивным, поскольку система обслуживания не только должна приспособиться к пространственно-временным структурам, но и перестраивать их в соответствии со своими целевыми установками.

Здесь, на связи социологической и архитектурной действительности, возникает ряд проблем. Прежде всего это выделение групп населения, временна́я структура их жизнедеятельности, их месторасположения в различное время (реальное и потенциальное). Сообразно с этими группами и

пространственно-временными характеристиками их деятельности должно быть намечено размещение разных типов учреждений с учетом полноты и целостности системы обслуживания. Эти процедуры взаимосвязаны, поскольку в процессе размещения и уточнения типов учреждений продолжают развертываться представления о группах населения и их деятельности. Особый круг задач возникает в связи с тем, что одно и то же с материально-технологической точки зрения сооружение может выполнять ряд функций: быть и стандартным и нестандартным, быть и студией и клубом — в одно и то же или в разное время, для одних и тех же или для разных видов групп. Такая полифункциональность должна приветствоваться, поскольку она позволяет резко сократить число сооружений, уплотнить и разнообразить их социальную жизнь. При этом открывается интереснейшая задача поиска таких технологий деятельности и такой организации этих технологий, которые бы позволили реализовать максимум функций, взаимно усилить функции за счет их сближения и т. п. Тонкости, которые становятся здесь существенными, лежат в самых разных областях. К примеру, проектируя спортивные «студии»-школы, надо учитывать различные психофизические характеристики людей (а не только включенность видов спорта в олимпийскую программу).

Очевидно, что подобное проектирование сетей обслуживания, учитывающее множество социокультурных параметров и творящее самые разнообразные полифункциональные и зачастую уникальные в конечном исполнении «типы» сооружений, резко отличается от традиционной задачи — разместить в застройке по простейшим правилам несколько стандартизированных учреждений, рассчитанных на абстрактную тысячу жителей. Оно предполагает и более высокую квалификацию проектировщиков, и тесный их контакт (совместное проектирование) со специалистами многих дисциплин о человеке, и использование ЭВМ (последовательность рекурсивных процедур, накладывающих деятельность разных групп населения в ее пространственно-временных характеристиках на размещаемые в пространстве города и меняемые комплексы технологий деятельности).

Завершает работу слой материальных структур — когда технологии деятельности рассматриваются не со стороны совмещаемых функциональных значений, а как реализуемые в конструкциях и интерьерах. Архитекторы, инженеры и снова специалисты по человеку — таков круг сотрудничающих здесь профессионалов.

Подводя итог, отметим два момента. Во-первых, проблему связи архитектора и других профессионалов, и в частности проблему релевантности знаний архитектора и результатов его деятельности социальным задачам. Она решается при условии перестройки основных понятий архитектора, придания им социального смысла, а также последовательной организации процесса проектирования с непременным участием представителей различных профессий. Существенно, что все они занимаются не только исследовательской, но и «конструктивной» работой. Построение новых, «межпрофессиональных» понятий и нового процесса проектирования базируется на организации мышления и взаимодействия профессионалов с помощью системных категорий. Короче говоря, решение этой проблемы осуществляется посредством системной организации деятельности.

Во-вторых, подчеркнем, что идеальные или оптимальные на определенный прогнозируемый отрезок времени модели города (финальное проектирование) неудовлетворительны как средство его развития. Системно организованное проектирование должно быть перманентным. Оно не имеет финального идеального представления — заданного в типах, нормативах и правилах размещения. Его исходная точка — это широкие социальные цели, проблемы и задачи, которые необходимо решать, внедрение процедурами типологического построения и, возможно, исходные (функциональные) типологические конструкции. Конкретное же решение каждый раз создается заново, с учетом исторических и культурных традиций, вновь поставленных проблем, ресурсных возможностей на определенный период времени, общих стратегических решений в данном регионе.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Градов Г. А.* Город и быт. М.: Стройиздат, 1968. 264 с.
2. Основы советского градостроительства. М.: Стройиздат, 1966. Т. 1. 416 с.
3. *Сазонов Б. В.* Методологические проблемы в развитии теории и методики градостроительного проектирования.— В кн.: Разработка и внедрение автоматизированных систем в проектировании. М.: Стройиздат, 1975, с. 212—298.
4. *Щедровицкий Г. П.* Исходные представления и категориальные средства теории деятельности.— В кн.: Разработка и внедрение автоматизированных систем в проектировании. М.: Стройиздат, 1975, с. 72—177.

СИТУАЦИОННЫЕ СТРУКТУРЫ В ОРГАНИЗАЦИИ

В. С. ДУДЧЕНКО

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Вопросы развития организаций привлекают пристальное внимание исследователей и практиков [4, 15, 21, 33, 34]. В последние годы возникло большое число новых проблем, связанных с изменениями среды и социальных систем на экологическом и глобальном уровнях. В силу этого процесс перестройки современных организаций принял массовый характер и породил острую необходимость в разработке теоретических и методологических средств научного осмысления этих явлений и методических средств практического воздействия на конкретные организации с целью их развития. За рубежом попытки приблизиться к практическим решениям в этой области породили ситуационный подход (contingency approach) [35], критически и конструктивно описанный в советской литературе [1, 2, 10]. Большое место занимают работы в области организационного развития (organization development) [33] и ряд других. В нашей стране ведутся разработки указанной проблематики в самых различных направлениях: кибернетическом [26], структурно-организационном [17], социологическом [13].

Любая организация как большая система реагирует на изменяющие воздействия вполне определенным образом, а именно прежде всего стремится сохранить свою целостность [25]. Это фундаментальное свойство организации, сложным образом соотносясь с процессами ее развития, проявляется в разных ситуациях по-разному — от сопротивления изменяющим факторам до содействия им. Перед прикладными исследователями, которые сталкиваются в практике своей работы с десятками подобных ситуаций, возникает ряд вопросов. Как объяснить эти явления? Есть ли между ними какая-нибудь связь? Как на них можно воздействовать, когда в этом возникает необходимость?

На первых этапах анализа этой проблемы [6] нами выдвигалось предположение о том, что в ситуациях проявления непредвиденных реакций организации действует фактор неформальной структуры, оказывая противодействие либо содействие регулирующим и развивающим воздействиям. Эта гипотеза подтвердилась лишь частично. Помимо этого

выяснилось, что, во-первых, неформальная структура может иметь одну направленность, скажем позитивную или нейтральную по отношению к нововведению, а сопротивление соответственно — другую. Во-вторых, противодействие и содействие могут осуществляться какой-то более широкой целостностью, чем неформальная структура в ее групповых и организационных границах, их носитель часто шире рамок не только подразделения, но и предприятия.

Не объясняли полностью рассматриваемое явление и гипотезы о противоречии между проектной и реальной организационными структурами, о широко понимаемом «человеческом факторе», о самоорганизации. Например, предположение об исключительном действии механизма групповой самоорганизации было признано неправомерным по причине того, что в определенных ситуациях был зафиксирован эмпирический факт единообразных действий работников и целых подразделений организации, практически не связанных друг с другом. Близко к объяснению интересующего нас явления подходит А. И. Пригожин, говоря о «самосовершающихся процессах» как факторе социальной самоорганизации [24, с. 117], о спонтанных процессах и «встречной организации», оказывающей сопротивление управляющим воздействиям [24].

Вывод: указанные гипотезы механизма противодействия и содействия в описанных и ряде других случаев полностью не объясняют, его суть схватывается ими лишь частично и далеко не достаточно для использования этого знания в целях совершенствования практики управления организациями и их развития.

Для того чтобы поиск ответов на поставленные вопросы был продуктивен, необходимо прежде всего правильно поставить проблему.

Специалистами зафиксировано множество фактов реакции организации, ее отдельных частей, подразделений на некоторые воздействия. Эти воздействия могут быть направлены на поддержание функционирования организации в заданном режиме, можно называть их «регулирующими», либо на ее развитие — «развивающие» или «инновационные». Содержанием непосредственных, прямых реакций будут те или иные изменения в характере и(или) режиме протекания организационных процессов. Косвенные же, вторичные реакции организации, когда они есть и могут быть зафиксированы, проявляются в двух основных формах: сопротивления воздействиям и содействия им. С помощью имеющихся средств мы не всегда можем объяснить природу этих явле-

ний, а тем более управлять ими. Отсюда — возможные издержки в управлении, снижение его эффективности, снижение эффективности организации в целом, замедление ее развития.

Итак, проблема состоит в отсутствии полного и адекватного знания о природе и механизме реакции организации на воздействия, в невозможности по этой причине предвидения и учета характера реакции, а также рационально построенного целенаправленного воздействия на ситуацию; в противоречии между целенаправленностью задач развития организации и неопределенностью действия механизма ее ситуационной реакции.

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ

Изучение реакций социальной организации на воздействия представляет собой сложную исследовательскую задачу, связанную с высокой неопределенностью среды и с моментами, относящимися к изучению больших систем:

— невозможность их формализации как объекта управления,

— непостоянство структур и функционирования,

— многокритериальность управления и нечеткое задание критериев целесообразности,

— наличие людей, обладающих свободой действий [26, с. 4—5].

Появление людей в качестве элементов исследуемого объекта, утверждает Э. Л. Наппельбаум, «заставляет совершенно по-новому ставить вопрос о научном исследовании. Условия функционирования рассматриваются уже не только через призму объективизированного восприятия исследователя, но и через восприятие тех людей, от деятельности которых зависит поведение объекта и которые реагируют на них субъективно, сообразуясь со своими целями, представлениями, вкусами и системами ценностей» [18, с. 62].

Наличие людей как основного «материала» больших социальных систем затрудняет применение многих математических, кибернетических, вычислительных методов исследования и управления. Необходимо искать иные средства точного научного описания ситуаций. Один из путей решения этой задачи — полустандартизированное описание и системный анализ отдельных случаев воздействий на организацию, например воздействий нововведений.

В качестве объекта при изучении реакций организации выступают организационные процессы и деятельности, для

описания которых используется чаще всего естественный язык [26, с. 21]. В качестве предмета исследования наиболее целесообразно рассматривать связь регулирующих и развивающих воздействий с реакциями организации как компонентами ее жизнедеятельности, имеющими отношение к ее развитию. Предмет, построенный таким образом, позволяет рассматривать реакции в контексте деятельностей и процессов, где они возникают, в связи с нарушениями в этих

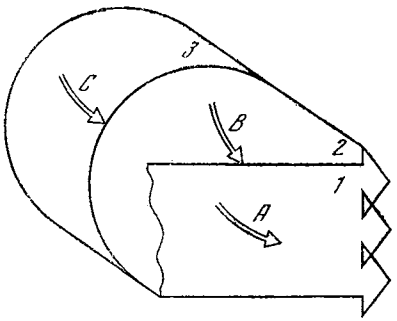


Рис. 1. Социоинженерная модель воздействия

1 — организация;
2,3 — социоинженерные надстройки;
A — внутренние по отношению к организации воздействия;
B — внешние воздействия первого уровня;
C — внешние воздействия второго уровня

деятельностях и процессах, а также во взаимосвязях с регулирующими и развивающими воздействиями.

Современный подход к подобным проблемам, по мнению ряда специалистов, идет «не от специфики объекта, а от того взаимодействия, в которое мы хотим этот объект вовлечь... и в частности от тех схем (парадигм) научного описания, которые дают возможность их интерпретации в терминах возможных взаимодействий» [18, с. 61]. Таким образом, очевидно, что понимание существующих сложностей во взаимодействии исследователя с объектом делает неэффективным рассмотрение модели воздействия на организацию как естественнонаучный объект. Напротив, в центре нашего внимания оказывается система нашего же исследовательского, управляющего и инновационного воздействия на модель «воздействие-реакция» (рис. 1). Такие воздействия всегда будут социоинженерными, т. е. направленными на какие-либо деятельности (см. также [14, 32]).

К воздействиям класса *A* можно отнести изобретательство, рационализаторство и некоторые другие проявления творческой и социальной активности членов организации, а также различные внутренние нарушения. Воздействия класса *B* — это в первую очередь управляющие и регулирующие воздействия аппарата управления организации: принятие и передача решений, контроль, санкции. Управляющие и

развивающие воздействия на организацию со стороны руководящих органов и должностных лиц, а также со стороны специализированных учреждений, будут в нашей модели занимать промежуточное место между B и C. К классу C, в соответствии с разработками по организационному развитию, можно отнести 12 типов воздействий (interventions): диагностическую деятельность, обучение и тренинг персонала, совершенствование структуры управления, консультирование, организацию групповой работы и др. [33]. На примере воздействий этого типа мы видим, как привычная цепочка «исследование—проектирование—внедрение» размывается новыми видами деятельности, содержащими в снятом и преобразованном виде прежние и вовлекающими нас в бесконечное разнообразие, богатство и уникальность объектов нового типа, органично включающих нашу деятельность в качестве своего полноправного компонента.

В качестве главного исследовательского инструмента, позволяющего вскрыть интересующие нас механизмы реакции организации и их причины, нами используется прием ступенчатого построения системы гипотез [6]. Суть его заключается в том, что в процессе анализа реакций организации выдвигаются на основе определенной теоретической схемы предположения о причинных факторах, детерминирующих эти реакции и лежащих все в более глубоких пластах объекта. Последовательная цепочка гипотез позволяет определить компонентный состав конкретной ситуации, детерминирующие ее факторы, характер реакции, ее направленность и т. д.

Нам представляется, что категориальный аппарат ступенчатого построения гипотез и социоинженерного ситуационного анализа позволяет достаточно непротиворечиво описывать многие латентные механизмы, проявляющие себя в ситуациях воздействия на организацию. Однако мы отдаем себе отчет в статусе подобных средств и в их ограниченном характере. В оценке теоретических моделей, на базе которых они построены, уместно исходить из позиции, фиксирующей результат длительного периода формирования современного взгляда на средства научного анализа в применении к слабоструктурированным проблемам и выраженной Н. Стефановым в следующем утверждении: «Задача не в создании собственно теории объекта, а в создании такой формации знаний, которая выполняла бы особую методологическую функцию, была бы точкой опоры анализа» [30, с. 54].

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОСНОВНОЙ ГИПОТЕЗЫ

На основе поставленной проблемы, накопленного наукой опыта и проведенных нами эмпирических исследований, для объяснения интересущих нас явлений мы предположили, что в ответ на некоторые воздействия в организации наряду с непосредственными изменениями, вызванными этими воздействиями, в качестве вторичного эффекта могут возникать социальные структуры особого типа — «ситуационные структуры». Они-то и могут оказывать сопротивление либо содействие регулирующим и развивающим воздействиям на организацию, создавая специфическую ситуацию взаимодействия внутри системы как объекта нового типа. Их отличительные особенности: привязка к данной ситуации, единообразие и единство разрозненных, в предельном случае некоординируемых, человеческих действий в ответ на воздействия, относительная самостоятельность на некотором временно́м промежутке. Ситуационная структура (как феномен, характеризующийся высокой степенью неопределенности и одновременно обладающий реальным организационным влиянием) должна находиться в сложной связи со структурами неситуационными, более устойчивыми, закрепленными в различных нормативах, предписаниях, традициях, т. е. со структурами формальными и неформальными, проектными и реальными, организационными и самоорганизационными и проч. Выступая в качестве одной из форм реакции организации на воздействия и нарушения, они могут выражать характер и уровень равновесия в ней, особенности действия латентных структур и механизмов организации. Наиболее важным для нас является представление о ситуационных структурах как об одной из практических форм развития организации и в частности как о феномене, характеризующем объекты с развивающейся структурой [5].

Теоретическое обоснование предложенной гипотезы требует дальнейшего разворачивания описанной выше системной социоинженерной модели.

Из некоторой внешней позиции представим организацию или ее подразделение как компонент сложной многоцелевой системы, на который оказывается из другой позиции воздействие. При этом возникает некоторая ситуация.

Предполагается, что любая организация реагирует на воздействие не вся в целом, а какой-то своей частью. Причем в области воздействия в качестве одной из возможных форм осуществления и проявления ее реакции, моделирующей воздействие, возникает ситуационная структура, значимая для

воздействия (рис. 2). Эта структура может препятствовать, а может и содействовать осуществлению указанных воздействий, создавая тем самым ситуацию внутрисистемного взаимодействия. Возникает задача целенаправленного приведения этих реакций в соответствие с целями воздействия на организацию и направленностью ее развития. Для решения этой задачи необходимо изучить природу реакций, механизмы их возникновения, развития, исчезновения или закрепления, их функции в системе и т. д. из позиции исследователя C_0. И уже на этой основе задавать позиции B_0

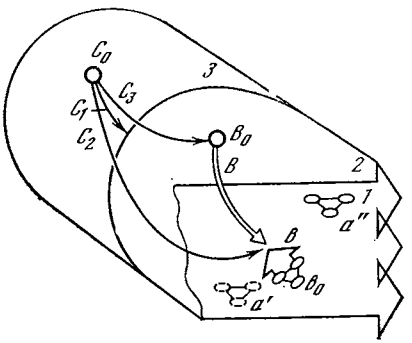


Рис. 2. Социоинженерная модель взаимодействия

1 — организация;
2,3 — социоинженерные надстройки;
B — позиция, из которой осуществляется воздействие;
B — воздействие на организацию:
a, a — структуры, существовавшие до воздействия;
$в$ — реакция на воздействие;
C — позиция, из которой осуществляется исследование;
C_1, C_2, C_3 — воздействующие инновационные исследования

принципы и средства осознанного воздействия на них. Наиболее эффективной эта работа будет в случае кооперации в единой деятельности позиций C_0 и B_0.

Проблемная ситуация может возникнуть не только в результате некоторого воздействия на организацию, но и в результате нарушений или разрывов в процессах, которые осуществляются в ней самой. В этом случае мы будем говорить о «воздействии» со стороны ее собственных компонентов.

Для дальнейшего использования социоинженерной системной модели гипотетического механизма вторичной реакции организации на воздействия необходимо развернуть исходные представления, зафиксированные на рис. 1 и 2, в модель на уровне производственной организации или ее подразделения. В качестве одного из возможных направлений конкретизации модели можно представить довольно распространенную ситуацию, в которой на процесс или деятельность с разрывом и уже имеющейся ситуационной структурой и будет оказываться регулирующее или развивающее воздействие. В практике проведения системного анализа на промышленных предприятиях такие ситуации встречаются наиболее часто.

В связи с анализом объектов нового типа можно наметить линии соотнесения общесистемных и ситуационных характеристик трех реальностей, с которыми мы имеем дело, например, в случаях нововведений: объекта инновационного воздействия, системы «инноватор—объект» и метасистемы «исследователь—инноватор—объект». Рассмотрение таких организационных систем как целостностей противопоставляется при этом рассмотрению их отдельных предметных проекций: технологической, экономической, социальной и т. д. В связи с этим особое значение приобретает тот факт, что практически любое инновационное воздействие в организации и на нее будет результатом формирования ситуационных структур в социоинженерных блоках 2 и 3 либо ситуационной социоинженерной структуры в самом блоке 1. В ходе практического изучения отдельных случаев нововведений на промышленных предприятиях мы обратили внимание на тот факт, что ситуационная структура обязательно возникает в воздействующей подсистеме, где как минимум формируются управленческие группы [7]. Обсуждение большого числа нововведений показывает, что в ходе инновационного воздействия возникают по меньшей мере три ситуационные структуры: в организациях, создающих новшество, в организации, где оно внедряется, и в руководящих органах. Мы можем, таким образом, говорить о полной ситуационной структуре, включающей описанные частичные.

Исходными в описании нашей модели являются понятия «система», «воздействие», «реакция», «ситуация» и «ситуационная структура». Рассмотрим эти понятия более подробно.

Под «системой» имеется в виду «совокупность объекта исследований и внешней среды, связанных между собой входными и выходными воздействиями. Эта совокупность рассматривается как единое целое, определяемое преобразованием входных воздействий в выходные, как некоторая совокупность подсистем и как элемент более крупной системы» [11, с. 96]. Исходя из такого понимания системы, под «воздействием» мы будем понимать способ отражения среды в объекте, а под «реакцией» — способ отражения объекта в среде. Воздействие и реакция, рассмотренные как единое целое, будут использоваться в качестве единицы взаимодействия.

Ситуация, возникающая в процессе взаимодействия, трактуется нами как конфигурация некоторого набора компонентов объекта и среды в данный момент осуществления этого процесса. Особую важность для нас представляет в соотнесении со средой организация. На этом уровне мы бу-

дем говорить о конкретной ситуации, которая понимается как конфигурация определенных компонентов взаимосвязанных процессов в данный момент развития организации (о конкретной ситуации см. также [12]). При определении ситуации важными являются два момента. Первый: понятие «конфигурация» отражает в контексте нашей работы три стороны ситуации: ее элементный состав, способ взаимосвязи, взаимодействия элементов объекта и среды и их новые, или смещенные, значения для участников ситуации. Второй момент: конкретные ситуации, которые нас интересуют, всегда будут проблемными, т. е. их фиксация всегда означает факт затруднения в достижении желаемого состояния либо невозможности такого достижения.

Понятием «ситуационная структура» мы обозначем целостную совокупность позиций, ожиданий и действий членов организации, детерминированную данной ситуацией и только ею. Все структуры организации интересуют нас именно в этом плане: индуцированы они данной конкретной ситуацией либо какими-то иными механизмами. И если структуры первого типа мы называем «ситуационными», то структуры второго типа — «стационарными». Понятие стационарности как раз и схватывает наиболее существенную с точки зрения нашей задачи черту этих структур: их нормированность, «неподвижность» в смысле сохранения на длительных отрезках времени самотождественности. Ситуационная же структура — это высокодинамичное образование, появляющееся и прекращающее существовать в данном качестве с возникновением и исчезновением ситуации воздействия.

Функции ситуационных структур определяются тем реальным воздействием, которое они оказывают на организационную систему, деятельность и воздействующих субъектов.

По отношению к организации выделяется функция развития, которая осуществляется, во-первых, в форме содействия инновационным решениям либо изменениям, во-вторых, в форме стимулирования перестройки существующих организационных и социальных структур и, в-третьих, в форме спонтанного «нащупывания» новых структур.

По отношению к деятельности с разрывом выделяется функция восстановления равновесия или устранения нарушения, которая особенно наглядно осуществляется в ситуациях полной самоорганизации, например при работе бригад на один наряд. Самоорганизация здесь приводит (в случаях каких-то нарушений в работе) к возникновению ситуацион-

ных структур, порой охватывающих все предприятие и даже выходящих далеко за его пределы. Так возникает определенная конфигурация компонентов ситуации. Частный случай восстановления равновесия и целостности — замещение деятельности или процесса в объемлющих системах, т. е. системах, включающих данную как свою часть. Иногда в этом случае говорят о компенсаторной функции [25, с. 114]. В ситуациях трудностей в восстановлении деятельности или процесса ситуационная структура способствует созданию условий и оргформ для решения задачи данной деятельности другими средствами: временно, «в обход» и т. п.

По отношению к воздействию выделяется функция предохранения деятельности либо процесса от неадекватных воздействий («защитная»). Эта функция, собственно, и является главной составляющей упоминаемого выше противодействия. Защитная функция направлена на препятствование некачественным либо несвоевременным решениям-воздействиям. Одновременно она создает условия для самоликвидации нарушений. На практике довольно часто можно наблюдать, как целенаправленные воздействия руководителей встречают сопротивление, а предоставление коллективу возможности самоорганизоваться приводит к быстрому устранению нарушения.

ДИНАМИКА СИТУАЦИОННЫХ СТРУКТУР

Для целей анализа динамики ситуационных структур представляется важным рассмотреть вопрос о содержании, механизме действия и динамике ситуационных, и в частности инновационных, позиций.

Анализ работ по инновационной проблематике, содержащихся в [20, 27, 29] и ряде других изданий позволил выделить более сорока различных позиций, упоминаемых авторами при анализе инновационных процессов. Позиции связываются с ролями, статусами, функциональными местами, структурами, деятельностью, группами и рядом других понятий, привлекаемых к описанию инновационных процессов. Для перехода к анализу динамики ситуационных структур можно ввести представление о позициях, вытекающее из системной социоинженерной модели регулирующего и развивающего воздействия, предложенной выше.

«Позиция» с этой точки зрения представляется как место в структуре деятельности, предписывающее занимающим его людям определенный способ видения, восприятия реальности и определенную технологию действий. Функциональные места

в организационной структуре и структуре организаций, определяемые сложившейся в обществе системой разделения общественного труда, удобно обозначить как «позиции-функции» (Ф-позиции). Этот тип позиций соответствует организационным статусам: должностям, профессиям, членству в общественных организациях, а также положению, или статусу, организаций в системе разделения труда в масштабе города, отрасли, страны в целом. При описании инновационного процесса в качестве Ф-позиций будут рассматриваться позиции администраторов, конструкторов, проектировщиков, научных сотрудников, членов ВОИР, а также НИИ, главки, заводы и т. п.

Второй тип позиций вытекает из разделения в инновационном процессе принимаемых на себя ролей по отношению к нововведению. Этот тип мы называем «позиции-роли» (Р-позиции). Это могут быть такие позиции, как инноватор, организатор, эксперт, пользователь, методолог и т. п. Так, изобретатель как член ВОИР может не стать инноватором в структуре Р-позиций, т. е. он в данном случае не примет на себя роль инноватора, а останется в статусе изобретателя. В данной структуре роли определяются по месту в системе разделения труда в самом инновационном процессе.

Третий тип позиций — «позиции-отношения» (О-позиции) — формируется полностью на основе реакций работников и организаций на те или иные компоненты инновационного процесса и отражает меру принятия или неприятия нововведения. В литературе по инноватике этот тип позиций представлен наиболее полно и расчлененно — от позиции инициатора до позиции противодействующего. Данный тип дифференцируется на основе разделения действий в инновационном процессе в зависимости от субъективного отношения или оценки. Причем субъективное отношение формируется в Ф-позициях и в Р-позициях.

Одна из главных трудностей анализа динамических аспектов нововведений как раз и заключается в необходимости диагносцировать «поведение» этих трех структур в инновационном процессе, их взаимовлияние и изменение. С нашей точки зрения, динамика ситуационной структуры осуществляется за счет: 1) количественного роста — уменьшения объема наполнения позиций, 2) формирования и подключения новых позиций, а также их исключения, 3) смены типов позиций и 4) движения внутри одного типа позиций. В первых двух случаях расширение сферы инновационной деятельности и разворачивание самой деятельности ведет к подключению все новых и новых организаций и должностных

лиц в разных позициях. Многие из них, выполнив свою функцию, выключаются из общей системы инновационного процесса. В третьем случае фиксируется движение по типам позиций в двух направлениях: от О-позиций через Р-позиции к Ф-позициям и наоборот. Назначение, скажем, нового работника на какую-то должность во вновь созданное подразделение ведет к принятию либо непринятию им на себя какой-то роли во внедрении этого подразделения и к формированию у него позитивной либо негативной позиции по отношению к данному нововведению. Довольно распространенной является ситуация, когда заинтересованность каким-то делом приводит к занятию Р-позиции инициатора, а затем появляется возможность создать новые Ф-позиции, например в структуре нового СКВ, и занять их. В четвертом случае может наблюдаться движение работников по Ф-позициям, например должностной рост, смена должностей по горизонтали, смена профессии, увольнение, смена статуса завода на статус научно-производственного объединения; по Р-позициям — инициаторы принимают на себя роль организаторов, затем экспертов, и по О-позициям — появление заинтересованности, охлаждение к нововведению и т. д.

Важным аспектом анализа динамики ситуационных структур является представление о трех фазах их формирования: возникновении информационных, отношенческих и деятельностных ситуационных структур.

СИТУАЦИОННЫЕ ГРУППЫ

Одним из важнейших вопросов при анализе ситуационных структур является способ их репрезентации в человеческом материале организации. При такой постановке вопроса в центре внимания оказываются уже частично описанные выше проблемы формирования отношения к нововведениям и его динамики. Наибольший интерес в этой связи представляют реакции работников и различных организаций на появление инновационной идеи, разработку, исследование, проектирование, внедрение и использование новшества. В этих реакциях проявляются, реализуются, через них действуют все организационные и социальные механизмы реагирования организации на внешние и внутренние воздействия, и, следовательно, они определяют социально-психологические условия эффективности инновационного процесса. Когда мы проводим позиционный анализ ситуации нововведения, мы отдаем себе отчет в том, что позиции проявляются в определенных действиях людей и объединяющих

их организаций, что позиции имеют смысл только в связи с действиями. В совокупности эти действия в условиях инновационного процесса выступают как ситуационные системы деятельности [8], которые можно рассматривать как с точки зрения их структуры [9], так и с точки зрения их носителей — ситуационных групп. Для дальнейшего развития этой идеи необходимо остановиться на ряде теоретических аспектов типологического и структурного характера.

Чтобы раскрыть специфику ситуационных групп, обратимся к описанию Н. И. Лапиным характера воздействия инновационного процесса на организацию. «Пронизывая несколько структурных подразделений организации, внося изменения в эти структуры и в содержание деятельности работников,— пишет Н. И. Лапин,— инновационный процесс оказывается тем оселком, на котором обнажаются, эмпирически проявляются реальные взаимоотношения между людьми, имеющими различные статусы, интересы, мотивацию и другие социально-организационные и социально-психологические характеристики. Эти отношения принимают характер непосредственного содействия или противодействия новшеству, повышения сплоченности или усиления напряженностей, обострения конфликтов» [16, с. 44—45]. Добавим, что, как следует из анализа конкретных нововведений, инновационный процесс пронизывает не только некоторое число структурных подразделений организации, но и некоторое число разных организационных уровней управления и разных организаций, порой не связанных с данной ничем, кроме инновационной ситуации. Здесь-то и возникает некоторая конфигурация позиций, порой даже не связанных между собой в каких-то участках этой конфигурации, но объединенных в одно целое с другими компонентами ситуации соотносительным значением и смыслом инновационного процесса для его участников. Этих участников, занимающих некоторые позиции в рамках инновационной ситуации в результате того, что она затрагивает их интересы, мы и включаем в «ситуационную группу». Выделенная таким образом группа, с нашей точки зрения, действует в инновационном процессе как единый, но сложный и порой противоречиво функционирующий организм.

Отметим два принципиальных отличия ситуационных групп, с одной стороны, и групп диффузных, ассоциаций и кооперации [19, 22, 23] — с другой.

1. Специалисты по группам и коллективам разворачивают свои концепции исключительно на группах контактных и часто только на малых группах. Принцип, на кото-

ром строятся контактные группы,— «на одном пространстве в одно время» — совершенно не подходит для описания групп ситуационных. Если нововведение затрагивает интересы порой ничем не связанных друг с другом людей в разных организациях, и они действуют по отношению к нему единообразным способом — защищают, борются и т. д., то ни о какой роли контактности как сущностной характеристики этой группы не может быть и речи. Конечно, на отдельных локальных участках инновационного процесса могут и должны возникать контактные группы и контакты между ранее не связанными работниками (мы говорим в этом случае о возникновении сложных ситуационных коммуникативных сетей). Но это не тот признак, который определяет существо ситуационных групп.

2. Согласно [23], уровни формирования коллектива выделены по принципу возрастания личностной значимости содержания групповой деятельности, а также общественной ценности ее содержания (см. об этом также [22]). Однако ситуационная группа изначально, по определению, выделяется как группа работников, чьи интересы затронуты каким-либо воздействием или процессом, в нашем случае инновационным. Поэтому и их позиции, и их действия являются результатом значимости для них содержания действий, связанных с нововведением, а взаимодействия между ними, когда они есть, по определению, будут опосредствованы «личностно значимой и общественно ценной деятельностью».

Добавим к этому, что практически никто из специалистов по группам и коллективам не работает на межорганизационном уровне.

Таким образом, из сказанного можно сделать вывод о том, что ситуационные группы представляют собой иной объект изучения, проектирования и управления, нежели группы контактные, коллективы и т. д. Следовательно, и методы работы с ними следует искать иные.

Важным механизмом, «интегрирующим» ситуационную группу, является описанная В. А. Ядовым система ситуативных социальных установок личности [28, с. 106—120]. Этот тип диспозиций возникает в конкретных предметных ситуациях и закрепляет в индивидуальной психике и структуре личности работников структуры коммуникативную и отношенческую. Таким путем события на уровне производственных и социальных процессов, события в деятельности как системной целостности отражаются и фиксируются в человеческом материале организации.

Ситуационные группы могут либо переходить в стацио-

нарные устойчивые группы с групповой структурой и прочими групповыми атрибутами, либо превращаться в элементы стационарной организационной структуры, либо размываться и исчезать с прекращением воздействия и исчезновением ситуации. Но в любом случае ситуационные группы представляют собой реальную организационную силу, которая требует от руководителей организаций продуманной, научно обоснованной тактики и стратегии управления.

РЕГУЛИРОВАНИЕ СИТУАЦИОННЫХ СТРУКТУР

Для практики регулирования ситуационных структур важное значение имеет тот факт, что они могут иметь как отрицательную по отношению к данному воздействию направленность — сопротивление, противодействие, так и направленность положительную — содействие, благоприятствование. Эффективное регулирование ситуационных структур должно включать решение следующих задач:

— выявление факта наличия ситуационной структуры,
— определение ее направленности,
— определение причин данной направленности,
— оценка ситуационной структуры и ее направленности,
— определение способов воздействия на ситуационную структуру, в том числе возможности отказа от воздействий,
— воздействие на ситуационную структуру с учетом целей организации и субъектов воздействия.

Факт возникновения ситуационной структуры выявляется экспертным путем. Чаще всего это ситуация, в которой не решается какая-то проблема.

Выявление общей направленности «потенциальной» и «актуальной» ситуационных структур необходимо при любом воздействии на объект, элементами которого являются люди, так как реакция на воздействие будет иметь место практически всегда. Воздействие может быть эффективным лишь в случае учета этих вторичных реакций. В практике управления все шире применяются различные методики диагностического предреорганизационного обследования, дающие возможность скорректировать внедрение организационных мероприятий. Так, при создании бригад, работающих на один наряд, на многих заводах перед проведением этого мероприятия проводится детальный анализ состояния, информированности и направленности возможных будущих реакций на создание бригад всех, кто будет иметь к этому отношение. Наша практика показывает, что это позволяет избегать многих негативных последствий орга-

низационных перестроек, готовить ситуацию, благоприятствующую быстрому и безболезненному переходу предприятия на новую форму организации и оплаты труда.

Причинами той или иной направленности ситуационной структуры могут быть самые разные факторы. Особое внимание должно уделяться двум нетривиальным группам причинных факторов: тем, которые вызывают положительную направленность ситуационной структуры, но требуют тем не менее устранения, например рваческие настроения, ведущие к принятию нововведения, и факторам, вызывающим отрицательную направленность, но требующим тем не менее закрепления и развития, например высокая требовательность по отношению к качеству управляющих воздействий. Оценить верно указанные моменты можно лишь при условии рассмотрения регулирования конкретных ситуаций в более широком контексте, а именно в контексте развития организации в целом. Только в этой более широкой системе координат направленность ситуационной структуры и ее причины получают основания для оценки. В случаях же узкого подхода, требующего, например, обязательного внедрения какого-то нововведения независимо от его возможного негативного влияния на всю организацию, практически невозможно оказывать управляющие или инновационные воздействия без серьезного ущерба для организации в целом.

Учет той или иной направленности ситуационной структуры должен помочь выработке адекватного и продуктивного отношения к ней, исключить случаи оценки любого сопротивления как явления негативного.

При определении способа воздействия на ситуационную структуру особую важность приобретает учет ее позитивных функций. Часто сам факт возникновения ситуационной структуры является фактором, имеющим большую диагностическую силу. Отказ от воздействия на эту структуру в ряде случаев становится наилучшей тактикой управления.

Характер самого воздействия на ситуационную структуру должен зависеть от ряда ее важнейших характеристик: фазы ее становления, ее направленности, характера причинных факторов.

Выше уже говорилось о предреорганизационных диагностических обследованиях. Это воздействие, но еще на «нулевом цикле». Здесь возникает возможность конструирования искусственных ситуационных структур, которые с самого начала обеспечивали бы успешность регулирующего или развивающего воздействия. Отрицательная направленность ситуационной структуры может в случае необ-

ходимости быть снята как за счет устранения или нейтрализации вызвавших ее причин, так и за счет усиления факторов, способствующих положительной направленности ситуационной структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Американские буржуазные теории управления: Крит. анализ. М.: Мысль, 1978. 366 с.
2. *Гвишиани Д.* В тщетных поисках.— Коммунист, 1978, № 11, с. 92—102.
3. *Гвишиани Д.* Предисловие.— В кн.: Кунц Г., Доннел С. О. Управление: системный и ситуационный анализ управленческих функций. М.: Прогресс, 1981, с. 5—27.
4. *Григас Р.* Социальная организация предприятия и ее функции. Вильнюс: Минтис, 1980. 320 с.
5. *Данилов-Данильян В. И., Толмачев И. Л., Шуршалов В. В.* Об имитационном моделировании систем с развивающейся структурой.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980, с. 191—209.
6. *Дудченко В. С.* Ступенчатое построение гипотез как средство организации социологического исследования.— Социол. исслед., 1975, № 2, с. 149—153.
7. *Дудченко В. С.* Методологические проблемы изучения коллективных форм управления производством.— В кн.: Проблемы применения коллективных и коллегиальных форм управления на предприятиях (объединениях). Таллин: Эст. НИИ науч.-техн. информ. и техн.-экон. исслед., 1980, с. 25—29.
8. *Дудченко В. С.* Инновационные принципы анализа и разрешения конкретных ситуаций на производстве.— В кн.: Проблемы управленческих нововведений и хозяйственного экспериментирования. Таллин: Всесоюз. совет науч.- техн. (Ком. по пробл. упр.).
9. *Дудченко В. С.* Ситуационные структуры в организации.— В кн.: Структура инновационного процесса. М.: ВНИИСИ, 1981, с. 82—97.
10. *Евенко Л. И.* Ситуационный подход — новое направление в американском менеджменте.— США — экономика, политика, идеология, 1978, № 10, с. 99—108.
11. *Емельянов С. В., Наппельбаум Э. Л.* Основные принципы системного анализа.— В кн.: Проблемы научной организации управления социалистической промышленностью. М.: Экономика, 1974, с. 92—99.
12. *Лапин Н. И., Болотова И. Ф., Дуберман Ю. Е.* Руководитель коллектива. М.: Политиздат, 1974. 127 с.
13. *Лапин Н. И., Коржева Э. М., Наумова Н. Ф.* Теория и практика социального планирования. М.: Политиздат, 1975. 197 с.
14. *Лапин Н. И., Пригожин А. И., Сазонов Б. В., Толстой В. С.* Нововведения в организациях.— В кн.: Структура инновационного процесса. М.: ВНИИСИ, 1981, с. 5—23.
15. *Лапин Н. И.* Управление трудовыми коллективами и социальные функции руководителя.— Вопр. философии, 1977, № 5, с. 16—26.
16. *Лапин Н. И.* Социальные аспекты управления нововведениями.— В кн.: Проблемы управленческих нововведений и хозяйственного экспериментирования. М.: Всесоюз. совет. науч.- техн. о-в (Ком. по пробл. упр.), 1981, ч. 1, с. 35—47.

17. *Мильнер Б. З.* Организация программно-целевого управления. М.: Наука, 1980. 376 с.
18. *Наппельбаум Э. Л.* Системный анализ как программа научных исследований — структура и ключевые понятия.— В кн.: Системные исследования. М.: Наука, 1979, с. 55—77.
19. *Немов Р. С.* Психологическая теория коллектива и проблемы групповой эффективности.— Вопр. психологии, 1978, № 5, с. 53—62.
20. Нововведения в промышленности США: разработка и внедрение. М.: ИНИОН, 1981. 55 с.
21. *О'Шоннеси Дж.* Принципы организации управления фирмой. М.: Прогресс, 1979. 420 с.
22. *Петровский А. В.* К построению социально-психологической теории коллектива.— В кн.: Проблемы общения и воспитание. Тарту: Тарт. ун-т, 1974, с. 95—108.
23. *Петровский А. В., Шпалинский В. В.* Социальная психология коллектива. М.: Просвещение, 1978. 176 с.
24. *Пригожин А. И.* Самоорганизация: роль и место в управлении.— В кн.: Социология и производство. Казань: Тат. кн. изд-во, 1976, с. 115—128.
25. *Пригожин А. И.* Социология организаций. М.: Наука, 1980. 257 с.
26. *Поспелов Д. А.* Большие системы: Ситуационное управление. М.: Знание, 1975. 63 с.
27. *Сазонов Б. В.* Деятельностный подход к инновациям.— В кн.: Социальные факторы нововведений в организационных системах. М.: ВНИИСИ, 1980, с. 32—41.
28. Социальная психология: История. Теория. Эмпирические исследования. Л.: Изд-во ЛГУ, 1979. 288 с.
29. Социальные факторы нововведений в организационных системах: Тр. конф. М.: ВНИИСИ, 1980. 135 с.
30. *Стефанов Н.* Общественные науки и социальная технология. М.: Прогресс, 1976. 251 с.
31. *Черняк Ю. И.* Системный анализ в управлении экономикой. М.: Экономика, 1975. 191 с.
32. *Щедровицкий Г. П.* Автоматизация проектирования и задачи развития проектировочной деятельности.— В кн.: Разработка и внедрение автоматизированных систем в проектировании: (Теория и методология). М.: Стройиздат, 1975, с. 9—71.
33. *French W., Bell C.* Organization development: Behavioral science interventions for organization improvement. Englewood Cliffs; New York: Prentice-Hall, Inc., 1973, p. 15—17.
34. *French W.* The personnel management process: Human resources administration. 3rd ed. Boston: Boston Univ. press, 1974, p. 662—687.
35. *Luthans F.* Introduction to management: A contingency approach. N. Y.: McGraw-Hill, 1976. 444 p.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

В. А. ГЕЛОВАНИ, О. В. КОВРИГИН,
Н. Д. СМОЛЬЯНИНОВ

Стремительный прогресс вычислительной техники и системного программирования, появление языков программирования с развитой семантикой позволяют с качественно новых позиций ставить и успешно решать вопросы автоматизации интеллектуальной деятельности, создания автоматизированных систем управления, построения систем автоматизации проектирования и т. п. Этими вопросами занимается новая интенсивно развивающаяся область кибернетики, называемая искусственный интеллект [6, 9].

Это научно-техническое направление включает в себя автоматизацию процессов принятия решений человеком в профессиональных областях, разработку вопросно-ответных систем для общения человека с ЭВМ на естественном языке, машинный перевод текстов с одного естественного языка на другой, автоматизацию доказательств теорем, создание систем ситуационного управления сложными объектами, разработку интеллектуальных банков данных, автоматизацию программирования и ряд других важных проблем.

Основная цель исследований, проводимых в рамках искусственного интеллекта, не замена человека электронно-вычислительной машиной, а имитация творческой деятельности человека для передачи ЭВМ рутинных, хотя в ряде случаев сложных и трудоемких процессов, выполняемых человеком в повседневной практике.

Искусственный интеллект является междисциплинарной наукой и находится на стыке между математикой, кибернетикой, программированием, лингвистикой, психологией, биологией, и именно здесь появляются и развиваются идеи и методы искусственного интеллекта.

Создаваемые в рамках искусственного интеллекта ма-

шинные программы получили название систем искусственного интеллекта [2, 7, 8].

В настоящей работе обсуждаются вопросы, связанные с построением так называемых экспертных интеллектуальных систем, предназначенных для автоматизации процесса принятия решений в профессионально ориентированных областях [17]. Любая система, принадлежащая к этому классу, представляет собой некоторую модель процесса принятия решений человеком-экспертом (или группой экспертов) из определенной предметной области.

В основе коммуникационных отношений между людьми лежит способность обрабатывать символьные данные. В отличие от машинных программ, использующих количественные методы, в экспертных интеллектуальных системах интерпретация данных осуществляется с помощью тех же понятий и категорий, которыми оперирует эксперт. В этих системах происходит символьная обработка информации, и эта особенность является основной и характерной чертой интеллектуальных систем. Их работа организована так, как будто в ЭВМ заложен ход мыслей рассуждающего вслух специалиста.

Так как обработка информации осуществляется на символьном уровне, то появляется возможность объяснять пользователю экспертной системы, как был достигнут тот или иной результат, а это приводит к тому, что экспертная система перестает быть «черным ящиком», получающим решение путем манипулирования числами. Таким образом, способность к объяснению — это вторая особенность экспертных интеллектуальных систем.

Одной из главных проблем, возникающих при создании экспертных интеллектуальных систем, является представление знаний о предметной области. Она включает в себя, с одной стороны, разработку мощных выразительных средств для описания различных объектов, понятий, ситуаций, их иерархии и связей между ними и т. д., имеющих место в предметной области. С другой стороны, должны быть созданы интерпретирующие процедуры, обеспечивающие формулировку правил принятия решений в терминах построенных структур знаний. Другими словами, эта проблема связана с построением модели знаний о предметной области и механизме логического вывода, работающего с этой моделью для получения необходимых решений.

Построение моделей знаний, размещаемых в так называемых базах знаний экспертных систем, тесно связано со специальными языками представления знаний. Эти языки

по своим возможностям должны быть достаточно богатыми, чтобы с необходимой полнотой и точностью описывать предметные области. Такое требование сближает языки представления знаний с естественным языком, однако в отличие от последнего у языков представления знаний средства выявления смысла текстов и сообщений зафиксированы в более формализованном виде. Расширение изобразительных возможностей языков представления знаний с необходимостью приводит к тому, что процедуры, реализуемые в механизме вывода, носят логический, символьный характер. Тем самым экспертные интеллектуальные системы относятся к классу логико-лингвистических систем [8]. В этих системах логические средства обработки используются для преобразования данных, представленных в лингвистической форме.

Языки представления знаний. До недавнего времени основное развитие получили два класса языков представления знаний: декларативные и процедуральные. В середине 70-х годов был предложен новый подход, использующий для представления знаний так называемые фреймы [5]. Этот подход считается в настоящее время наиболее перспективным, и, по-видимому, он позволит разрешить многие проблемы представления знаний. Автором этой идеи считается М. Минский, однако некоторые схожие элементы использовались в системе Моора и Ньэла MERLIN [20], в сетях Нормана и Румельхарта [27] и в схеме Боброва [11].

Декларативные и процедуральные формы представления знаний. Прежде чем представить идею фреймов, посмотрим на внешнее отличие декларативного и процедурального способов представления знаний. Существование этих двух подходов к проблеме представления знаний в теории искусственного интеллекта вытекает из философского противоречия между «знать что...» и «знать как...». Сторонники процедуральной формы считают, что наши знания организованы по схеме «знать как» и что человеческий информационный процессор представляет собой некий механизм с записанными в нем программами, в которые вложены знания о мире. Все, что человек знает о естественном языке, решении задач, игре в шахматы, физических свойствах окружающего его мира, соотносится с его набором программ для проведения определенных операций.

Представители теории декларативной формы со своей стороны отвергают предположение, что знания субъекта непосредственно связаны с процедурами их использования. Они видят «интеллектуальность» в сочетании двух компонентов: некоторого универсального набора процедур для

манипулирования фактами любого вида и множества специфических фактов, описывающих знания о конкретной предметной области. Процесс мышления сводится к применению основных процедур к данным из предметной области для получения дедуктивного вывода решения. Очень часто такой процесс основывается на моделях аксиоматической математики. Факты представляются аксиомами, а процесс мышления заключается в применении процедур доказательства для вывода заключений на основе аксиом.

Декларативные формы представления знаний. Главной особенностью декларативных форм является такая организация базы знаний, при которой в ней хранятся только описания объектов и их семантических отношений и отсутствует информация о том, как могут быть использованы данные описания. Такой подход оказывается полезным в задачах понимания естественного языка и моделирования ситуаций, остающихся неизменными в процессе решения задач. Представителями декларативной формы являются логические схемы (логика исчисления предикатов первого порядка) и семантические сети.

Логические схемы, применяемые для представления знаний, используют константы, переменные, функции, предикаты, логические кванторы и связки для представления фактов в виде логических формул в логике (логике первого или более высокого порядков, многозначной логике, модальной логике или логике размытых множеств). База знаний, построенная по такому принципу, состоит из набора логических формул, которые обеспечивают частичное (требуемое для решения задачи) описание предметной области. Модификация такой базы знаний происходит путем добавления или удаления логических формул. Таким образом, формулы являются теми единицами в базе знаний, с которыми манипулирует логическая схема представления знаний.

Одним из преимуществ логической схемы является то, что на основе описания мира и аксиом логики могут быть выведены новые факты, не содержащиеся в явном виде в базе знаний. Другое преимущество состоит в простоте формул, составляющих базу знаний.

Главными недостатками логических схем являются трудность описания эвристической информации вида: «Если требуется достичь A при условии B, то целесообразно попробовать стратегии C_1, ., C_N» и формальный характер описания знаний в базе знаний, который затрудняет ее понимание.

Другой декларативной формой, получившей большое

развитие, являются сети. Эта форма, часто называемая семантическими сетями, в качестве внутреннего представления предметной области использует описание объектов, являющихся вершинами сети и бинарные связи, описывающие семантические отношения между объектами, являющимися дугами сети.

Согласно такому описанию, база знаний представляет собой связанный граф. Модификация такой базы знаний осуществляется путем добавления или удаления объектов и манипулирования их связями. Семантические сети, впервые предложенные Квилланом [25], широко используются в построении моделей человеческой памяти и оказывают заметное влияние на современное состояние разработок интеллектуальных систем. Основное внимание при создании семантических сетей для построения баз знаний уделялось выделению наиболее существенных связей (в советской литературе более принят термин «отношения») между объектами. Так, Брэчменом [13] были предложены следующие примитивные отношения.

Классификационные отношения. Этот тип отношений связывает объект (например, Иванов) с объектом более высокого уровня иерархии (например, человек, пол, студент). Такое классификационное отношение используется в сетях для различия объектов символов и объектов типов. В некоторых работах такие отношения используются для рекурсивного описания типов объектов через примеры других типов объектов.

Отношения агрегации (является частью). Это тип отношений, связывающий объекты (например, Иванов с его частями). Например, части Иванова, рассматриваемые как физические объекты: рука, нога, голова и т. п.

Отметим, что выделение того или иного класса отношений является прерогативой разработчиков систем искусственного интеллекта и зависит от характера и целей поставленной задачи. В последнее время возникла новая форма представления знаний, являющаяся разновидностью семантической сети. Это *RX*-коды. В таком представлении описание предметной области дается через базовые отношения между объектами, причем число отношений строго закреплено и неизменно. Поэтому введение нового объекта в базу знаний при такой форме возможно только через уже известные объекты и отношения, что накладывает определенные ограничения на пополнение базы знаний. С другой стороны, развитие алгебры *RX*-кодов [4] открывает большие возможности для обработки информации, представленной в таком

виде, который позволяет формализовать процесс получения решения.

Одним из преимуществ сетевого описания является возможность использования при логическом выводе только той части сети, которая имеет непосредственное отношение к рассматриваемому вопросу, а не всей базы знаний. Это достигается вследствие того, что процесс нахождения требуемой информации состоит в просмотре только тех вершин сети, к которым ведет «путь», задаваемый интересующими нас отношениями. Другая полезная особенность сетей состоит в том, что многообразие предметной области может быть хорошо описано с помощью примитивных отношений, указанных выше. И наконец, знания представлены в доступной форме в виде связанного графа, их понимание не вызывает трудностей.

Основным недостатком такой формы является отсутствие формальных методов обработки семантических сетей, что приводит к необходимости создания больших и сложных программ обработки информации для каждого конкретного типа сети.

Вполне понятное желание иметь язык представления знаний, который давал бы возможность записи информации, необходимой для формирования путей поиска решений, привело к созданию процедуральных форм представления знаний.

Процедуральные формы представления знаний. Само название этой формы говорит о том, что описание знаний о мире (предметной области) представлено процедурами на каком-либо языке. Одним из самых простых языков представления знаний на раннем этапе развития систем искусственного интеллекта был язык LISP [3] вследствие его ориентированности на обработку символьной информации. Этот язык, разработанный в начале 60-х годов, позволяет упорядочить в виде списков довольно сложные информационные структуры и строить эффективные процедуры для их обработки. Основная ценность представления данных в виде списков заключается в том, что исходные структуры представляются в виде отдельных компонентов, имеющих иерархическую структуру, что позволяет обрабатывать их независимо друг от друга. В силу своих важных качеств — универсальности и простоты в пользовании — ЛИСП нашел широкое применение для решения самых разнообразных логических задач. Заложенные в нем идеи, его функциональная структура, способ описания данных оказали значительное влияние на ряд последующих языков, которые специально

предназначены для задач искусственного интеллекта и которые условно можно разделить на два поколения.

Языки представления знаний первого поколения, такие, как PLANNER [18], CONNIVER [26], QA-4 [26], представляют собой дальнейшее развитие языка ЛИСП. Их особенностью является наличие некоторых процедур, характерных для моделей искусственного интеллекта. В свою очередь, эти языки нашли свое отражение в языках представления второго поколения — KRL [12], FRL, QWL [24], предназначенных для работы с сетями фреймов и семантическими сетями.

К процедуральным схемам относятся и продукционные системы, впервые предложенные Постом [23].

БЗ чистой продукционной системы состоит из набора продукций, каждая из которых состоит из условия и действия, базы данных, которая представляет собой некоторую структуру данных — выражение, содержащее информацию, в зависимости от которой работает продукционная система. Работа состоит в определении истинности условий продукции на структуре данных и применении в зависимости от этого конкретной продукции.

Продукционная система, начиная с заданной начальной структуры данных, работает следующим образом: продукция, чье условие окажется истинным для текущего состояния структуры данных, активизируется, это означает, что выполняется действие продукции. Последнее направлено на изменение структуры данных. Процесс заканчивается, когда ни одна продукция не может быть выполнена в силу своего условия либо когда действие продукции содержит предписание остановки. Фактически продукции в такой системе являются процедурами, которые могут быть интерпретированы как последовательность определенных действий. При использовании таких процедур в системе может быть выведен новый факт (представляющий собой структуру данных в памяти).

Продукции обладают рядом важных достоинств. Это в первую очередь их модульность и стилизованность, которые позволяют довольно быстро создавать большие базы знаний и облегчают задачу их пополнения и ведения. Продукции являются ясным и удобным способом выражения отдельных сегментов, знаний, при котором весь необходимый контекст содержится в посылке (левой части). Они достаточно просты и не требуют предварительного знакомства с языками программирования, поэтому не случайно формализм продукций широко используется на практике [22].

Продукции имеют, однако, и определенные недостатки. Как язык представления знаний они могут использоваться лишь для описания очень простых предметных областей, семантика которых представляется в виде причинно-следственных утверждений «Если... то...». Следовательно, далеко не в каждой предметной области продукции могут быть применены. Модульность продукций, требующая, чтобы вся необходимая контекстуальная информация содержалась в посылке, в ряде случаев приводит к правилам, имеющим длинные, неуклюжие и запутанные условия. Кроме того, хотя количество условий в посылке продукции теоретически не ограниченно, практика показывает, что в левой части продукции следует иметь не более шести условий. Наконец, серьезные сложности в применении продукций возникают при увеличении объемов баз знаний, когда время получения решения становится недопустимо большим. В таких случаях системы продукции необходимо разбивать на подсистемы путем введения метазнаний.

Основной целью процедурального языка представления знаний является обеспечение разработчика набором функций, удобных для применения в задачах искусственного интеллекта. С одной стороны, этот набор не должен быть особенно низкого уровня, так как в этом случае язык становится неудобен для пользователя. С другой стороны, высокий уровень языка, очевидно, ограничивает его применимость к задачам различных классов.

Все эти языки должны обладать следующими характерными особенностями:

1) иметь средства описания сложных типов данных (чисел, атомов, списков, программ);

2) структуры управления в них более сложные, чем в традиционных языках программирования;

3) иметь механизмы представления, обработки и поиска информации;

4) обладать механизмами и средствами построения дедуктивных алгоритмов.

Так, например, в случае продукционной системы для решения вопроса о выборе продукций, которые могут быть исполнены при текущем значении структуры данных, необходимо произвести проверку левых частей продукции на образе, содержащемся в структуре данных. Для решения этой задачи можно предложить функцию MATCH (X, $У$), которая отыскивает элементы $У$ в соответствии с заданным образом X. При описании, например, дерева решения И/ИЛИ на языке PLANNER необходимы такие операторы, как ИЛИ—

ВЕТВЛЕНИЯ и И—ВЕТВЛЕНИЯ, которые используют n предикаторов $P_1, P_2 \ldots P_n$ на n направлениях графа, принимающих значение ИСТИНА или ЛОЖЬ. Эти операторы могут быть использованы для направления поиска решения по тому ветвлению графа, для которого значение предиката ИСТИНА.

Перечисленные функции необходимы, как правило, при решении большинства задач искусственного интеллекта. Однако выделение полного множества таких операторов для конкретной задачи представляет собой проблему, от решения которой зависит выразительная сила процедурального языка представления знаний.

Процедуральные языки представления знаний имеют одно принципиальное преимущество: они позволяют описывать прямую взаимосвязь фактов и объектов предметной области, что ограничивает пространство поиска решений задачи.

Такая форма описания имеет и существенный недостаток: знания, представленные в процедурах, трудно понимать и модифицировать как любую программу, написанную на алгоритмическом языке. Несмотря на это, процедуральные языки легли в основу языков представления знаний второго поколения, хотя последние и сохранили многие черты декларативной формы.

Преимущества декларативных форм представления знаний. Одним из главных аргументов против процедурального представления является требование определить «квант» знания, описав, как он используется. Очень часто у такого «кванта» может быть несколько использований, и кажется маловероятным, что можно описать каждый аспект использования знаний предварительно. Для иллюстрации приведем пример. Пусть дано утверждение: «Все судьи в Москве мужчины». Оно может быть использовано для ответа на вопрос типа «не- мужчина» путем определения, является ли x московским судьей. Это утверждение может быть также использовано для решения, что x не из Москвы, если мы знаем, что x — не- мужчина. Все это факты выводимы из утверждения при различных вопросах или при поступлении новой информации. В строго процедуральных системах тому факту, что «Все судьи в Москве мужчины», должны быть даны различные описания для каждого из дедуктивных выводов. Каждый последний требует описания типа «Если вы определили, что некто является судьей, проверьте, не из Москвы ли он. Если это так, то сделайте заключение, что он мужчина». Традиционная логика, однако, обеспечивает простое декларативное описание в форме исчисления предикатов:

$\forall x$(Москвич (x) $\wedge$ Судья (x) $\rightarrow$ мужчина (x)).

Различное использование этого факта зависит от его использования универсальным дедуктивным механизмом. Вводя такую формулу в систему, мы не предполагаем заранее, каким образом будет применяться этот факт, делая более гибкой программу с точки зрения дедуктивного вывода, который она может выполнить. Очевидно, что гибкость, с другой стороны, позволяет сэкономить на описании возможных использований указанного факта.

Простота декларативного утверждения даже более важна, чем экономия машинной памяти ЭВМ. Она служит пониманию и простому модифицированию базы знаний системы, если последняя представляется множеством независимых фактов. Она может быть изменена, т. е. обучена добавлением новой аксиомы: и смысл каждой определяется ее логическим содержанием. Для программ же смысл вновь вводимого факта определяется тем, как он должен быть использован: при каких условиях, с какими аргументами и т. п. Даже небольшое изменение в одной части программы обычно влечет за собой необходимость корректировки другой.

Преимущества процедуральной формы представления знаний. Очевидно, что некоторые наши знания о мире лучше рассматривать как процедуры, а не как чисто декларативное описание. Если ставить целью функционирование робота в простой среде (как, например, перемещение кубиков), с большим успехом это достигается при использовании описания его действий в виде программы. Так, мы знаем, что вызов программы для поднятия кубика не вызовет изменений во взаимном расположении других объектов. При декларативном способе этот факт должен отразиться в виде аксиомы, которая утверждает нечто типа «Если вы поднимаете кубик X и кубик Y находится на кубике Z прежде, чем вы начали, и X не есть Y, и X не есть Z, и на кубике X ничего нет, то Y останется на Z после выполнения операций». Этот факт должен будет использоваться каждый раз, когда необходимо удостовериться, что связь между Y и Z сохранена. При процедуральной форме контролируется использование определенных знаний и имеется дело с взаимодействиями отдельных операций. Здесь приходится платить некоторой гибкостью за простоту представлений того, что мы знаем о процессе. Такой подход применим не только к физическим процессам типа перестановки кубиков, но и к дедуктивным процессам типа игр или доказательствам теорем в математике.

Одним из существенных компонентов нашего знания является информация о том, что известно и что можно узнать.

Известны реальные факты, как использовать другие объекты для получения решений. Это должно найти свое отображение в формальных способах представления знаний. Например, если надо построить план поездки в аэропорт, то известно, что, «когда есть уверенность, можно предположить, что вы воспользуетесь автомобилем». Теоретически возможно выразить знания о знаниях в декларативной форме, однако это сложно сделать вне контекста конкретного процесса получения решения. В процедуральных же системах можно прямо говорить о таких вещах, как глубина или продолжительность поиска, о конкретных путях вывода, для которых необходимы те или иные факты.

Подводя итог, можно сказать, что главное подтверждение преимуществу процедуральных систем дает тот факт, что они хорошо работают. Это отчасти обеспечивается тем, что в программах содержится эвристическая информация, управляющая поиском, типа «если вы хотите вывести заключение такого-то вида при данном множестве условий, то вы должны следовать следующим стратегиям...». Теоретически представляется возможным записать эту информацию в декларативной форме. Однако на практике многого пока не добились. Большинство декларативных систем содержат эвристику, «зашитую» в интерпретатор (механизм логического вывода), и не позволяют вводить проблемно-ориентированную эвристику в базу знаний. В процедуральных системах, с другой стороны, первичный контроль за процессом вывода осуществляется с помощью проблемно-ориентированных эвристических знаний.

Делая вывод из всех перечисленных выше факторов, очевидно, что при создании форм представления знаний надо стремиться к некоторой «золотой середине». Однако при этом необходимо исходить не от тезиса «как соединить программы и факты», а от проблемы: как использовать преимущества декомпозиции мира на части без потери возможности описания взаимодействия этих частей.

Представление знаний с помощью «фреймов». Наиболее полное отражение перечисленные проблемы нашли в теории «фреймов» Минского. Фреймы представляют собой специальные форматы для представления знаний. В настоящее время эта теория находится в стадии развития, но уже появилось семейство систем искусственного интеллекта, использующих в качестве формы представления знаний фреймовые структуры. Все они, несмотря на различные области применения, основываются на описании предметной области в виде отдельных структур, содержащих информацию об объектах,

их связях между собой, а также как следует поступать в том или ином случае. В зависимости от предметной области описания объектов и их связей могут принимать различные формы внутри фреймовых структур. В связи с этим нельзя определить какой-либо канонический вид фрейма.

Однако система должна иметь множество внутренних представлений тех объектов или процессов, которые являются предметом моделирования. Это множество организовано по иерархической схеме, в которой общие концепции с помощью связей соединяются с их более специфическими видами. С каждой из вершин этой сети ассоциирован фрейм, объединяющий знания о данной концепции. Эти знания часто являются словами или фразами на естественном языке, но это требование не обязательно. Любое свойство, присущее концепциям на более высоком уровне, остается истинным и для связанных концепций низших уровней, т. е. происходит наследование свойств. Это старая, но интуитивно очень полезная идея для дедуктивного вывода. Граф, отражающий предметную область, может быть рассмотрен и с другой стороны, как система классификаций. Действительно, каждый фрейм описывает класс объектов, а связи объединяют эти классы в суперклассы, которые их содержат. С точки зрения выполнения каких-либо операций полезно рассматривать граф как иерархию описаний. Применение классификации является одним из базовых элементов процесса вывода. Если известно, что рассматриваемый объект принадлежит к определенному классу, то к нему можно применить целый набор дополнительных знаний, связанных с конкретным фреймом, последний можно применять для управления процессом сбора информации.

Какие же элементы входят во фрейм и составляют описание? В простой предикативной схеме классификация соответствует некоторому множеству предикатов. В системах, использующих семантические сети, обязательно должны присутствовать все связи объекта с другими. Идея фреймов добавляет новое понятие к этому подходу. Для каждого фрейма выделяется некоторое множество фреймов, которые считаются «важными» элементами, связанными с данным фреймом. Описание этого множества в конкретном фрейме осуществляется с помощью слотов. Отметим, что выделение важных элементов для понятия тесно связано с целью конкретного представления.

Перечисленные выше характеристики фрейма представляют собой декларативную форму представления знаний. Она содержит несколько больше информации, чем просто

набор фактов, вследствие выделения наиболее важных связей (слотов).

Структура фреймов позволяет присоединить к ним процедуры, такие, как TO—FILL, WHEN—FILLED, которые соответствуют аналогичным процедурам в языке PLANNER и отражают два существенных момента в управлении процессом вычисления. В качестве присоединенных процедур могут также использоваться любые другие процедуры.

Такое сочетание процедуральных и декларативных аспектов представления знаний на сегодняшний день дает обнадеживающие результаты. Однако следует заметить, что у этих языков имеется ряд недостатков и ограничений. Так, универсальные языки типа KRL и FRL, которые могут быть использованы в любых системах искусственного интеллекта, имеют пониженную эффективность. Поэтому в тех случаях, когда на первый план выходят вопросы, связанные с эффективностью работы системы, целесообразно использовать язык представления знаний, ориентированный на конкретную предметную область и учитывающий ее специфические особенности.

Основные компоненты экспертных интеллектуальных систем. Успех экспертных интеллектуальных систем зависит от двух важных обстоятельств. Первое обстоятельство связано с точностью получаемого решения, которое зависит от полноты и состояния базы знаний. Здесь следует заметить, что содержимое базы знаний в значительной мере определяется субъективными факторами: знаниями, опытом, интуицией экспертов. Во многих предметных областях существуют разные школы, придерживающиеся различных подходов или концепций при решении одной и той же задачи. Поэтому у разработанной экспертной системы может иметься своеобразный «изъян» — профессиональный акцент, и то, что подходит полностью для одной школы (группа экспертов), может не удовлетворить представителей другого подхода. Естественно, что в таком случае работа экспертной системы, удовлетворяющая первую школу, будет вызывать критические замечания и не приниматься другой школой.

Второе обстоятельство связано с тем, насколько удобна экспертная система в эксплуатации, и здесь интересно рассмотреть вопрос о том, какой должна быть структура экспертной интеллектуальной системы и каким требованиям она должна удовлетворять.

На наш взгляд, современная экспертная система должна содержать базу знаний, базу данных, механизм логического

вывода, блок объяснения, блок обучения, блок понимания ограниченного естественного языка, блок ведения, пополнения и изменения базы знаний и базы данных. Управляет работой всех блоков супервизор. Так как экспертная система рассчитана на работу в интерактивном режиме, к системе подключен один или несколько терминалов (дисплеев) для связи пользователя (ей) с системой.

В базе знаний хранятся: модель предметной области, которая включает в себя объективные закономерности, существующие в предметной области; субъективные (эвристические знания экспертов; сведения о структуре и содержании базы данных. Кроме того, в базе знаний могут находиться метазнания, появление которых связано с большими объемами баз знаний. Введение метазнаний позволяет упорядочить, сгруппировать исходные знания для обеспечения наилучших стратегий для достижения решений. Тем самым можно существенно сократить и уменьшить процесс вывода, который в противном случае занимал бы значительное время.

База данных содержит и различные количественные данные о явлениях и событиях, действительно имеющих место в предметной области. Эти факты связаны определенной структурой, информация о которой хранится в базе знаний.

Механизм логического вывода, используя базу знаний на основе информации, хранящейся в базе данных, обеспечивает получение решения и позволяет выводить новые факты, не содержащиеся в базе данных. Следует отметить, что в ряде случаев работа экспертных систем оказывается более эффективной, если часть знаний из базы знаний переносится в механизм логического вывода.

Качество работы экспертных систем зависит от полноты и совершенства их баз знаний. Представляется маловероятным за один подход разработать систему, которая правильно строила бы свой вывод во всем пространстве возможных решений. Это утверждение оказывается особенно справедливым для сложных областей. Поэтому вопрос о доведении экспертной системы до совершенства тесно связан с необходимостью коррекции содержимого ее базы знаний. База знаний расширяется и совершенствуется путем добавления новых знаний, удаления или модификации старых. Обычно этот процесс требует привлечения эксперта, который находит изъян в работе системы и формулирует необходимые фрагменты знаний на естественном языке. Так как эксперт, как правило, не знаком с программированием, то для перевода этого фрагмента в базу знаний необходимо посредничество програм-

миста. Очевидно, гораздо удобнее, когда эксперт мог бы передавать свои знания системе без посредников, работая непосредственно с системой в интерактивном режиме. Для автоматизированной модификации базы знаний необходимы два блока. Блок понимания ограниченного естественного языка служит для перевода поступающего сообщения во внутреннюю форму и передачи его в блок ведения, пополнения и изменения базы знаний, который осуществляет необходимые действия по размещению этого сообщения в базе знаний. Для проверки правильности проведенной операции требуется обратный перевод встроенного сегмента знаний на естественный язык. Эту операцию осуществляет также блок понимания ограниченного естественного языка.

Значительную помощь в отладке системы играет блок объяснения. Именно с его помощью эксперт быстро и легко может выявить имеющиеся дефекты в работе системы. Блок объяснения служит также для разъяснения пользователю системы, как было получено окончательное решение, зачем во время сеанса запрашивается та или иная информация и т. д.

Блок обучения служит для автоматического пополнения базы знаний. С помощью индуктивного вывода на основе имеющихся данных о предметной области устанавливаются общие закономерности, которые вносятся в базу знаний.

Краткий обзор существующих экспертных систем. К настоящему моменту известно значительное количество разработанных и успешно функционирующих экспертных систем, использующих различные формы представления знаний и в той или иной степени соответствующих перечисленным требованиям к экспертным системам. Причем их число неуклонно возрастает с каждым годом.

Одним из первых и хорошо известных экспертных интеллектуальных систем явились ДЕНДРАЛ (DENDRAL) [14] и МИЦИН (MYCIN) [16], разработанные в Стэнфордском университете. Обе системы для представления знаний используют продукции. Первая система решает задачи из области органической химии, с ее помощью определяется структура вновь синтезированного вещества по химической формуле вещества и данным масс-спектроскопии. Это довольно сложная задача, и в отсутствие системы для ее решения необходимо привлекать опытного специалиста.

Вторая система — МИЦИН — оказывает помощь терапевтам в постановке диагноза и выборе надлежащего курса лечения пациентов с бактериальными заболеваниями крови и инфекционным менингитом.

Обе системы достигли качества работы, сравнимого с уровнем специалистов высокого класса. Так, проведенная в 1979 г. формальная проверка системы МИЦИН на «компетентность» показала, что машинный диагноз оказался идентичным с мнением экспертов-инфекционистов в 76,7% случаев (тестовых испытаний) и в 90,9% случаев совпал с рекомендациями большинства экспертов [30]. Система ДЕНДРАЛ активно используется в повседневной практике в Стэнфордском и других университетах США, а также в химической промышленности. Внешние пользователи имеют доступ к системе через коммерческую сеть ЭВМ.

Разработчики системы МИЦИН создали специальную программу, названную ТЕИРЕСИАС (TEIRESIAS) [15], предназначенную для автоматизированного пополнения базы знаний. Программа осуществляет интерактивный диалог с экспертом на ограниченном естественном языке. Перевод входного текста во внутреннюю форму основан на использовании ключевых слов. Для проверки правильности вносимого изменения ТЕИРЕСИАС осуществляет обратный перевод корректируемого сегмента из внутреннего представления на английский язык, поэтому эксперт оказывается в состоянии самостоятельно оценивать работу системы и либо согласиться с ней, либо продолжить работу с системой, чтобы в конечном итоге добиться требуемого результата.

В системе ДЕНДРАЛ реализован принцип обучения системы. Если в первоначальном варианте система использовала знания, полученные исключительно от экспертов, то в последующем система была расширена программой МетаДЕНДРАЛ, которая автоматически генерирует новые знания по обработке масс-спектрограмм и передает их в базу знаний системы ДЕНДРАЛ, совершенствуя таким образом ее работу.

Опыт, полученный при создании МИЦИН, позволил разработать проблемно-независимую систему ПМИЦИН (Пустой МИЦИН или EMYCIN EMPTY MYCIN) [29], которую настраивают на конкретную предметную область заполнением базы знаний системы специфическими знаниями, описывающими выбранную область. Например, созданная на основе ПМИЦИН система САКОН (SACON) [10] оказывает консультации по структурному анализу, помогая подобрать в зависимости от различного рода нагрузок наиболее подходящие материалы для крыльев самолетов. Две другие системы были настроены на медицинские приложения: интерпретацию функциональных тестов легких — система ПАФ (PUFF) [17] и рекомендации по лечению психиатрических

больных. Кроме того, с помощью ПМИЦИН была создана консультационная система для диагностики и устранения неисправностей сложных электронно-вычислительных комплексов. Характерной особенностью систем, имеющих в своей основе ПМИЦИН, является сравнительно небольшой период времени (всего лишь несколько недель), в течение которого создавались функционирующие экспертные системы.

Из других экспертных систем отметим систему ИНТЕРНИСТ (INTERNIST), разработанную в университете Карнеги—Меллона и считающуюся самой большой системой в медицине. Она предназначена для врачей — специалистов по внутренним заболеваниям и содержит в базе знаний описания свыше 500 болезней. Модель предметной области в ИНТЕРНИСТ представлена семантической сетью. Корпорации Шлумбергер (Schlumberger) использует интеллектуальную систему для обработки различного рода геофизических данных, получаемых при бурении скважин.

Экспертные системы находят применение и в военно-прикладных областях. Так, Рэнд корпорейшн разработала систему РОЗИ (ROSIE) [19] для командования стратегической авиацией военно-воздушных сил США. Система ТЕКА [19] используется офицерами военно-морского флота США при решении тактических задач. Система SU/X [17] обрабатывает акустические сигналы для идентификации и локализации движущихся объектов в морской среде.

Заканчивая краткий обзор экспертных систем, выделим еще одну систему ЭЙДЖ (попытка обобщения) (AGE (Attempt to Generalize)) [21], которая представляет собой экспертную систему по построению экспертных систем. Обобщая опыт Стэнфордского университета и ряда других научно-исследовательских центров по искусственному интеллекту, авторы ЭЙДЖ поставили перед собой задачу формализовать знания, методы, приемы и т. д., используемые при создании экспертных систем, и предоставлять их в распоряжение разработчиков новых экспертных систем в виде своего рода лаборатории системного программирования. Преимущества системы ЭЙДЖ очевидны: во-первых, основные компоненты, такие, как механизмы логического вывода, блоки объяснения, пополнения базы знаний, различные сервисные программы и т. п., будущих экспертных систем уже запрограммированы, что позволяет значительно выиграть по времени и усилиям, затрачиваемым на создание систем; во-вторых, у разработчиков систем появляется возможность использовать различные схемы из предоставляемого набора, выбирая в зависимости от модели предметной области наиболее эффективные методы.

Система МОДИС. Рассмотрим теперь экспертную систему МОДИС [1], разработанную во ВНИИСИ ГКНТ и АН СССР и предназначенную для диагностики различных форм артериальной гипертензии.

Форма представления экспертных знаний. В качестве формы представления знаний в МОДИС выбраны продукции и фреймы. Этот выбор был продиктован природой проблемной области, состоящей из некоторого класса заболеваний, и предложенным механизмом вывода решений, основанном на использовании эвристической информации. Класс заболеваний в настоящее время ограничен 15 болезнями. Описания болезней независимы друг от друга и хранятся в виде фреймов. В зависимости от природы возникновения болезней и их лечения все множество рассматриваемых болезней разбито на три группы заболеваний. Каждая из групп описывается фреймом, в который вынесены общие признаки болезней, входящих в данную группу. Таким образом, модель предметной области представляет собой граф, в котором условно можно выделить два уровня. Первый уровень сответствует трем группам заболеваний, а второй — конкретным болезням.

Фреймы и продукции для представления знаний. Фреймы, описывающие группы заболеваний и фреймы самих болезней, имеют одинаковую структуру и включают в себя как декларативные, так и процедуральные акспекты знаний о болезнях. Декларативные знания во фрейме служат для описания заболеваний или их групп, а процедуральные указывают на то, как эти знания должны использоваться в процессе вывода решения. Все знания экспертов, сосредоточенные во фрейме, разбиты на группы в зависимости от их характера и их использования в процессе постановки диагноза. Каждая такая группа знаний содержится в отдельном слоте фрейма. Декларативная часть знаний хранится в слотах с именами: «ИМЯ», «ПАРАМЕТР», «ПРЕДШЕСТВЕННИК» и «ПОТОМОК». А процедуральная часть в слотах с именами: «УСЛОВИЕ», «КОНТРОЛЬ», «ДИФ-ТЕКСТ» и «СВЯЗЬ». Отметим, что тот или иной слот фрейма может быть пуст. Общая структура фрейма имеет следующий вид:

Структура фрейма

Имя слота	Тело слота
ИМЯ	атом
ПАРАМЕТРЫ	список параметров
ПРЕДШЕСТВЕННИК	имя фрейма
ПОТОМОК	список имен фреймов

СВЯЗЬ	список имен фреймов
УСЛОВИЕ	список параметров и их значений
КОНТРОЛЬ	список эвристических правил
ДИФ-ТЕКСТ	список эвристических правил

Слот «ИМЯ» содержит имя, описываемого данным фреймом заболевания или группы болезней. Такое имя является уникальным в системе. По имени фрейм вызывается и обрабатывается в процессе постановки диагноза и модификации базы знаний.

Слот «ПАРАМЕТРЫ» играет важную роль. Он содержит список признаков и их возможных значений, которые описывают данное заболевание или группу болезней. На месте некоторых признаков могут стоять правила, требующие наличия, отсутствия или определенных значений параметра или группы параметров в зависимости от ряда условий.

Слот «ПРЕДШЕСТВЕННИК» содержит имя фрейма, который является более общим описанием заболевания, соответствующего данному фрейму. Так, для фреймов, описывающих конкретные болезни в слотах «ПРЕДШЕСТВЕННИК», указано имя фрейма, соответствующего группе, в которую входит данное заболевание.

Слот «ПОТОМОК» содержит список имен фреймов, описывающих конкретные болезни данной группы. Для фреймов, соответствующих конкретным болезням, слот «ПОТОМОК» пуст.

Приведенные выше четыре слота содержат в себе декларативную часть знаний. Процедуральные же знания сосредоточены в слотах «УСЛОВИЕ», «КОНТРОЛЬ», «СВЯЗЬ» и «ДИФ-ТЕКСТ».

Слот «УСЛОВИЕ» представляет собой логическую комбинацию параметров и их значений вида:

(AND (параметр значение)... OR (параметр значение)..).

Такая логическая комбинация служит для начального принятия фрейма к рассмотрению. Если данная комбинация принимает значение «ИСТИНА», то фрейм может быть выдвинут в качестве рабочей гипотезы. Другими словами, слот «УСЛОВИЕ» является ключом к активизации фрейма. Отметим, что эти слоты заполнены только для фреймов первого уровня, соответствующего группам заболеваний. Для фреймов же второго уровня слоты «УСЛОВИЕ» пусты.

Принятие к рассмотрению фреймов второго уровня, которые описывают заболевания, происходит только после определения группы и в соответствии с эвристическими пра-

вилами (продукциями), находящимися в слоте «КОНТРОЛЬ» фрейма, соответствующего группе заболеваний.

Параметры, входящие в левую часть таких продукций, должны содержаться в слоте «ПАРАМЕТРЫ» данного фрейма. В слоте «КОНТРОЛЬ» находится также список продукций, предписывающий переход не только к потомкам фрейма, но к фреймам одного уровня с данным. Это соответствует случаю, когда после принятия некоторого фрейма к начальному рассмотрению и оценке его параметров становится очевидно, что начальная гипотеза выдвинута неверно и требуется выбрать другой фрейм в качестве рабочей гипотезы. Такой выбор может быть осуществлен посредством использования продукции слота «КОНТРОЛЬ».

Фреймы, связанные такими переходами с данным фреймом, указываются в его слоте «СВЯЗЬ». Таким образом, все фреймы, описывающие предметную область, связываются в некоторую семантическую сеть с помощью слотов «ПРЕДШЕСТВЕННИК», «ПОТОМОК» и «СВЯЗЬ».

Механизм вывода решения. Процесс постановки диагноза в системе МОДИС сводится к сбору начальной информации о пациенте с дальнейшим поиском решения по сети фреймов. В процесс поиска по графу системой выдвигаются рабочие гипотезы, для проверки которых МОДИС запрашивает дополнительную информацию. Следует отметить, что система способна осуществлять поиск и в случае, когда значение ряда параметров неизвестно.

Сбор начальной информации. Работа системы начинается со сбора начальной информации, куда входят анкетные данные больного, его жалобы, история болезни, симптомы и лабораторные анализы. На заданный системой вопрос необходимо ответить в соответствии с перечнем возможных ответов, который хранится в специальном словаре и сообщается пользователю системой после каждого вопроса. Если заданный вопрос неясен пользователю, то он может воспользоваться справочной информацией. В этом случае на экран дисплея выводится текст, поясняющий вопрос.

Генерация рабочих гипотез. После сбора начальной информации система переходит к генерации гипотез. Используя информацию, записанную в слотах «Условие», предпринимается попытка активизировать тот или иной фрейм, описывающий группу заболеваний. Тот фрейм, логическая комбинация параметров которого имеет значение «ИСТИНА» на собранной информации о пациенте, принимается в качестве рабочей гипотезы. Если таких фреймов несколько, то выбирается фрейм, имеющий наиболее высокий ранг (груп-

пы заболеваний ранжируются врачом-экспертом). После того как выбрана рабочая гипотеза, происходит сбор дополнительной информации в соответствии с параметрами, содержащимися в слоте «ПАРАМЕТРЫ» этого фрейма. Причем сценарий задания вопросов для проверки данного фрейма определяется условными выражениями, находящимися в слоте «ПАРАМЕТРЫ». Сбор дополнительной информации ведется при постоянном контроле со стороны системы, которая следит за возможностью выполнения эвристических правил (продукций), записанных в слоте «КОНТРОЛЬ» и «ДИФ-ТЕКСТ». Если в зависимости от комбинации параметров и их значений левая часть одной из продукций слота «КОНТРОЛЬ» принимает значение «ИСТИНА», то МОДИС прекращает рассмотрение текущей гипотезы и в соответствии с правой частью выполнившейся продукции переходит к рассмотрению новой гипотезы. Это может быть фрейм, описывающий другую группу заболеваний, или фрейм конкретной болезни. Если же появляются условия для выполнения одной из продукций слота «ДИФ-ТЕКСТ», то работа системы по отысканию решения считается законченной. В качестве диагноза принимается текст, заключенный в правой части выполнившейся продукции.

В случае перехода к новому фрейму опять происходит сбор необходимой информации для подтверждения выдвинутой гипотезы. Если в результате проверки этой гипотезы окажется, что диагноз не может быть поставлен и не может быть активизирован другой фрейм, т. е. не выполняется ни одна из продукций слотов «КОНТРОЛЬ» и «ДИФ-ТЕКСТ», то система возвращается к предыдущей гипотезе. После возврата во фрейм, из которого была вызвана неподтвердившаяся гипотеза, система пытается отыскать эвристическое правило, выполняющееся на параметрах пациента для генерации новой гипотезы. Процесс генерации гипотез происходит до тех пор, пока не окажется возможным поставить диагноз или пока не будут рассмотрены все возможные в данных условиях фреймы. В случае успешного завершения поиска по сети фреймов МОДИС ставит не только диагноз, содержащийся в правой части выполнившейся продукции, но и по возможности выдает дополнительные рекомендации в зависимости от того, какая информация собрана в процессе поиска решения и какие гипотезы рассматривались. В случае, когда поиск по не увенчался успехом, т. е. ни одна из гипотез не получила подтверждения, система пытается сгенерировать ряд предположений о характере заболевания обледуемого больного в зависимости от истории поиска по сети фреймов.

Одной из отличительных черт системы МОДИС является специальная организация знаний экспертов. С одной стороны, как уже отмечалось, модель предметной области представлена в виде сети фреймов. Однако в отличие от многих других систем, использующих фреймы в качестве формы представления знаний, фреймы в системе МОДИС содержат систему продукций (в слотах «КОНТРОЛЬ» и «ДИФ-ТЕКСТ»). Эта система продукций предназначена как для поиска возможных гипотез, так и для непосредственной постановки диагноза. Таким образом, модель предметной области можно рассматривать и как систему независимых продукций. Одна часть продукций соответствует знаниям экспертов о различных группах и формах заболеваний (продукции в слотах «ДИФ-ТЕКСТ»), а другая часть представляет собой знания метауровня, т. е. знания о том, как использовать знания (продукции в слотах «КОНТРОЛЬ»). Такое построение модели предметной области позволяет не делать «полного» перебора всех продукций, а осуществить целенаправленный поиск по сети фреймов и локализовать ту группу продукций, которая наиболее вероятно приведет к постановке диагноза.

Организация модели предметной области в виде системы независимых продукций дает большое преимущество как в вопросе понимания работы системы, так и в вопросе модификации базы знаний. Важность этих проблем подчеркивалась выше. Следует отметить, что при разработке системы МОДИС было уделено большое внимание вопросу обеспечения наглядности процесса постановки диагноза и проблемам модификации базы знаний.

Механизмы пополнения и модификации базы знаний. Опыт создания экспертных систем показал, что эффективность их работы зависит от полноты и качества знаний, вносимых экспертами в базу знаний. Однако при формировании базы знаний эксперт сталкивается с довольно сложной и необычной для него задачей: сформулировать свои профессиональные знания, опыт и интуицию в виде системы продукции и фреймов. Очевидно, что подчас решить такую задачу удается не сразу и поэтому в базе знаний в начальной стадии создания системы наряду с правильно сформулированными продукциями присутствуют и продукционные правила, требующие коррекции. Сигналом о том, что в системе присутствуют ошибочные знания, является лишь заключительный диагноз. Поэтому необходимо создавать программные средства для обеспечения наглядности работы системы. Выявление ошибочных «сегментов» знаний экспертов облегчается, если процесс генерации гипотез и постановки диагноза понятен са-

мому специалисту; если он может проследить, какие гипотезы выдвигались для рассмотрения и почему; какие продукции использовались в работе системы. Располагая такой информацией, эксперт сможет сравнительно легко выявлять ошибочные правила и фреймы и модифицировать их. В системе МОДИС созданы программные средства, позволяющие решать эти вопросы.

Так, процесс генерации гипотез и их проверки сопровождается сообщениями системы об активизации конкретного фрейма, а также о неподтверждении рассматривавшейся гипотезы и переходе к работе с другим фреймом. Это дает эксперту возможность следить за ходом «рассуждений» системы в зависимости от вводимой информации.

Если эксперт не согласен с ходом поиска решения или поставленным диагнозом, он может с помощью служебного вопроса «почему» воспользоваться возможностями системы по объяснению осуществленных действий. Эти возможности заключаются в следующем: 1) МОДИС может ответить на вопрос, почему был поставлен именно такой диагноз. Для этого системой отыскивается фрейм, соответствующий подтвердившейся гипотезе. В этом фрейме в слоте «ДИФ-ТЕКСТ» находится продукция, согласно которой был поставлен диагноз. Пользователю сообщается имя фрейма и эвристические правила, в правой части которого находится этот диагноз; 2) МОДИС сообщает, какие гипотезы рассматривались в процессе вывода решения. Пользователю предоставляется список рассмотренных фреймов; 3) система способна ответить на вопрос, почему рассматривалась та или иная гипотеза. Для этого после ввода имени интересующего фрейма МОДИС проводит анализ того, каким образом фрейм был выбран в качестве рабочей гипотезы. Либо это произошло по комбинации параметров и их значений, содержащихся в слоте «УСЛОВИЕ», что возможно только лишь для фреймов верхнего уровня, либо согласно эвристическому правилу. В первом случае система приводит содержание слота «УСЛОВИЕ» интересующего фрейма, а во втором сообщает, что гипотеза была активизирована из такого-то фрейма, согласно такой-то продукции. Возможен также случай, когда фрейм активизируется несколько раз в процессе вывода решения по слоту «УСЛОВИЕ» и по продукциям из разных фреймов. В этом случае МОДИС показывает пользователю все пути возбуждения этого фрейма; 4) возможно изменение значения ранее введенного параметра. Получив команду на изменение значения определенного параметра, система изменяет его и производит анализ того, какие последствия может вызвать вне-

сенное изменение. При необходимости МОДИС меняет ранее выбранное направление поиска решения, не теряя, однако, информацию, полученную в ходе поиска по «неправильному» пути. Такая возможность позволяет производить анализ того, как значение того или иного параметра влияет на направление поиска решения, что чрезвычайно важно при составлении системы продукций в слотах «КОНТРОЛЬ» и «ДИФ-ТЕКСТ».

При построении БЗ системы возникает и другая проблема. Описав каждую группу заболеваний и сами болезни в виде фреймов со слотами «УСЛОВИЕ», «ПАРАМЕТРЫ» и «ДИФ-ТЕКСТ», эксперт переходит к формированию эвристических правил поиска по сети фреймов. Для того чтобы облегчить специалисту задачу контроля за тем, как могут влиять вводимые им продукции на поиск по сети, в системе МОДИС предусмотрены следующие возможности: эксперту предоставляется информация о том, каким образом возможна активизация гипотезы, из какого фрейма и по каким продукциям.

Обладая такой информацией, эксперт может изменить какое-либо правило, удалить его или добавить в случае необходимости новое. Возможности системы в плане создания сервисных программ, облегчающих заполнение и понимание базы знаний, не исчерпываются перечисленными. В процессе работы системы, проверки гипотез и постановки диагноза строятся фреймы-дубликаты анализируемых фреймов, которые содержат информацию об истории обработки данного фрейма. Используя эти данные, можно значительно расширять описанные возможности МОДИС по объяснению своих действий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бохуа Н. К., Геловани В. А., Ковригин О. В., Смольянинов Н. Д.* Экспертная система диагностики различных форм артериальной гипертензии.— Техн. кибернетика, 1982, № 6, с. 183—190.
2. *Кузин Л. Т.* Основы кибернетики. М.: Энергия, 1979. Т. 2. 584 с.
3. *Лавров С. С., Силагадзе Г. С.* Автоматическая обработка данных: Язык ЛИСП и его реализация. М.: Наука. 176 с.
4. *Мартынов В. В.* Универсальный семантический код. Минск: Наука и техника, 1977. 190 с.
5. *Минский М.* Фреймы для представления знаний. М.: Энергия, 1979. 150 с.
6. *Поспелов Г. С.* Системный анализ и искусственный интеллект: Препр. ВЦ АН СССР. М., 1980. 47 с.
7. *Поспелов Д. А.* Системы искусственного интеллекта.— Probl. Control and Information Theory, 1980, vol. 9 (1), p. 3—18.

8. *Поспелов Д. А.* Логико-лингвистические модели в системах управления. М.: Энергоиздат, 1981. 231 с.
9. *Уинстон П.* Искусственный интеллект. М.: Мир, 1980. 519 с.
10. *Bennet J., Engelmore R.* SACON. A knowledge-based consultant for structural analysis.— In: Proc. of the 6th IJCAI, 1979, p. 47—49.
11. *Bobrow D. G.* Some principles of memory schemes.— In: Representation and understanding/ Ed. by D. G. Bobrow. N. Y.: Acad. press, 1978, p. 2—33.
12. *Bobrow D. G., Winograd T.* An overview of KBL, a knowledge representation language.— Cognitive Sci., 1977, vol. 1, p. 3—46.
13. *Brachman R. J.* What's in a concept: Structural foundations for semantic networks.— In: Associative networks: The representation and use of knowledge by computers/ Ed. by N. V. Findler. N. Y.: Acad. press, 1979, p. 3—50.
14. *Buchanan B., Feigenbaum E. A.* DENDRAL and Heuristic DENDRAL: their applications dimension.— Artif. Intel., 1978, vol. 11, N 1, p. 5—24.
15. *Davis R.* Interactive transfer of expertize. Aquisition of new inference rules.— Artif. Intel., 1979, vol. 12, N 2, p. 121—157.
16. *Davis R., Buchanan B., Shortliffe E. H.* Production rules as representation for a knowledge-based consultation system.— Artif. Intel., 1977, vol. 8, N 1, p. 15—45.
17. *Feigenbaum E. A.* The art of artificial intelligence: Themes and case studies of knowledge engineering.— In: Proc. the 5th Intern. Joint Conf. on Artif. Intel. (IJCAI), 1977, p. 1014—1029.
18. *Hewitt C.* Description and theoretical analysis of PLANNER.— In: Rep. N TR-258. Al. Lab., MIT, 1972.
19. *Martins G. R.* Better simulation models for decision support.— Data Base, 1980, vol. 12, N 1/2, p. 47—57.
20. *Moore J., Newell A.* Now MERLIN can understand?— In: Knowledge and cognition/Ed. Gregg. Balltimore, 1973.
21. *Nii H. P., Aiello N.* AGE (Attempt to generalize): A knowledge based program for building knowledge-based programs.— In: Proc. the 6th IJCAI, 1979, p. 645—655.
22. Pattern — directed inference systems/Ed. by D. A. Waterman, F. Hayes-Roth. N. Y.: Acad. press, 1978. 612 p.
23. *Post E.* Formal reductions of the general computational.— Probl. Amer. J. Math., 1943, vol. 65, p. 197—268.
24. Proceedings of the 5th IJCAI, 1977, p. 819—825.
25. *Quillian M. R.* Semantic memory.— In: Semantic information processing/ Ed. by M. Minsky. Cambridge (Mass.): MIT, 1968, p. 216—270.
26. *Rulifson J., Derkson J. A., Waldinger R. J.* QA-4: A procedural calculus for intuitive reasoning.— In: Rep. N TN-83, AI Centre, SRI, 1972.
27. *Rumelhart D. E.* Notes of a scheme for stories.— In: Representation and understanding/ Ed. by D. G. Bobrow. N. Y.: Acad. press, 1978, p. 211—235.
28. *Sussman G., Dermott D. V.* CONNIVER reference manual.— In: Mem. 259, AI Lab., MIT, 1972.
29. *Melle van W.* A domain — independent production rule-based system for consultation programs.— In: Proc. the 6th IJCAI, 1979, p. 923—925.
30. *Yu V. L., Buchanan B. G., Shortliffe E. H., Davis R., Scott A. C., Cohen S. N.* Evaluating the performance of the computer-based consultant.— Comput. Biomed., 1979, vol. 9, N 1, p. 95—102.

К ТЕОРИИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СИСТЕМ

В. Л. АРЛАЗАРОВ, Е. А. ДИНИЦ

В прикладных системных исследованиях типичной является ситуация, когда имеющиеся знания об исследуемой проблемной области неупорядочены. Основная цель собственно системной деятельности при этом состоит в организации знаний и создании суммарной картины проблемной области. В теории обычно рассматриваются трудности, связанные с фрагментарностью исходной совокупности знаний. Другая существенная трудность, характерная, в частности, для междисциплинарных задач, состоит в разноплановости знаний, происходящих из различных источников, а также в том, что они выражены на разных языках. Имеющиеся представления о проблемной области часто не только и не столько дополняют друг друга, сколько являются различным выражением «одного и того же». При таких условиях построение систем, охватывающих всю проблемную область, весьма непросто. Особенно же сложно это делать в условиях модной в настоящее время устремленности к созданию систем, обладающих внутренней цельностью. Такая устремленность, бесспорно, хороша, когда целостность принципиально достижима. Однако она же приводит к многочисленным трудностям и недоразумениям, когда сама проблемная область на данном этапе развития объективно разнопланова и разноязыка. В таких случаях возникают системы, не покрывающие определенные стороны проблемной области.

Эти простые истины заслуживают внимания в связи с широкой распространенностью описанных ситуаций. Так, система, имеющая научное происхождение, цельная благодаря последовательно проведенной идее, часто представляется «панацеей от всех бед» в конкретной прикладной области. При этом неизбежно выпадают из поля зрения многие насущные проблемы практической деятельности. В результате никакая серьезная разработка, опирающаяся на созданную систему, не обходится без существенных доделок, более или менее кустарных и потому дорогостоящих.

Показательным примером тому может служить современное положение с системами управления базами данных (СУБД). Считающиеся важнейшими проблемы языкового обеспечения манипулирования данными, математически да-

леко идущие разработки в области построения «полных» языков заслонили естественное представление о работе с данными как о живой и потому не ограниченной в понятийном смысле деятельности. Каждая из следующих проблем — проблема. Как данные собрать? В каком виде упорядочить? Как ввести в ЭВМ? В какую структуру перевести для хранения? Как их отбирать? В каком виде представлять по запросам? И так далее. Поэтому работа с современными одноплановыми СУБД либо по существу «игрушечная», либо, как только становится серьезной, начинает происходить по правилу: «Спасение утопающих — дело рук самих утопающих».

На самом деле необходимо создание СУБД, которая в идеале охватывала бы все потребности разработчиков информационных систем и только в разумной степени управляла бы этими потребностями. Такая система может оказаться не слишком цельной с точки зрения ее внутренних связей. Истинная цельность ее проявляется только при рассмотрении системы вместе с совокупностью потребностей проблемной области. По мере упорядочения знаний об этих потребностях картина проблемной области становится все более единой. Параллельно должна развиваться и обновляться система. В определенном смысле к ее развитию применимы слова Маркса: «Сама эта органическая система как совокупное целое имеет свои предпосылки, и ее развитие в направлении целостности состоит именно в том, чтобы подчинить себе все элементы общества или создать из него еще недостающие ей органы. Таким путем система в ходе исторического развития превращается в целостность. Становление системы такой целостностью образует момент ее, системы, процесса, ее развития» [1, с. 229].

Авторы в течение ряда лет принимали участие в разработке СУБД ИНЕС — системы именно такого типа. Опыт ее создания натолкнул авторов на некоторые общие позитивные идеи, относящиеся к ситуациям, когда надо создать систему, не имея возможности построить сначала ее проект. Основное предложение состоит в том, что проект следует создавать и модифицировать параллельно с построением самой системы. Мы сосредоточим свое внимание на построении и развитии проекта системы, считая чисто профессиональным и не обсуждая здесь дело построения системы по имеющемуся проекту.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

В системных исследованиях различают два типа систем [2]: системы — объекты анализа и конструирования и системы — инструменты для решения задач взаимодействующих с ними субъектов. Одна и та же система, естественно, может относиться как к первому, так и ко второму типу в зависимости от того, в каком аспекте она рассматривается. В теоретических работах исследование систем проводится, как правило, только в каком-либо одном из этих аспектов.

В этой статье мы попытаемся построить основания теории конструирования и развития для определенного класса систем, опирающейся на совместное рассмотрение системы в обоих аспектах, и проследить, каким образом противоречие между подходом конструктора и подходом субъекта взаимодействия выступает в качестве источника развития системы.

Предметом рассмотрения будут системы, которые мы называем инструментальными. Это искусственные системы, ориентированные на решение задач из определенного круга (проблемной области) и предназначенные для взаимодействия с различными субъектами. Мы будем представлять себе систему состоящей из элементов (средств), определенным образом (в частности, иерархически) связанных друг с другом. Определяющей чертой инструментальных систем является то, что единица взаимодействия для субъекта не вся система, а входящее в ее состав средство. Выбирая для взаимодействия некоторые средства и связи между ними, преломляя и объединяя их в своем сознании, субъект формирует для себя «индивидуальный образ» системы.

Индивидуальный образ представляет собой развивающуюся систему, обладающую некоторой самостоятельной целостностью. Индивидуальные образы системы у различных субъектов различны и, в частности, могут мало пересекаться между собой. Критерием качества инструментальной системы в самом общем смысле является возможность для каждого субъекта создать индивидуальный образ, адекватный решаемым задачам.

Рассмотрим пример построения инструментальной системы. Пусть мы хотим написать монографию, посвященную достаточно широкому кругу вопросов. Пусть при этом целью монографии является не столько глубокое развитие теории, сколько представление читателю рекомендаций и методов, которые служили бы руководством в его деятельности. Скорее всего, читатель не станет читать такую книгу целиком. Его выбор будет определяться как кругом задач, которые он собирается решать, используя информацию, почерпнутую из

книги, так и его индивидуальными характеристиками: взглядами, подготовленностью и т. д. То, что отложится в сознании читателя после изучения монографии, составит для него ее индивидуальный образ. Разумеется, индивидуальный образ у конкретного читателя не обязательно адекватно отражает тот материал, который он прочел (что-то он не понял, а что-то понял по-своему). С другой стороны, индивидуальный образ обогащен понятиями и связями, которых не было в монографии. Они привнесены предыдущим опытом читателя и теми задачами, которыми он занимается. Таким образом, целостность индивидуального образа обеспечивается как общностью идей и связями, содержащимися в монографии, так и цементирующим действием сознания читателя.

По мере осознания и использования материала у читателя появляются вопросы, которые он решает самостоятельно или снова обращаясь к книге, за счет чего происходит развитие индивидуального образа. Отметим, что индивидуальный образ оказывает обратное формирующее влияние на взгляды и подготовленность читателя и даже на круг решаемых им задач.

Рассмотрим теперь книгу с точки зрения ее автора. Он, очевидно, имеет свои представления о предмете, о концепциях и внутренней логике изложения, о целостности отдельных частей книги. Во-первых, следует отметить, что полнота охвата предметной области может вступать в противоречие с цельностью изложения. Излишняя сосредоточенность автора на цельности может настолько сузить взгляд, что некоторые стороны рассматриваемых вопросов выпадут из рассмотрения. Во-вторых, внутренняя логика изложения вступает в противоречие с многообразием читательских «логик». Если автор не будет иметь в виду, что читатель может быть «устроен» иначе, чем он сам, то концептуальная целостность книги окажется одноплановой. Тогда книга окажется «монолитом», и большинство читателей не смогут понять в ней хоть что-нибудь, не поняв все.

Таким образом, можно констатировать, что «хорошая» прикладная монография должна быть многоплановой как по существу, так и в познавательном смысле. Факты и методы должны рассматриваться в ней с разных предметных сторон [7, с. 200], покрывающих разнообразие задач и подходов. Со своей стороны характер изложения должен обеспечивать достаточное многообразие путей осознания материала. Рассмотренная ситуация является довольно типичной при конструировании и использовании инструментальных систем.

Примерами инструментальных систем, кроме приведенного выше, могут служить комплекс программ для ЭВМ, материально-техническое снабжение или универсальный набор слесарных инструментов.

ПОСТРОЕНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Рассмотрим вначале некоторые общие вопросы. По схеме, предлагаемой в [3], всякий процесс выбора состоит в одновременном конструировании трех исходных объектов и одного конечного — результата выбора. Исходными объектами являются представления об альтернативах (декларативное знание), представление о действиях (процедуральное знание) и представление о ценностях (набор предпочтений). Основная идея авторов [3] состоит в том, что все три представления являются не независимыми входами, а такими же искусственными и параллельно строящимися для каждого конкретного случая объектами, как и сам результат выбора.

Поскольку развитие и индивидуального образа инструментальной системы, и самой инструментальной системы несомненно являются результатами целенаправленного выбора [1], к ним должны быть приложимы понятия указанной выше схемы. Попытаемся их проинтерпретировать.

Представление субъекта о действиях складывается из знаний о тех задачах, которые еще хотелось бы или можно было бы решить с помощью средств данной инструментальной системы. Набор его предпочтений определяется вкусами субъекта, предыдущим опытом его взаимодействия с системой, слухами, модой (существующей парадигмой [4]) и т. д. Представления об альтернативах развития индивидуального образа инструментальной системы, а также достаточно сложного вопроса о формировании этих альтернатив мы пока касаться не будем.

С некоторой точки зрения конструирование системы можно уподобить формированию индивидуального образа. Здесь в качестве инструментальной системы выступает совокупность известных конструктору и творимых им пар: средство — решаемая им задача (часть задачи). Такие пары связываются общностью средств или задач, принадлежностью средств или задач определенным системам (подсистемам), общностью подходов к построению этих пар.

---

[1] Если следовать [3], любая система может быть представлена таким образом, но нам здесь не требуется столь расширительного толкования.

Процесс конструирования системы происходит под влиянием примерно таких же, как у субъекта взаимодействия, знаний конструктора (повернутых «обратной стороной»). Однако здесь картина осложняется их множественностью. Представление о действиях складывается из знаний о всевозможных задачах различных субъектов и частях этих задач, которые хотелось бы уметь решать с помощью средств, создаваемых конструктором. На предпочтения конструктора оказывают влияние его опыт применения средств системы и конкурирующих с ней средств, мнения субъектов взаимодействия, а также, конечно, личные вкусы и существующая парадигма. Альтернативы формируются на основе знаний (или представлений) о потребностях существующих и потенциальных субъектов взаимодействия при ограничениях, налагаемых умениями конструктора и возможностями производства.

Заметим, что при всей привлекательности схемы согласования декларативной, процедуральной и ценностной составляющих в процессе целенаправленной деятельности схема эта сама по себе не вскрывает механизмов согласования и потому неконструктивна. В этом смысле она пока не в состоянии заменить частные теории, которые основаны на статическом рассмотрении декларативной и процедуральной составляющих (например, теорию систем, основанную на идеях автоматического регулирования [6]) или декларативной и ценностной (теорию принятия решений [5]).

В свете рассматриваемого подхода мы попытаемся далее:

1) представить взаимосвязь и взаимовлияние обеих сторон целенаправленной деятельности при работе с системой: ее конструирования и формирования индивидуального образа для субъектов взаимодействия;

2) дать более содержательное представление о формировании альтернатив с обеих сторон;

3) несколько углубиться в механизмы согласования составляющих знания в процессе выбора.

Мы уже отмечали, что критерием качества инструментальной системы является возможность создания каждым субъектом индивидуального образа, адекватного решаемым задачам [2]. Этот критерий необходимо уточнить. Мы будем понимать слова «возможность создания» несколько шире, чем принципиальную возможность построения соответствующего

---

[2] Мы будем исходить из естественного, хотя и часто невыполняемого предположения, что субъект решает задачу из того круга, для которого предназначена система.

индивидуального образа. Такое построение должно быть достаточно естественным для субъекта и требующим затраты сил в разумной пропорции относительно объема решаемых задач. Точно так же в понятие «адекватность» мы включаем достаточную (по существующим представлениям) простоту решения задач на основе индивидуального образа системы. Будем полагать, что указанных два компонента критерия являются единственными составляющими системы предпочтений и конструктора системы и взаимодействующих с ней субъектов.

Еще раз подчеркнем, что нашей задачей является создание инструментальной системы, которая удовлетворяла бы не всех (в среднем), а каждого. В этом смысле наши построения можно было бы назвать теорией индивидуального обслуживания.

Итак, будем считать, что субъект намеревается использовать инструментальную систему для решения какой-то задачи. Для того чтобы он мог это успешно сделать, необходимо выполнение по крайней мере двух условий. Первое — объективная адекватность системы решаемой задаче. Второе — подготовленность субъекта к соответствующему задаче взаимодействию с системой. Отметим важность второго условия. Бесполезно, например, создавать автоматизированную систему управления в расчете на людей, которые не сумеют научиться вводить в нее исходные данные. Вопрос о получении субъектом знания об инструментальной системе является в значительной степени языковым. Каждая новая для субъекта система имеет набор понятий вообще говоря, непривычный для него. Мы говорим, что субъект подготовлен к взаимодействию с системой, если он в состоянии освоить ее набор понятий.

Остановимся на условии адекватности системы решаемой субъектом задаче. Концепции системы оказывают на субъекта влияние в сторону того, чтобы выделить из имеющейся задачи более мелкие (потребности), каждая из которых решалась бы хотя бы одним элементом (средством) системы. Собственно условие адекватности и состоит в возможности такого разбиения задачи, при котором осуществлялось бы покрытие средствами системы всех входящих в разбиение потребностей.

Перейдем к рассмотрению проблем конструирования инструментальных систем. Очевидно, для того чтобы конструируемая система была адекватна задачам многих субъектов, необходимо определить суммарный набор их потребностей. Здесь есть две трудности. Первая связана с тем, что субъекты говорят на разных языках. Даже если каждый из них мог

бы сформулировать, каково множество его отдельных достаточно мелких потребностей, тривиальное объединение этих формулировок было бы просто эклектикой. Вторая трудность состоит в том, что у каждого субъекта есть свои традиции содержательного разбиения задач. Как следствие, наборы потребностей, естественных для различных субъектов, в сумме не могут послужить основой ни для какого проекта (кроме проекта Вавилонской башни).

Таким образом, первая задача конструктора инструментальной системы — выявление сущностей потребностей субъектов, отождествление этих сущностей и построение суммарной картины проблемной области. Гипотетически такая картина содержит образ каждой из исходных задач в некотором ее представлении. Другая задача — декомпозиция проблемной области и создание подсистем. В подсистеме объединяются средства, удовлетворяющие потребности из определенной части проблемной области. С каждой подсистемой связывается язык, на котором описывается соответствие между потребностями и удовлетворяющими их средствами из данной подсистемы (там, где это не вызывает неясностей, будем считать подсистему и ее язык тождественными).

Естественно, две поставленные задачи могут решаться только в комплексе. С одной стороны, суммарная картина не может быть построена без определения структуры проблемной области и систематизации присущих ей понятий. С другой стороны, при создании подсистемы требует своего разрешения противоречие между внутренней логикой самой подсистемы и организацией покрываемой части проблемной области.

Вследствие такого противоречия система по отношению к проблемной области неизбежно и неполна и избыточна. В проблемной области имеются как «белые пятна», не покрытые никакой подсистемой, так и «области перекрытия», состоящие из потребностей, удовлетворяемых в рамках нескольких подсистем.

Есть и другие естественные причины появления перекрытий возможностей подсистем. Одна из них заключена в иерархическом построении системы в смысле языкового уровня подсистем. Подсистемы одной направленности, но разных языковых уровней имеют, естественно, сильно пересекающиеся наборы возможностей.

ОСВОЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Построенная описанным выше образом система, как уже отмечалось, диктует субъекту свои законы декомпозиции каждой решаемой задачи. В задаче выделяются подзадачи —

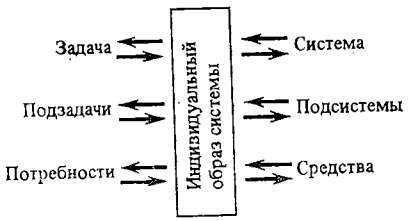


Рис. 1

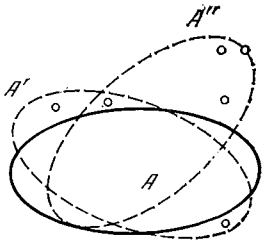


Рис. 2

части, соответствующие направленности подсистем. Каждая подзадача переводится на язык подсистемы, в результате чего формулируются потребности к данной подсистеме. Для каждой потребности ищется соответствующее ей средство. Если покрытия подзадачами задачи, потребностями подзадач и средствами потребностей полны, то, по крайней мере в принципе, рассматриваемая задача может быть решена с помощью построенной системы (рис. 1). Отсутствие для какой-то потребности покрывающего ее средства означает неадекватность индивидуального образа системы решаемой задаче. Это служит сигналом как для субъекта, так и для конструктора системы.

Для субъекта такое несоответствие служит стимулом для развития его представлений о системе. Он может более глубоко изучить возможности подсистем или попытаться по-другому разбить задачу на подзадачи. Соответственно происходит развитие индивидуального образа в отношении набора возможностей или в отношении методики использования системы.

Для конструктора отсутствие в подсистеме средства для реализации какой-то потребности субъекта есть сигнал к развитию системы. Возможно, недостающее субъекту средство действительно должно присутствовать в подсистеме. Однако возможно и то, что субъект был просто спровоцирован языком подсистемы к неточному выделению подзадачи. Соответственно требуется ввести новое средство или уточнить описание подсистемы.

Описанная выше схема построения инструментальной системы является динамической. С одной стороны, накопление знаний о неудовлетворяемых потребностях служит основой

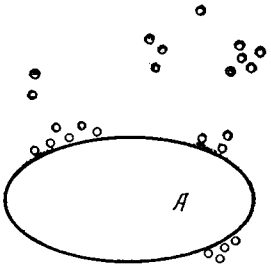


Рис. 3

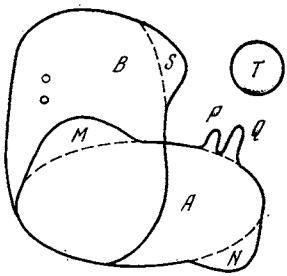


Рис. 4

для очередного цикла создания системы: объективизации потребностей, уточнения и расширения картины проблемной области, ревизии имеющихся и создания новых подсистем и т. д. С другой стороны, в проблемной области к моменту начала разработки системы существуют, как правило, структура, понятия, языки, системы, неудовлетворяемые потребности. Поэтому даже первичное создание системы следует понимать как момент развития.

С целью графической иллюстрации будем изображать картину проблемной области плоскостью. Части ее, покрываемые подсистемами, образуют на этой плоскости некоторые фигуры (далее будем называть эти фигуры подсистемами, когда это не вызывает недоразумений). Рассмотрим для начала одну подсистему и двух субъектов, пользующихся этой подсистемой для решения своих задач. Каждый из субъектов имеет свой индивидуальный образ подсистемы (см. рис. 2, где A — система, A' и A'' — ее индивидуальные образы), формирует на его основе подзадачу и формулирует потребности к подсистеме. Поскольку индивидуальный образ в общем случае не тождествен подсистеме, некоторые из сформулированных потребностей выпадают за рамки подсистемы. В результате выявления сущностей таких потребностей и привязки их к картине проблемной области конструктор получает объективизированную картину неудовлетворяемых подсистемой потребностей субъектов (на рис. 2—4 обозначаются кружками).

Рис. 3 иллюстрирует картину неудовлетворяемых потребностей, интегрированную по многим применениям подсистемы. Неудовлетворяемые потребности могут быть «сгруппи-

рованными» или «разрозненными», «близкими» к подсистеме или «далекими» от нее. В свою очередь, расширение подсистемы может происходить либо путем добавления отдельных средств, либо путем введения новых механизмов (или понятий) и соответствующих комплексов средств, покрывающих заметную часть проблемной области, либо путем перестройки подсистемы.

Разумеется, понятие «близости» потребностей на рисунке носит лишь иллюстративный характер, так же как и изображение многомерной проблемной области плоской. Однако интуитивного представления о близости обычно вполне достаточно конструктору, чтобы попытаться удовлетворить одним средством много потребностей или создать единый механизм, связывающий в подсистеме целый набор средств.

Выбор путей развития подсистемы следует производить исходя из стоимости реализации того или иного пути, с учетом требований ее внутренней логики и места подсистемы среди других подсистем.

Говоря о стоимости реализации, следует заметить, что введение в подсистему отдельного средства только тогда тождественно созданию этого средства, когда в подсистеме имеется механизм для включения его. В противном случае такой механизм требуется создать и, следовательно, ввести новые понятия. Точно так же введение нового механизма только тогда дает возможность непосредственно включить в состав подсистемы соответствующий комплекс средств, когда этот механизм согласован с остальными. В противном случае требуется перестройка системы.

Логика развития подсистемы требует, чтобы каждый новый механизм появлялся вместе с его привязкой к существующим средствам, возможности которых расширяются благодаря такой привязке, и с набором новых средств, покрывающих некоторую часть проблемной области. Введение нового механизма выгодно, если оно таким образом расширяет подсистему, что оказывается покрытой целая «группа» неудовлетворяемых потребностей.

На рис. 4 изображены две подсистемы A и B и различные способы развития системы с целью покрытия не удовлетворяемых подсистемой A потребностей. «Выросты» M и N возникли в результате добавления новых механизмов в подсистеме A, «усы» P и Q — отдельные средства. Некоторые неудовлетворяемые подсистемой A потребности покрываются подсистемой B или лежат «вблизи» от нее (в частности, эта ситуация характерна для случая, когда A есть подсистема с языком высокого уровня, а B — соответствующая ей под-

система с языком более низкого уровня). Такие потребности могут быть покрыты как за счет подсистемы A, так и за счет подсистемы B (см., например, на рис. 4 «вырост» S). В последнем случае следует изменить не только описание системы B, но и описание системы A с целью стимулировать такие разбиения задач субъектов на подзадачи, в которых указанные потребности не будут отнесены к подсистеме A.

Наконец, могут существовать неудовлетворяемые подсистемой потребности, не расположенные «вблизи» никаких подсистем. Если есть достаточно мощная группа, то имеется стимул создать покрывающую ее новую подсистему (см. на рис. 4 область T). Если же «удаленные» неудовлетворяемые потребности разрознены, приходится мириться с тем, что на данном этапе развития системы эти потребности останутся неудовлетворяемыми.

Следует ли считать, что задача не может быть решена с помощью инструментальной системы, если при любом ее представлении некоторые потребности остаются неудовлетворяемыми? Если система абсолютно замкнута на себя и механизмы ее развития закрыты от субъекта взаимодействия, то да. Однако конструктор может предусмотреть и описать механизмы взаимодействия, либо просто позволяющие субъекту использовать для решения задач наряду со средствами системы и не входящие в ее состав средства с достаточно простыми переходами из системы вовне нее и обратно, либо позволяющие наращивать систему и ее подсистемы «усами», «выростами» или подсистемами (в технике последнее называется открытостью системы).

Выше мы обсудили различные способы развития системы с целью покрытия неудовлетворяемых потребностей. Однако развитие системы может преследовать и другие цели. Одна из них — достижение гармонии в самой системе или в ее применениях.

Естественно возникающая причина нарушения внутренней гармонии системы — наслоение результатов последовательных ревизий системы, из-за чего возникает перенасыщение понятиями некоторых ее частей. В частности, в подсистеме могут накапливаться отдельные средства, привязанные к ней различными механизмами. В такой ситуации желательны систематизация таких средств и создание общих механизмов из привязки к подсистеме. Аналогично накопление в подсистеме отдельных мезанизмов, слабо согласованных между собой, требует реорганизации подсистемы. Сильное перекрытие подсистем в проблемной области может означать, например, разумность полного исключения одной из

них или, наоборот, выделение их общей части в качестве новой подсистемы (впрочем, как мы уже отмечали, существенное перекрытие возможностей подсистем может естественно возникать вследствие иерархического построения системы).

Решение какой-либо задачи с помощью инструментальной системы предполагает ее декомпозицию на подзадачи, перевод подзадач на языки подсистем, разбиение их на потребности и привязку к потребностям средств. Если результирующая структура задачи и ее привязки к системе оказывается неоправданно сложной, то конструктор должен воспринять это как аналогичный описанному выше сигнал о дисгармоничности системы.

До сих пор рассматривались только вопросы принципиальной возможности решения задач средствами инструментальной системы. Сейчас мы займемся изучением сложности построения индивидуального образа и сложности решения задач на его основе. Если говорить о качественном определении, мы будем понимать под сложностью построения индивидуального образа количество новых понятий, которые потребовалось изучить для построения (развития) индивидуального образа. Говоря о сложности решения задачи, отвлечемся от определения абсолютной сложности и рассмотрим только относительное уменьшение сложности за счет применения средств инструментальной системы.

Естественным критерием качества системы с точки зрения сложности ее изучения является условие: «чем меньше задача, тем меньше требуется изучить». Разумеется, зависимость сложности изучения системы от объема задачи не может получиться линейной. В частности, это связано с присущей системе определенностью картины предметной области. Эта картина, возникающая в процессе построения системы (см. раздел «Построение инструментальной системы»), в общем случае непривычна для субъекта взаимодействия. Чтобы привыкнуть к ней, субъект должен затратить определенные усилия, которые можно рассматривать как «плату за вход».

Изучение основных понятий системы, отражающих присущую ей картину проблемной области, оказывает формирующее влияние на систему представлений субъекта. Это влияние, вообще говоря, является упорядочивающим (воспитывающим) в смысле единообразия и систематизации представлений субъектов.

Система в целом ориентирована на то, чтобы уменьшить сложность решения задач из данной проблемной области за счет взятия на себя некоторых сторон деятельности субъ-

ектов при решении ими задач. Если субъект не полностью освоил систему, то он может попытаться развивать в определенных направлениях ее индивидуальный образ в надежде, что его усилия окупятся уменьшением сложности реализации задач. Результирующие индивидуальный образ системы и решение задач являются итогом многоступенчатого целенаправленного выбора.

Существенной составной частью инструментальной системы является ее описание. Индивидуальный образ у любого субъекта складывается под совместным влиянием описания системы и результатов его взаимодействия с ней. Имеются два подхода к построению описания. Один из них предполагает раздельное объяснение понятий и их связей в системе и описание на этой основе ее средств и механизмов.

Второй подход — обучение на примерах. Он имеет два преимущества с точки зрения развития индивидуального образа системы. Во-первых, он позволяет с самого начала включиться во взаимодействие с системой, за счет чего ускоряется ее освоение. Во-вторых, при таком подходе субъект быстро получает представление о типичных применениях системы. Благодаря этому он довольно быстро оказывается в состоянии решать средствами системы некоторые задачи. В результате сразу налаживается обратная связь субъектов с конструктором системы.

Первый подход обладает тем существенным преимуществом, что позволяет полностью представить себе все средства системы. Сочетанию обоих подходов при построении описания соответствует сочетание декларативного (узнавание) и процедурального (овладение) знаний у субъекта взаимодействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч. 2-е изд., т. 46. ч. I.
2. *Гвишиани Д. М.* Материалистическая диалектика — философская основа системных исследований.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1979. М.: Наука, 1980, с. 7—28.
3. *Емельянов С. В., Наппельбаум Э. Л.* Системы, целенаправленность, рефлексия.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1981. М.: Наука, 1981, с. 7—37.
4. *Кун Т.* Структура научных революций. М.: Прогресс, 1977. 288 с.
5. *Ларичев О. И.* Наука и искусство принятия решений. М.: Наука, 1979. 200 с.
6. *Месарович М., Такахара Я.* Общая теория систем: Мат. основы. М.: Мир, 1978. 311 с.
7. *Щедровицкий Г. П.* Принципы и общая схема методологической организации системно-структурных исследований и разработок.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1981. М.: Наука, 1981, с. 193—227.

ПРОБЛЕМЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В. В. ЮРЧЕНКО

Имитационное моделирование с применением ЭВМ успешно используется в качестве метода исследования сложных объектов. Особенно быстрое развитие этого метода наблюдалось в течение последнего десятилетия, когда моделирование вышло за традиционные рамки и распространилось на различные области приложения (экономика, демография, биология, социология).

В настоящее время довольно трудно указать границу, отделяющую имитационное моделирование от массы решаемых на ЭВМ задач. Первоначально под имитационным моделированием понималась довольно узкая область исследований динамики функционирования сложных объектов. В отличие от моделирования вообще, заключающегося в исследовании на ЭВМ систем каких-либо уравнений (математических моделей каких-либо процессов), к имитационному моделированию относились исследования объектов, функционирование которых навозможно или неудобно описать единой системой уравнений, в то время как весь процесс функционирования распадался на отдельные этапы, легко поддающиеся имитации на ЭВМ. В этом смысле предметом имитационного моделирования являлись различные дискретные процессы или непрерывные, допускающие естественную дискретизацию. В настоящее время существует тенденция значительного расширения понятия имитационного моделирования за счет большого числа задач исследования динамики объектов из различных областей науки. При этом имитационное моделирование определяется иногда через противопоставление оптимизационным динамическим задачам. Однако, несмотря на существование этих понятийных или терминологических разногласий, имитация на вычислительных машинах функционирования различных по своей природе объектов бурно развивается и становится одним из основных инструментов исследований социально-экономических, биологических, технологических и других процессов.

Опыт имитационного моделирования показывает, что оно связано с большим объемом программирования. При этом написание программ, описывающих функционирование ис-

следуемого объекта, составляет, как правило, незначительную часть всех работ. Основные затраты приходятся на вспомогательные операции, такие, как изменение данных, накопление и вывод результатов, организацию имитации и т. п. Это явилось причиной большого числа разработок по математическому и программному обеспечению имитационного моделирования.

История развития математического обеспечения имитационного моделирования отражает развитие последнего. Первые работы связаны с созданием универсальных и специальных систем моделирования дискретных процессов. Здесь достигнуты большие успехи [10], и исследования в этой области продолжаются. Позже начались разработки специальных систем для конкретных типов моделей. Это языки DYNAMO [12] и CSSL [13] для моделей, описывающихся обыкновенными дифференциальными уравнениями, систем MODULECO [11] для эконометрических моделей. Параллельно ведутся работы по созданию универсального программного обеспечения, рассчитанного на обслуживание широкого класса моделей. Здесь можно отметить следующие направления. Системы типа WISSIM [9], которые не обеспечивают процесс создания моделей, но предоставляют стандартный сервис по запуску моделей в работу и представлению результатов. Языки моделирования типа ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ [3], включающие понятия из многих отраслей знаний. Общие языки моделирования (СИМУЛА [5], УТОПИСТ [8]) уделяют главное внимание описанию сложных, составных объектов и являются скорее универсальными языками программирования.

Существующие языки и системы моделирования направлены на решение различных конкретных проблем. Анализ опыта их использования и опыта построения моделей показывает, что имитационное моделирование, несмотря на идейную простоту, довольно сложный, а главное, трудоемкий процесс. Он включает большое число различных операций, таких, как обработка статистических данных, формализация причинно-следственных связей, идентификация параметров, исследование чувствительности и т. д. [1]. При этом для моделей разных типов набор таких операций может значительно отличаться. В то же время существует большой набор общих операций, таких, как обработка информации, формирование входных функций, накопление и представление результатов моделирования. Как правило, именно эти операции составляют бо́льшую часть рутинного программирования при имитационном моделировании. Тем самым возни-

кают необходимость и возможность общего обеспечения имитационного моделирования для широкого класса моделей. Однако на этом пути существует много проблем, требующих решения.

ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Первопричиной большинства трудностей построения имитационных моделей является наличие определенного барьера между экспертами или специалистами в конкретной области и программистами. Практически любая модель может быть построена в виде вычислительной программы на каком-либо алгоритмическом языке. Такой традиционный подход предполагает по крайней мере следующие этапы: качественное изучение исследуемой проблемы экспертами, формализация причинно-следственных связей специалистами данной области совместно с прикладными математиками, разработка алгоритмов математиками совместно с программистами, разработка вычислительных программ и их отладка программистами. Данная схема предполагает большое число контактов между специалистами в различных областях, часто плохо понимающих друг друга, что приводит к значительному увеличению сроков создания модели.

С другой стороны, использование имитационных моделей в принятии решений предполагает оперативность построения и модификации моделей. Поэтому сокращение времени создания моделей становится основным требованием на математическое, языковое и программное обеспечение имитационного моделирования. Среди возникающих на этом пути проблем можно выделить следующие, наиболее общие и важные.

Сложность понятий. В отличие от алгоритмических языков, использующих относительно простые понятия «переменная», «массив» и т. д., язык имитационного моделирования должен оперировать со сложными понятиями, естественным образом отражающими сложную структуру отдельных объектов моделируемых систем. Это, в свою очередь, подразумевает возможность работы со сложными структурами данных и введения для данных структур специфических операций над объектами и данными. Такое расширение языковых возможностей необходимо для того, чтобы дать возможность пользователю работать в терминах моделируемого объекта, то есть непосредственно вводить специальные понятия и операции над ними, а не интерпретировать каждый раз абстрактные понятия и операции алгоритмических языков.

Кроме того, возникает необходимость в накоплении биб-

лиотеки таких понятий и связанных с ними специальных операций, поскольку описания отдельных понятий или объектов могут быть чрезвычайно сложными и часто используемыми в различных моделях. Решение этих проблем может значительно приблизить экспертов к ЭВМ, дать им возможность собирать интересующие их модели, не прибегая к помощи математиков и программистов.

Неоднородность моделей. Особые трудности возникают при исследовании сложных систем, включающих подсистемы, функционирование которых существенно различно и требует различного математического аппарата для описания. Характерным примером такой неоднородной системы является социально-экономическая система. Каждая подсистема в этом случае является предметом исследования своей области знаний. Их формальное описание или модели часто представляются различными математическими средствами. Чаще всего используются системы линейных или нелинейных уравнений, тождеств, обыкновенных дифференциальных уравнений, конечно-разностных уравнений. При объединении таких подсистем в единую модель возникают трудности как при описании модели, так и при их исследовании, требующем одновременного применения различных методов.

Сложность внутренней структуры модели. При исследовании сложных объектов с помощью имитационных моделей возникает необходимость в структурной адекватности моделей. Модели должны отражать все основные аспекты внутренних взаимосвязей, присущих исследуемой системе. Как показывает опыт, наиболее важными являются наличие обратных связей и иерархичность внутренней организации.

Кроме того, все большее значение приобретает моделирование переменности структуры объекта. Это важно, например, при моделировании долгосрочного развития социально-экономических систем, когда подразумевается возможность возникновения новых технологий, отраслей и межотраслевых связей. Таким образом, перед имитационным моделированием стоят проблемы адекватного описания структурных особенностей сложных систем. Решение этих проблем требует разработки математического аппарата, обеспечивающего построение таких моделей и их использование.

Сложность алгоритмизации вычислений. В большинстве разработанных в настоящее время языках моделирования (как и во всех алгоритмических языках) построение вычислительного алгоритма модели (алгоритма вычисления значений выходных переменных по значениям входных) осущест-

вляется программистом «вручную», т. е. без использования ЭВМ. На первый взгляд эта работа не вызывает принципиальных трудностей. Однако с ростом размерности моделей затраты времени на этот этап моделирования растут. Если же модель имеет сложную переменную структуру с обратными связями, то алгоритмизация вычислений превращается в трудноразрешимую задачу. Одним из наиболее удобных режимов использования имитационных моделей является диалоговый режим. Его осуществление возможно лишь в том случае, если время отклика модели, т. е. время получения результатов, достаточно мало. Для минимизации времени отклика необходимо использовать оптимальные вычислительные алгоритмы, построение которых для сложных моделей невозможно без разработки специальных математических методов.

Накопление и использование опыта моделирования. Даже простейшая модель из одного уравнения может представлять значительную ценность и являться результатом труда большого коллектива, осуществляющего качественные исследования явления, сбор и анализ данных, разработку математического представления объектов и процессов. Как численные методы решения различных задач представляются в настоящее время в виде стандартных подпрограмм, накапливаются и распространяются по всему миру в специальных пакетах и библиотеках на ЭВМ, так и модели должны накапливаться и распространяться.

Но если на всех ЭВМ и во всех языках программирования разработан специальный аппарат накопления и использования подпрограмм, удобный для работы с методами решения общих задач, то для работы со «стандартными» моделями такого аппарата еще нет. И хотя для этих целей можно использовать стандартный аппарат подпрограмм, это связано с большими неудобствами, поскольку накопление моделей и подмоделей имеет свои особенности. Так, при описании различных подмоделей может использоваться совершенно различный математический аппарат, что делает невозможным единое стандартное обращение к таким моделям. Кроме того, модель работает не с абстрактными переменными, а с имеющими конкретный физический смысл, размерность и т. д. Т. е. с подмоделью связано гораздо больше информации, чем со стандартной подпрограммой, и эта информация может иметь гораздо более сложную структуру. Таким образом, существует необходимость в разработке специального аппарата для накопления и использования библиотек моделей и подмоделей.

Модернизация моделей. Имитационное моделирование предполагает многократное изменение не только данных, но и моделей, их формального описания. Для моделей с переменной структурой и обратными связями изменение даже одного уравнения может привести к существенному изменению вычислительного алгоритма, что делает модернизацию модели трудоемкой операцией. Для сокращения затрат времени на эту операцию необходимо разработать специальные средства, аналогичные средствам отладки программ в системах программирования.

Исследование моделей. Построение модели не заканчивается созданием на ЭВМ вычислительной программы. Перед использованием модели в научных исследованиях необходимо проверить ее адекватность, идентифицировать неизвестные параметры, найти допустимую область применения, что требует проведения исследования чувствительности модели к изменениям начальных данных и параметров, а также определения ряда статистических характеристик. Все эти работы являются неотъемлемой частью имитационного моделирования. При этом, как показывает практика, это одна из наиболее трудоемких составляющих моделирования. Поэтому повышение эффективности моделирования в целом требует создания специального математического и программного обеспечения этих операций.

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Трудность в использовании имитационных моделей при исследовании поведения реальных объектов возникают из-за наличия барьера между исследователем и вычислительной техникой. Как правило, работа исследователя с моделью требует привлечения услуг математиков и программистов, что значительно усложняет работу исследователя. Если же речь идет об использовании имитационного моделирования в процессе принятия решений, то здесь ситуация еще хуже — лицо, принимающее решение (ЛПР), практически полностью лишено возможности непосредственно использовать этот инструмент. Для устранения этого барьера необходимо решить ряд сложных задач.

Обеспечение оперативности общения. Использование моделей включает большое число разнообразных операций от изменения параметров до вывода результатов. Имитационное моделирование может быть эффективным, если исследователю представлена возможность обращаться к модели

с указаниями в диалоговом режиме. Как правило эти требования связаны со сменой решаемой задачи, изменением данных и модели. Если это влечет за собой редактирование и перетрансляцию текстов и сборку новых задач, то диалоговый режим общения практически невозможен. Для его обеспечения необходима разработка специальных средств сокращения времени отклика ЭВМ.

Многоуровневость языка общения. Как уже говорилось, имитационное моделирование распадается на ряд отдельных операций, в основе которых лежат разные математические методы и понятия. Язык диалога должен терминологически и структурно соответствовать решаемым задачам. Кроме того, в диалоге участвуют специалисты различной квалификации, в различной степени знающие модель и знакомые с программированием. Поэтому необходимо обеспечить два взаимоисключающих требования: простоту общения для лиц, незнакомых с моделью, краткость и быстроту для опытного пользователя.

Формирование сценариев. Как правило, при имитационном моделировании используются открытые модели, содержащие экзогенные или управляющие переменные. Поэтому одной из важнейших задач математического обеспечения имитационного моделирования является создание аппарата, позволяющего задавать управления без дополнительной перетрансляции программ моделей. При этом необходимо обеспечить описание сценариев на разных уровнях агрегации — от простого задания значений управляющих переменных до качественного описания выбираемой политики. Кроме того, необходимо уметь накапливать формальные описания сценариев для последующего использования.

Переход к оптимизационному режиму. Хотя основой имитационного моделирования являются сценарные исследования, предполагающие априорное задание управляющих функций, естественным завершением этого этапа исследований является попытка оценить некоторые максимальные возможности системы, т. е. найти оптимальное управление. При исследованиях социально-экономических систем чаще всего в этом случае приходится иметь дело с многокритериальной задачей. Любое программное обеспечение имитационного моделирования должно включать какие-либо средства обеспечения нормативного режима исследования с диалоговой оптимизацией.

Изменение структуры модели. При моделировании динамики объектов с переменной структурой необходимо обеспечить работу с моделью, структура которой меняется как

функция времени. При этом структура модели может задаваться непосредственно как экзогенная переменная или вычисляться как функция фазовых и управляющих переменных. Часто у исследователя возникает необходимость разорвать ту или иную причинно-следственную связь, т. е. превратить эндогенную переменную в экзогенную для исследования поведения какой-либо части модели. Иногда возникает необходимость в режиме слежения — поиска управляющей функции, обеспечивающей заданное поведение указанной переменной. Естественно желание делать эти модификации без дополнительных изменений модели. Это непосредственно связано с возможностью менять структуру ранее собранной модели в ходе исследований.

Интерпретация результатов. При исследовании сложных систем приходится работать с моделями, включающими большое число переменных, каждая из которых в той или иной ситуации может представлять определенный интерес для исследователя. Поэтому даже после проведения единственного расчета пользователь, желающий найти какие-либо особенности в поведении объекта, оказывается перед лицом весьма трудоемкой задачи просмотра и анализа очень большого объема информации. Если он к тому же захочет понять причины каких-либо особенностей в поведении ряда переменных, то это потребует дополнительного сопоставления результатов и дополнительных промежуточных вычислений, что еще больше усложнит задачу. Для исследователя, не принимающего непосредственного участия в разработке данной модели и поэтому плохо представляющего внутренние причинно-следственные взаимосвязи между переменными, подобный анализ может стать просто невозможным. Решение этой проблемы требует создания специального аппарата автоматической интерпретации результатов моделирования.

Связь с банком данных. Существенное увеличение эффективности имитационного моделирования дает непосредственная связь модели с банком данных. Но поскольку не существует единого стандарта на структуру данных и методы доступа к ним, необходимо обеспечить быструю приспосабливаемость программного обеспечения моделирования к произвольным банкам данных.

Представление результатов. На первый взгляд представление результатов моделирования, т. е. их вывод на экран дисплея или на печать в виде таблиц, графиков и диаграмм, является второстепенной операцией и не представляет труда. В действительности важность этого этапа моделирования

трудно переоценить. Именно здесь происходит обмен информацией между ЭВМ и человеком. Именно здесь можно значительно увеличить общую эффективность человеко-машинной системы за счет правильного использования творческого потенциала человеческого элемента системы. Это в значительной мере зависит от формы представления информации, перерабатываемой человеком (естественно, что производительность обработки информации человеком выше, если она представлена в виде графических образов, а не бесконечными колонками цифр). Особенно большие возможности открываются при использовании цвета для представления многомерной информации.

Обучение пользователей. Как показывает опыт, заочное обучение пользователей диалоговых систем с помощью печатных изданий не эффективно. В настоящее время в подобных системах широкое применение находит обучение в процессе работы с помощью диалоговых справочных, встроенных непосредственно в используемую систему.

Специальные математические методы. Разработка диалогового программного обеспечения имитационного моделирования требует создания ряда новых математических методов — либо нацеленных на диалоговый режим использования, либо существенно сокращающих затраты времени центрального процессора и обеспечивающих приемлемое время отклика системы. Необходимы разработки по следующим направлениям: методы диалоговой оптимизации, идентификации и оценки точности; методы синтеза оптимальных алгоритмов для неоднородных моделей с переменной структурой; быстрые методы интегрирования, учитывающие неоднородность модели, переменность ее структуры, наличие запаздываний и другие особенности.

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ИНТЕРАКТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Обсуждавшиеся выше проблемы имитационного моделирования исследовались при проектировании разрабатываемой в настоящее время во ВНИИСИ Системы Интерактивного Моделирования (СИМ). Для ряда из них были найдены решения, которые частично использовались в первых разработках по программному обеспечению моделирования. Опыт создания Монитора Интерактивного Моделирования (МИМ) [2] и первой очереди человеко-машинной системы моделирования [4] позволяет подвести некоторый итог и указать возможные пути решения проблем математического обеспечения

имитационного моделирования. Ниже приводится общее описание некоторых результатов или идей в этом направлении.

Система моделирования. Для того чтобы имитационное моделирование на ЭВМ стало широко распространенным и эффективным инструментом научных исследований и принятия решений, необходимо обеспечить весь комплекс операций, составляющих имитационное моделирование. Так, в системе СИМ проектируется создание программного обеспечения следующих операций: работа с банком стандартных подмоделей, синтез описания составных моделей, синтез вычислительных программ моделей, связь с банками данных, накопление банка моделей, формализация сценариев, идентификация параметров модели, исследование чувствительности и оценка точности, управление имитационным моделированием, управление оптимизационным моделированием, накопление и вывод результатов моделирования, интерпретация результатов моделирования и подготовка отчетов.

Вряд ли целесообразно создавать универсальные системы для очень широкого класса моделей. Такие системы либо чрезмерно громоздки, либо только формально допускают работу с различными моделями, но не обеспечивают характерных для них функций. Предпочтительней создавать системы моделирования, специализированные по допустимому типу моделей и универсальные по поддерживаемым функциям, т. е. системы, рассчитанные для работы с определенным типом моделей, но обеспечивающие полный набор операций, характерных для этих моделей.

Диалоговый режим. При моделировании сложных объектов, таких, как социально-экономические системы, полная автоматизация исследований невозможна или нерациональна, поскольку большинство составляющих моделирование операций требует творческих усилий. Больших результатов можно достичь рационально распределяя обязанности между человеком и ЭВМ, т. е. разумно используя творческие возможности человека и быстродействие ЭВМ. Решение проблем имитационного моделирования необходимо искать на пути построения человеко-машинных систем программного обеспечения, в которых каждый блок работает в режиме активного диалога с исследователем.

Что касается самого диалога, то его форма в системе СИМ унифицирована, а управление диалогом выделено в автономный блок. При этом обеспечиваются два режима диалога, отличающихся активным элементом — человек или ЭВМ.

Первый режим: исследователь руководит диалогом, он дает команды ЭВМ на языке инструкций, ЭВМ их выполняет и запрашивает следующие. Во втором режиме активную роль играет ЭВМ, она информирует исследователя о возможных альтернативных действиях, а исследователь только выбирает нужную ему альтернативу. В данном случае ЭВМ ведет диалог с помощью иерархических структурированных меню.

Разделение операций по созданию и использованию моделей. Универсальность системы моделирования, ее гибкость и способность к быстрой модернизации могут быть значительно расширены, если ее разделить на две автономные подсистемы, связанные между собой через банк моделей: подсистему формирования моделей и подсистему исследования и использования моделей. Первая подсистема обеспечивает построение вычислительных программ моделей, вторая — все операции по моделированию, начиная с формализации сценариев и кончая выводом результатов. Такое разделение позволяет иметь в рамках одной системы несколько языков моделирования, работающих с различными типами моделей, и использовать для них один и тот же сервис второй подсистемы. Это возможно, если строго формализовано понятие модель. Так, в системе СИМ, работающей с функциональными, обыкновенными дифференциальными и конечно-разностными уравнениями, под моделью понимается вычисление правых частей этих уравнений. Вся же динамика (расчет управляющих функций, запаздываний, интегрирование дифференциальных уравнений и расчет дискретных переходов) рассчитывается во второй подсистеме.

Такое разделение операций дает возможность отделить язык описания состава и структуры модели от языка заданий по моделированию, использовать неоднородные модели и различные математические методы в зависимости от типа модели. Тем самым возникает возможность использовать унифицированный и легко расширяемый сервис для работы с широким классом моделей.

Язык описания модели. Что касается усложнения типов данных при описании объектов моделирования, то здесь сделано много. Наибольшие успехи достигнуты в переходе к произвольному типу, вводимому пользователем, как это допустимо в языках СИМУЛА и УТОПИСТ.

Переход к использованию оптимальных вычислительных алгоритмов и автоматизация их построения требуют перехода от алгоритмических языков моделирования к описательным. В этом случае пользователь описывает только состав модели, взаимосвязь между ее основными элементами и по-

становку задачи, вычислительный алгоритм решения этой задачи синтезируется самой системой. Текст описания модели становится очень наглядным и удобным для последующей модернизации. Простыми примерами такого языка являются язык DYNAMO и язык системы MODULECO. Система СИМ также включает язык описания моделей, допускающий работу с моделями с переменной структурой и произвольными обратными связями.

Банк стандартных подмоделей. Примеры организации специальных библиотек подмоделей можно найти в системах ПРИЗ [7] и СИМ [6]. Организация банка подмоделей системы СИМ принципиально отличается от обычных библиотек стандартных подпрограмм. В качестве стандартной подмодели рассматривается отображение множества входных переменных на выходные. С входными и выходными переменными связывается большое количество информации, а отображению соответствует некоторая подпрограмма. В отличие от библиотек стандартных подпрограмм, где основу составляют эти подпрограммы, в банке подмоделей системы СИМ основными являются переменные модели. Они разбиты на иерархически организованные разделы и являются фактическими параметрами подпрограмм-отображений. Здесь же хранятся и сами подпрограммы со всей необходимой информацией и связями их формальных параметров с переменными моделирования. Такая организация банка позволяет накапливать альтернативные описания одних и тех же процессов, связывая их с одной и той же переменной — выходом. Подсистема синтеза моделей системы СИМ дает возможность пользователю выбрать в банке подмоделей интересующие его переменные, ознакомиться с моделирующими их подмоделями, выбрать наиболее подходящие, проанализировать входы этих подмоделей и т. д. В результате такого просмотра собирается модель, а подсистема синтеза генерирует как текст описания этой модели, так и ее вычислительную программу. При этом вся вспомогательная информация о переменных и подмоделях автоматически попадает в банк моделей для подсистемы использования модели.

Специальные диалоговые подсистемы. В рамках системы СИМ программное обеспечение отдельных операций моделирования объединяется в автономные диалоговые подсистемы, каждая из которых обеспечивает одну из операций. Примерами таких подсистем являются подсистемы идентификации параметров, исследования чувствительности, формализации сценариев и т. д. Диалог с этими подсистемами унифицирован, между собой и с моделью они общаются через банк мо-

делей. Такой подход делает систему гибкой, легко расширяемой — переход к новым типам моделей и операциям над ними требует добавления нового блока без изменения общей структуры системы.

Поиск оптимальных управлений. Задачи оптимизации сложных нелинейных систем большой размерности, как правило, настолько сложны, что попытки снабдить программное обеспечение моделирования универсальной подсистемой оптимизации заведомо обречены на провал. Однако представить пользователю некоторые минимальные возможности по оценке оптимальных управлений необходимо и возможно. Чаще всего при исследовании социально-экономических систем пользователя интересуют не столько оптимальные, сколько допустимые управления, поскольку для подобных систем часто не существует скалярного критерия качества.

При оценке оптимальных режимов весьма удобна следующая итерационная диалоговая процедура: исследователь задает ограничения и промежуточный скалярный критерий, ЭВМ находит текущее приближение оптимального управления, исследователь знакомится с результатом и меняет ограничения и критерий и т. д., пока исследователь не сочтет функционирование объекта лучшим или приемлемым с его точки зрения. В качестве промежуточных критериев используется степень отклонения указанных траекторий от заданных значений. Такое задание ограничений и критерия очень наглядно и удобно исследователю, особенно при наличии графического дисплея (именно такой режим реализуется в системе СИМ).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Болоткин С. И., Бритков В. Б., Геловани В. А., Дубовский С. В., Юрченко В. В.* Программное обеспечение системы моделирования. Препринт ВНИИСИ. М.: ВНИИСИ, 1978. 38 с.
2. *Викторов Л. П.* МИМ — монитор для интерактивного моделирования: Препр. ВНИИСИ. М., 1980. 71 с.
3. *Воронцов И. И., Грешилов М. М.* Система математических методов машинного моделирования «Взаимодействия». Язык системы (машинная реализация, версия ВМ-3): Препр. Ин-та пробл. упр. М.: ИПУ, 1979. 75 с.
4. *Геловани В. А.* Человеко-машинная система моделирования процессов глобального развития.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1980. М.: Наука, 1981, с. 155—173.
5. *Дал У. И., Мюрхауг Б., Нюгорд К.* Симула-67: универсальный язык программирования. М.: Мир, 1969. 99 с.
6. *Сеглин А. А., Юрченко В. В.* Информационная система подмоделей.— В кн.: Человеко-машинная система моделирования процессов глобального развития. М.: ВНИИСИ, 1982, с. 95—99.
7. *Тыугу Э. Х.* Программы и системы программирования. Учеб. посо-

бие. Вып. 1. Система программирования ПРИЗ: Общее описание. Таллин. политехн. ин-т. Таллин: ТПИ, 1977. 24 с.
8. *Тыугу Э. Х.* Программы и системы программирования: Учебное пособие. Вып. 2. Система программирования ПРИЗ: Входной язык. Таллин. политехн. ин-т. Таллин: ТПИ, 1977. 56 с.
9. *Buehring J. S.* WISSIM. An interactive simulation control language. IIASA, RM-76-24. Laxenburg, Austria, 1976. 83 p.
10. *Dahl O. J.* Descrete event simulation languages.— In: Programming languages/Ed. by F. Genuys. N. Y.: Acad. press, 1968, p. 349—395.
11. *Nepomiastchy P.* MODULECO. Software for macroeconomic modelling.— In: Information processing 80/Ed. by S. H. Lavington. IFIP; North-Holland Publ. Co, 1980, p. 827—831.
12. *Pugh A. L.* Dynamo-2 User's Manual. Cambridge (Mass.): M. I. T. press, 1970. 92 p.
13. SCi. simulation software commitee: The sCi. continuous system simulation language (CSSL).— Simulation, 1967, vol. 9, N 6, Dec., p. 231—303.

ПРИЛОЖЕНИЕ СИСТЕМНЫХ МЕТОДОВ К АНАЛИЗУ ТЕХНИЧЕСКОГО И ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ЗНАНИЯ

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН (НА ПРИМЕРЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ РАДИОЛОКАЦИИ)

В. Г. ГОРОХОВ

Методологические проблемы технических наук получили достаточно широкое освещение в философской литературе. Однако акцент до сих пор делается на исследовании их строения и генезиса (см., напр., [31]), а развитие научно-технического знания специально не анализировалось. Поэтому обращение к методологическому анализу развития современных научно-технических дисциплин представляется весьма актуальным (тем более что оно, как правило, связано со становлением системной ориентации этих дисциплин [5]).

Одной из важнейших проблем, обсуждаемых в современной методологии науки, является выбор адекватной единицы методологического анализа развития научного знания. Для наших целей — исследования развития технических наук — наиболее подходящей единицей методологического анализа является научная дисциплина. Представления о дисциплинарной организации науки достаточно развиты в науковедческой литературе (см., напр., [13]). Они позволяют включить в сферу методологического анализа не только теоретические формы научного познания, но и другие аспекты научной деятельности (социальные, организационные, коммуникационные и т. д.), которые весьма важны для понимания динамики науки.

Можно выделить два взаимосвязанных способа анализа развития науки: модель внешнего развития и модель внутреннего развития научного знания. Анализируя механизмы порождения новых научно-технических дисциплин [1] в условиях развитой технической науки, выделим в соответствии

[1] Об особенностях научно-технических дисциплин см. [6].

с этим различием моделей развития науки два основных их типа.

1. Первый тип — внутреннее развитие научно-технических дисциплин — связан с прогрессивным ветвлением базовой научно-технической дисциплины (внутри данного семейства дисциплин), которое приводит к образованию сначала нового исследовательского направления, а затем области исследования и дисциплины. Этот процесс сопровождается разработкой обобщенной онтологической схемы новой технической теории в рамках одной и той же «универсальной» онтологической схемы («научной картины мира») [2]. Этот первый тип порождения научно-технических дисциплин мы рассмотрим на примере теоретической радиолокации, отделившейся от теоретической радиотехники в рамках общей для них электродинамической картины мира. Для исследования этого случая наиболее продуктивной является модель эволюции научного знания.

2. Второй тип — внешнее развитие научно-технических дисциплин — вызван изменением «взгляда на мир», сменной «универсальной» онтологической схемы, которая влечет за собой и соответствующие изменения внутри научной дисциплины. Он будет анализироваться на примере перехода от «классической» радиолокации к радиолокационной системотехнике, сопровождающегося сменой электродинамической картины мира (заимствованной из радиотехники) системной

---

[2] Онтологические схемы научных дисциплин задают особое «видение мира», т. е. универсум исследуемых в данной теории объектов и способов их теоретического представления. В естественной науке оно выражается в так называемых «специально-научных картинах мира». Методологический анализ данного понятия привлекает внимание многих философов (см., напр., [7, 30]). Однако исследуется прежде всего физическая или — в более широком плане — естественнонаучная картина мира. В технической науке также существуют ее аналоги, но в них развиваются несколько иные принципы онтологизации, связанные с жесткой ориентацией на инженерную деятельность.

Специальная научная картина мира фактически является «универсальной» онтологической схемой (именно это понятие мы и будем в дальнейшем использовать применительно к техническим наукам), которая выполняет по отношению к некоторому семейству научных дисциплин функцию методологического ориентира в выборе теоретических средств, задает обобщенное видение предмета соответствующей науки. В рамках каждой отдельной научной дисциплины она конкретизируется в онтологической схеме, обобщающей целый ряд частных онтологических схем, которые развиты в нескольких областях исследования или исследовательских направлениях данной дисциплины [6].

онтологией. Такого рода переход к новой «универсальной» онтологической схеме наиболее четко описывается, по нашему мнению, моделью «научных революций».

Таким образом, объектом методологического анализа в настоящей статье будет радиолокация как особая научно-техническая дисциплина (а не отрасль техники). Этот выбор обусловлен следующими факторами. Во-первых, теоретическая радиолокация возникла в условиях функционирования развитой технической науки, и можно говорить о ее самостоятельной эволюции именно как научно-технической дисциплины. Она выделилась из другой технической науки (теоретической радиотехники), а не формировалась сначала как прикладной раздел естествознания. Во-вторых, появление радиолокации привело к поистине революционным изменениям в сфере промышленного производства радиоаппаратуры, а также в соответствующих областях технической науки и инженерной деятельности. Это в конечном счете оказало мощное обратное воздействие на саму радиолокацию, которая во второй половине XX в. превратилась в современную комплексную научно-техническую дисциплину — радиолокационную системотехнику. Теоретическая радиолокация в данной статье рассматривается не столько как конкретная техническая наука, сколько как модель развития научно-технической дисциплины. С одной стороны, она выступает в качестве объекта системного анализа научного знания. С другой стороны, именно с появлением радиолокации связано развитие в технической науке и инженерной деятельности методологических принципов системного подхода. И в этом смысле становление радиолокации является одной из предпосылок формирования системотехники. В то же время, включаясь в «семейство» системотехнических дисциплин, она сама радикально преобразуется, становясь радиолокационной системотехникой.

Можно выделить два основных периода развития теоретической радиолокации. Первый связан с постепенной эволюцией одного из разделов радиотехники в новую научно-техническую дисциплину; второй — с «революционным» переходом к принципиально иной системно-кибернетической онтологии, заменившей традиционную для радиотехники электродинамическую картину мира, с переключением на качественно новые деятельностные установки, нормы научного мышления и методы работы (о них см. подробнее в [5, 6]).

Как мы уже отмечали, первый период развития радиоло-

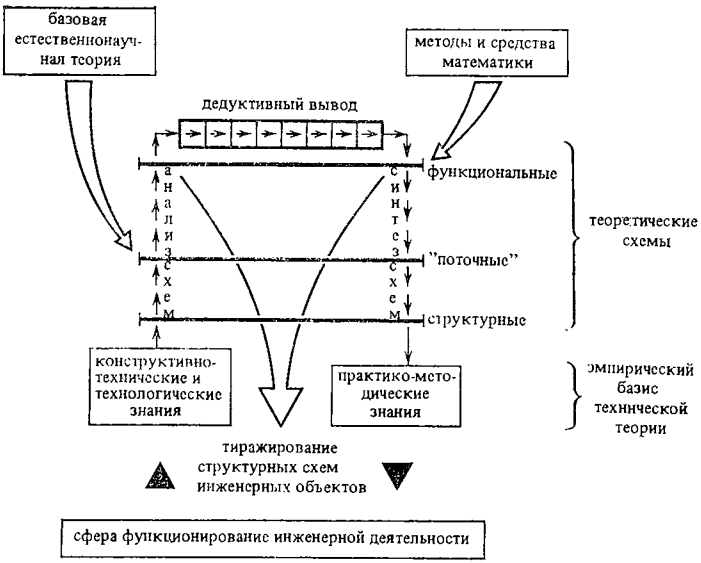


Рис. 1. Структура и функционирование «классической» технической теории

кации, связанный с ее становлением как новой научно-технической дисциплины, хорошо объясняется моделью эволюционных изменений. Он включает в себя в соответствии с принятым в науковедении членением [6, 13] три фазы (которые охватывают примерно тридцать лет — 30—60-е годы нашего столетия): формирование нового исследовательского направления (30—40-е годы), новой области исследования (40—50-е годы), и, наконец, новой научной дисциплины (50—60-е годы). В этот период в радиолокации происходит формирование собственной технической теории в процессе модификации теоретических схем радиотехники.

В структуре технической теории (рис. 1) выделим три основных типа онтологических (теоретических) схем: функциональные схемы, ориентированные на математическое описание; «поточные» схемы, фиксирующие естественные процессы, «протекающие» в инженерном объекте, его функционирование; и структурные схемы, представляющие конструктивные параметры и расчеты т. е. структуру этого объекта (подробнее см. [6]). В ходе становления технической тео-

рии функциональные схемы формируются на базе исходных теоретических моделей математики, а поточные берутся из соответствующей базовой естественнонаучной теории.

Функционирование технической теории осуществляется следующим образом. Сначала формулируется особая инженерная задача создания определенного инженерного объекта. Затем она представляется в виде идеальной конструктивной (структурной) схемы, которая трансформируется в представлении естественного процесса, отражающего функционирование этого объекта. Для расчета и математического моделирования данного процесса строится функциональная схема, отражающая определенные математические соотношения. Инженерная задача переформулируется в научную проблему, а затем в математическую задачу, решаемую дедуктивным путем. Этот путь «снизу вверх» называется анализом схем. Обратный путь — синтез схем — позволяет на базе имеющихся конструктивных элементов, вернее, соответствующих им идеальных объектов по определенным правилам дедуктивного преобразования синтезировать новый инженерный объект (точнее, его идеальную модель, теоретическую схему), рассчитать его основные параметры и проимитировать функционирование. Решение, полученное на идеальной модели, последовательно трансформируется на уровень инженерной деятельности.

Эмпирический базис технической теории составляют конструктивно-технические, технологические и практико-методологические знания (о них подробнее см. [6]). Именно наличие последних определяет специфику технической теории, одна из основных задач которой — тиражирование типовых структурных схем для разных (всевозможных) требований и условий. Тогда решение любых инженерных задач, построение любых инженерных объектов данного типа будет заранее теоретически обеспеченным. В этом и состоит конструктивная функция технической теории и ее главное отличие от естественнонаучной теории, направленной лишь на объяснение и представление хода естественных процессов.

Рассмотрим далее, как эволюционировала эта исходная структура радиотехнической теории в процессе формирования и развития ее нового исследовательского направления — теоретической радиолокации, а затем была радикально трансформирована в современной научно-технической дисциплине — радиолокационной системотехнике. Эти изменения мы будем прослеживать на фоне динамики науковедческих параметров дисциплины: роста числа публикаций, измене-

ния структуры публикационного массива и исследовательского сообщества (появление институтов, кафедр, журналов и т. д.). Для исследования технических наук важное значение имеют также данные о развитии промышленной базы и инженерной деятельности. Именно на фоне динамики этих параметров (которые задают ориентиры и реперные точки для системного методологического анализа истории науки) более четко видны и внутренние структурные перестройки в технической теории.

СТАНОВЛЕНИЕ НОВОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ В РАМКАХ РАДИОТЕХНИКИ (1930—1940 гг.)

Радиолокация по общему признанию историков техники, как советских, так и зарубежных (см. [10, 11, 19, 20, 32—34]), возникла примерно в одно и то же время в различных странах — СССР, США, Англии, Германии — как ответ на четко определенный социальный заказ на создание новых типов объектов радиотехники — «радаров», или радиолокационных станций (РЛС). Увеличение скоростей военных самолетов и развитие военно-морского флота потребовали и новых способов их обнаружения и навигации. Старая аппаратура — звукоулавливатели и прожекторные системы — для решения оперативных задач армии не годились. Поэтому перед инженерами и учеными была поставлена вполне определенная инженерная задача: проверить возможность использования радиоволн для обнаружения различных объектов и разработать соответствующую экспериментальную аппаратуру.

Однако для ее решения необходимо было провести целый ряд новых научных исследований; поэтому были сформулированы сложные научные проблемы, в процессе разработки которых и сформировалось новое исследовательское направление в рамках радиотехники.

На этом этапе становления новой дисциплины постепенно формируются новые частные «поточные» и структурные онтологические схемы радиолокации за счет модификации и конкретизации обобщенных поточных и структурных схем теоретической радиотехники применительно к новым режимам функционирования новых видов радиотехнических устройств. Радиолокационные устройства пока еще рассматриваются как разновидность радиотехнических устройств, функционирующих в импульсном режиме и на сверхвысоких частотах.

К началу 30-х годов были известны два основных метода определения дальности с помощью радиоволн: импульсный и фазометрический. Первый метод использовался для зондирования верхних слоев атмосферы — ионосферы (так называемого пятого слоя Хевисайда). В 1932—1933 гг. он специально изучался для целей радиообнаружения. Второй метод, называемый иногда также интерференционным, или «методом биений», основывался на эффекте Доплера и заключался в измерении разности фаз излучаемой и принимаемой радиоволн. Для реализации поставленной задачи первоначально был выбран второй (фазометрический) метод, хотя в дальнейшем наиболее важное значение в развитии радиолокации имел именно импульсный метод. Это было обусловлено прежде всего тем, что ученые и инженеры, занятые разработкой первой радиолокационной аппаратуры, ориентировались еще на традиционные радиотехнические представления, на старую парадигму данной сферы научного и инженерного знания (новая еще только начинала формироваться).

Для реализации фазометрического метода, как казалось на первых порах, не требовалось принципиально новой аппаратуры (генератор дециметровых волн к этому времени был уже разработан) и сложных теоретических исследований. Непрерывное излучение, которое в данном случае использовалось, и соответствующие ему «поточные» схемы были уже достаточно хорошо изучены в радиотехнике.

Однако проведение работ в этом направлении встретилось со множеством технических трудностей, последовательное преодоление которых и привело к развитию принципиально новых инженерных и научных решений, иных «поточных» схем.

Прежде всего для улучшения работы радиолокационных устройств потребовался переход на все более короткие волны, что, в свою очередь, выдвинуло на первый план развитие еще не освоенной техники сверхвысоких частот (СВЧ). Поэтому и разработка радиолокационных средств пошла по пути совершенствования отдельных приборов обнаружения (генераторов, приемников, усилителей, антенных устройств и т. д.). Для этого было необходимо решать задачи их изобретения, проектирования, научного обоснования протекающих в них процессов и изготовления приборов (многокамерных магнетронов, различных клистронов с дисковыми выводами для дециметровых волн, ламп бегущей волны, волноводов и т. п.).

Переход на сверхвысокие частоты требовал серьезных

научных исследований этого нового режима функционирования радиотехнических устройств и разработки соответствующих ему «поточных» схем. Причем ученым и инженерам приходилось ставить и решать проблемы, которые раньше в рамках радиотехники не возникали или имели второстепенное значение. Одной из таких проблем было подавление внешних помех и внутренних шумов при приеме отраженной от «цели» (так называется в радиолокации объект обнаружения) волны. Это было связано в первую очередь с главной задачей любой РЛС — необходимостью точного измерения параметров отраженной волны для определения характеристик «целей». Это потребовало огромных усилий и изобретательности от конструкторов: были разработаны специальные схемы и устройства, уменьшающие влияние шумов и помех.

Однако подлинный переворот в традиционном (радиотехническом) представлении радиолокационных устройств вызвало применение импульсного метода. Этот метод выходил за рамки привычных представлений, он имел важные преимущества, позволял резко повысить мощность РЛС, давал возможность отслеживать несколько «целей», вести прием и передачу на одну антенну и т. п. И хотя принцип здесь использовался тот же самый — передача электромагнитной энергии на расстояние — в рамках электродинамической «универсальной» онтологической схемы в радиолокации формировались отличные от радиотехнических частные «поточные» онтологические схемы; значимыми становились другие параметры электромагнитных волн (длительность и скважность импульса, конфигурация его фронта, частота повторения импульсов и т. д.). Эти новые частные онтологические схемы отражали иную реальность и требовались другие способы ее представления. В радиотехнике по параметрам электромагнитных колебаний «расшифровывается» текст, в радиолокации по параметрам импульсов определяются характер и координаты «целей», которые регистрируются зрительно (а не слухом) на устройствах совершенно нового типа — электронно-лучевых трубках.

Кроме того, с изменением режима функционирования этого нового типа радиотехнических устройств постепенно изменились конструктивное оформление РЛС и соответствующие ему структурные онтологические схемы. Если первоначально они строились и изображались по типу разнесенных радиотехнических приемников и передатчиков, то позднее — при переходе на работу с общей антенной — сформирова-

лись иные структурные схемы РЛС. Появились и новые блоки, которых не было в традиционных радиотехнических устройствах: антенный переключатель, синхронизатор и индикаторное устройство. Стали разрабатываться новые импульсные схемы (блокинг-генераторы, мультивибраторы, импульсные усилители, пороговые устройства и т. д.), а затем и методы их анализа и синтеза. Новые элементы требовали иного изображения на структурных схемах.

Формирование нового исследовательского направления радиотехники — радиолокации — может быть охарактеризовано, во-первых, появлением многочисленных статей, патентов и авторских свидетельств, описывающих принципы действия, аппаратуру и методы работы РЛС, и, во-вторых, становлением промышленной базы их изготовления. К началу второй мировой войны (1940—1941 гг.) было построено и передано в эксплуатацию несколько опытных образцов РЛС различного назначения. Стала осуществляться координация деятельности отдельных исследовательских групп. В СССР, например, в 1938 г. была проведена первая научно-техническая конференция по радиообнаружению. В 1940 г. между США и Великобританией было подписано соглашение о взаимном обмене научно-технической информацией и опытом разработки РЛС. Начал осуществляться быстрый переход к серийному производству радиолокационной аппаратуры. С этого момента радиолокация перерастает в отдельную область исследования. Получили уже достаточно детальную разработку новые «поточные» и структурные онтологические схемы, которые, однако, были пока лишь частной разновидностью более общих радиотехнических представлений.

РАДИОЛОКАЦИЯ КАК ОБЛАСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ (1940—1950 гг.)

Качественно новый режим функционирования РЛС на сверхвысоких частотах и в импульсном режиме стимулировал появление новых элементов, блоков и схем. Развитие же импульсной техники и техники СВЧ, в свою очередь, привело к необходимости изучения законов распространения радиоволн дециметрового и сантиметрового диапазонов и закономерностей изменения импульсных процессов, разработки методов расчета, анализа и синтеза новых схемных решений. В радиолокации постепенно формируются на этом этапе новый объект исследования — РЛС, а в сфере теории — иные,

чем в радиотехнике, структурные онтологические схемы. Параллельно происходил процесс развития и обобщения частных поточных онтологических схем радиолокации в рамках электродинамической картины мира и корреляция их с соответствующими структурными схемами. Функциональные схемы строятся пока лишь как частные, приспособленные для решения отдельных радиолокационных задач.

В теоретической радиолокации можно выделить три слоя поточных согласованных друг с другом онтологических схем, которые могут быть условно названы «электротехническими», радиотехническими и собственно радиолокационными. В радиотехнике развиты лишь два первых слоя.

«Электротехнические» онтологические схемы отображают физические процессы, протекающие внутри элементов и блоков радиотехнических и радиолокационных устройств. Эти схемы связаны с расчетом параметров и отображением процессов протекания электрических токов в стандартных электротехнических элементах: сопротивлениях, конденсаторах, катушках индуктивности. Конечно, они могут быть лишь условно названы электротехническими. Для описания физических процессов в новых радиотехнических элементах, таких, например, как электронные лампы или полупроводниковые приборы, используется электронная теория. Однако для расчета схем, в которые они включены, как правило, применяются традиционные электротехнические эквиваленты (резисторы, емкости и индуктивности). Поскольку же в элементах и схемах радиолокационных устройств (клистронах, магнетронах, электронно-лучевых трубках, антенных устройствах, различных импульсных схемах и т. д.), работающих в новых для радиотехники режимах, протекают иные физические процессы, потребовалась модификация старых или разработка совершенно новых методов их расчета и способов их представления, а также привлечения новых математических средств. Это стимулировалось, кроме того, необходимостью исследования и разработки способов подавления внутренних шумов элементов радиолокационной аппаратуры (скажем, дробового эффекта в электронных лампах).

Широкое распространение РЛС привело к трансформации и традиционных радиотехнических поточных онтологических схем прежде всего за счет расширения диапазона применяемых на практике радиоволн. Изучение законов распределения электромагнитных колебаний сантиметрового диапазона и дециметрового, стимулированное радиолокацией, позволило выявить новые аспекты электродинамической

картины мира, на которую опирается радиотехника. Поскольку же для радиолокации существенным является учет шумов и помех в окружающей среде, то отождествление последней со свободным пространством уже не было адекватным задачам, решаемым в радиолокации. Необходимо было учитывать влияние этой среды на распространение радиоволн, например явления рефракции (искривления направления распространения радиоволн), дисперсии (зависимости фазовой скорости от частоты), поглощения или рассеяния волн в разных средах и т. п. Необходимость обнаружения и опознания «целей» по характеру влияния их на радиоволны стимулировала исследование рассеивающих свойств различных объектов: зеркальное отражение, диффузное рассеяние, резонансное вторичное излучение. Это привело к формированию новых понятий, способов графического представления данных процессов и их математического описания (частных функциональных схем). Развитие импульсного метода радиолокации и импульсной техники также оказало существенное влияние на формирование новых представлений об импульсных процессах, о их распространении в окружающей среде и о методах формирования, усиления, анализа в импульсных схемах.

Создание собственно радиолокационных поточных онтологических схем было связано с разработкой и систематизацией различных методов обнаружения «целей» и измерения их координат. Поскольку необходимо было прежде всего выявлять движущиеся «цели» на карте местности, постольку многие понятия и представления радиолокации были заимствованы из геодезии, картографии, навигации. К данному онтологическому слою относятся изображения направленного луча различной формы (например, многолепесткового) и способов его сканирования (слежения за «целью»), основные методы определения местоположения и т. д. Вводятся специальные понятия поверхности и линии положения, точечной, объемной и распределенной «цели», координат (дальности, азимута и угла места), траектории и радиальной скорости «цели», эффективной площади рассеяния, метки дальности, разрешающей способности РЛС (по дальности и угловым координатам), точности отсчета, сектора и границы обзора, телесного угла луча и т. п. Основной функцией радиолокационных поточных онтологических схем является идентификация изображения на индикаторе с реальными объектами на фоне местности, выделение (обнаружение) «целей» и определение (измерение) их параметров. Для этого разра-

батываются специальные индикаторные и антенные устройства (прежде всего для получения определенной формы луча и вида изображения на индикаторе) и различные методы измерения и расчета координат «целей» (методы минимума и максимума, равносигнальный метод и др.).

Одна из важнейших задач радиолокации — специальное исследование ошибок измерения, вызывающих их помех и методов борьбы с ними. Для решения такого рода задач разрабатываются различные типы математических средств и соответствующие им частные функциональные схемы.

Центральное место в технических науках занимают структурные схемы. На этапе развития радиолокации как области исследования осуществляются создание первых промышленных образцов РЛС, отработка их структурных схем, обобщение частных структурных схем радиолокации. Осознается общность структуры различных станций. РЛС могут иметь различные конструктивные формы, но все они построены по общему принципу. Одновременно РЛС осознается как особый тип инженерного объекта, качественно отличный от других типов радиотехнических устройств (с 1941 г. входит в обиход сам термин «радиолокация» — см. [20, с. 16]). Специфика данного объекта определялась, во-первых, изменением роли старых и появлением новых блоков и, во-вторых, иным режимом его функционирования.

В РЛС появились новые блоки, которых раньше не было в радиотехнических системах. Для выполнения основной функции РЛС — обнаружения и измерения координат «целей» оператором — стали необходимыми различного рода индикаторные устройства (прежде всего электронно-лучевые трубки). С ними связаны разнообразные технические средства и приспособления для обработки отраженного от «цели» импульса или непрерывного электромагнитного колебания, а также специальные схемы, элементы и устройства для подавления помех. Сложность управления и обеспечения слаженной работы всех блоков РЛС потребовала создания собого блока синхронизации. Одним из непременных компонентов любого радиоприемника или радиопередатчика является антенна. Однако в радиолокации антенным устройствам придается важнейшее значение. Они становятся весьма сложными и технически изощренными, требующими специального расчета и конструирования антенного переключателя (при работе на совмещенную антенну), механических и электромеханических блоков, обеспечивающих движение антенны, отражательных зеркал, излучателей различных типов и т. п.

Для формирования научно-технических дисциплин большое значение имеет развитие серийного и массового производства инженерного объекта данного типа (в нашем случае — РЛС). Такое производство оказывает значительное влияние на структурные схемы технической теории. В рассматриваемый период начинаются тиражирование РЛС различных типов и их повсеместное использование. Такое тиражирование непосредственно связано с разработкой и совершенствованием технологии аппаратуры для РЛС, освоением новых технологических приемов, например созданием металлокерамических ламп, повышением качества комплектующих изделий РЛС.

Стремительный рост промышленности, развитие массового производства стимулировали унификацию и стандартизацию аппаратуры и схемных решений, а также технической документации. Это оказало сильное влияние на совершенствование структурных схем теоретической радиолокации, формирование в ней нового однородного идеального объекта [27], облегчающего теоретический анализ и синтез различных инженерных объектов типовыми методами и средствами,— идеальной РЛС (см. [1, с. 156]).

Становление радиолокации как новой области исследования в рамках радиотехники может быть также охарактеризовано следующим образом. Если на стадии формирования исследовательского направления радиолокацией занимались лишь отдельные разрозненные исследовательские группы и лаборатории, то в рассматриваемый период происходит стремительный количественный рост числа исследователей и разработчиков РЛС. «Разработки, которые проводились ранее, характеризовались тем, что они осуществлялись разрозненными группами инженеров в различных странах, относительно изолированными друг от друга...» [19, с. 191]. С ростом числа таких групп возникает необходимость координации проводимых ими исследований и разработок.

В США в 1940 г. организуется Научно-исследовательский комитет обороны, в задачу которого входит координация исследовательской работы по механизмам и устройствам военного применения (с 1941 г. он переименован в Управление научных исследований и разработок). В 1940 г. создается Микроволновый комитет для изучения применения микроволн в радиолокации (подробнее см. [19]).

РАДИОЛОКАЦИЯ КАК САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИСЦИПЛИНА (1950—1960 гг.)

К началу 50-х годов сформировалось целое семейство научно-технических дисциплин, ориентированных на одну «универсальную» онтологическую схему — электродинамическую картину мира, выделившихся из базовой технической науки и построенных по единому образцу этой науки. «В начале 50-х годов получил всеобщее признание термин «радиоэлектроника»... Радиоэлектроника объединяет комплекс многих отраслей знания, родившихся из радиотехники и электроники. К радиотехнике относят радиосвязь во всех ее видах: радиовещание, телевидение, радионавигацию, инфракрасную сигнализацию, радиоастрономию, радиометеорологию, радиоспектроскопию, радиотелемеханику, промышленную электронику, ЭВМ, электровакуумную технику, полупроводниковую технику и т. д.» [12, с. 645—646]. Именно в рамках радиоэлектроники радиолокация и сформировалась как новая научная дисциплина.

Наиболее важным достижением данного этапа развития теоретической радиолокации является построение слоя обобщенных функциональных схем и соответствующего им специфического для радиолокации математического аппарата — статистической радиолокации. Эти схемы коррелируются с уже разработанными на предыдущем этапе обобщенными поточными и структурными схемами радиолокации. Потребность в создании теории радиолокации, которая устанавливала бы основные закономерности и критерии качества любых РЛС, привела к развитию вероятностного подхода к решению ее задач, к разработке на ее основе новых методов обработки и синтеза сигналов. Дело в том, что задача выделения сигнала в шумах, ставшая главной для радиолокации, является статистической по своей природе и может быть решена только методами теории вероятностей. Прием сигналов, таким образом, рассматривается как статистическая задача сначала в радиолокации, а затем и в радиотехнике. В теоретической радиолокации были сформулированы статистические критерии обнаружения, а для описания свойств радиолокационных целей стали использоваться статистические методы [3, 9, 15, 16, 33].

Таким образом, к этому времени в теоретической радиолокации сформировались два слоя взаимно скоррелированных онтологических схем: поточных и функциональных, отражающих соответственно электродинамические процессы и их

статистические модели (поточные и структурные схемы были соотнесены друг с другом ранее) [28]. Например, так называемая релеевская цель, с одной стороны, представляет собой объект математической статистики (т. е. определенной функциональной схемы, в соответствии с которой дается классификация различных «целей»), адекватной определенному виду вероятностного распределения — распределения Релея, а с другой — имеет четкий электродинамический коррелят, находится в четком соответствии с данной поточной схемой. «Физически такую цель можно представить в виде одного большого рефлектора, дополненного другими небольшими объектами, отраженные сигналы от которых взаимодействуют с основным отраженным сигналом, усиливая или ослабляя его. Релеевскую цель можно представить как бы состоящей из большого количества отражающих элементов сравнимых размеров» [1, с. 32]. Точно так же строятся математические модели ошибок и шумов. Скажем, «нормальный шум» используется в качестве основной модели помехи в силу простоты его математического описания.

На рассматриваемой стадии развития в теоретической радиолокации разработаны процедуры анализа и синтеза теоретических схем РЛС. Задача анализа качества работы различных конкретных видов радиолокационных устройств сводится к исследованию сложных процессов их функционирования при воздействии на них сигнала, смешанного с шумами и помехами. «Задача синтеза радиолокатора сводится к нахождению оптимальных с точки зрения того или иного применяемого статистического критерия математических операций над применяемым сигналом и к построению функциональной схемы, выполняющей эти операции» [3, с. 3]. Например, для характеристики зондирующего сигнала часто используется функция автокорреляции, которая позволяет выбрать его параметры и методы обработки. Разработка методов анализа и синтеза многопараметрических РЛС осуществляется на основе обобщенной функции неопределенности.

Применяемые в радиолокации методы позволяют сравнивать РЛС, отличающиеся по назначению, параметрам и конструктивному оформлению (бортовые, морские, наземные, обнаружения, сопровождения, слепой посадки, прицельного бомбометания и т. п.), с единых позиций. С этой целью строится однородный идеальный объект [3] радиолокации —

[3] О понятии «однородный идеальный объект» технической теории см. [24].

«идеальная РЛС», относительно которой формулируются основное уравнение дальности радиолокации, а также уравнения, определяющие ее рабочие характеристики. Вычисление различных потерь, наблюдаемых в реальных условиях, позволяет использовать основные схемы и формулы (выведенные для идеальной РЛС), для быстрой оценки параметров реальных станций. Операторное описание РЛС дает возможность выделить в них фиксированный набор стандартных блоков (умножитель, интегратор, пороговое устройство, согласованный фильтр, временной селектор и др.), соответствующих определенным математическим операциям. Из этих блоков по определенным зафиксированным в теории правилам могут быть синтезированы самые разнообразные функциональные и поточные схемы радиолокационных станций, которые затем реализуются в виде различных структурных схем реальных РЛС.

Рассматриваемый этап развития радиолокации может быть охарактеризован также следующими показателями. Прежде всего в 50-е годы наблюдается стремительный рост литературы по радиолокации: выходит в свет целый ряд учебников и монографий, в которых развиваются ее теоретические основы. Налаживается планомерная и систематическая подготовка специалистов — разработчиков и исследователей в данной области. В это время уже организованы не только специальные курсы по радиолокации, но в особые кафедры в технических вузах.

Радиолокация формируется как новая научно-техническая дисциплина, тесно связанная с нуждами и запросами инженерной практики и промышленного производства [20, с. 14]. На этой стадии происходит расширение сферы применения радиолокации не только в военной технике, но и в радионавигации, радиоастрономии, для решения геодезических задач и т. д. В самой радиолокации все более четко выделяются отдельные области исследования: активная и пассивная локация, анализ радиолокационных сигналов и разработка систем автоматического управления РЛС и др. Кроме того, развитие радиолокации стимулировало появление некоторых смежных научно-технических дисциплин. Например, теория антенн получила новое развитие именно в связи с возникновением радиолокации. Радиолокация способствовала также быстрому и массовому распространению телевидения.

Таким образом, первый период развития радиолокации характеризуется постепенным, эволюционным процессом трансформации, модификации и консолидации нового ис-

следовательского направления, а затем области исследования радиотехники в особую научно-техническую дисциплину. В результате формируются специфические концептуальный и математический аппарат и обобщенные онтологические схемы (функциональные, поточные и структурные) теоретической радиолокации (см. рис. 1) в рамках общей для радиоэлектроники «универсальной» онтологической схемы — электродинамической картины мира. Теоретическую радиолокацию на этом этапе ее развития будем называть «классической» в отличие от радиолокационной системотехники, которая представляет собой современную комплексную научно-техническую (см. о них [5]) и может быть названа «неклассической» радиолокацией.

РАДИОЛОКАЦИОННАЯ СИСТЕМОТЕХНИКА

Второй период развития радиолокации (с 1960 г. по настоящее время) характеризуется «революционным» изменением парадигмы научного и инженерного мышления, «видения мира», «универсальной» онтологической схемы. В качестве образца построения научной дисциплины выступает теперь не радиотехника, а системотехника. Электродинамическая картина мира замещается системно-кибернетической «универсальной» онтологической схемой. Это влечет за собой коренные изменения в самой структуре теоретической радиолокации, ее концептуальном и математическом аппарате, а также в функциональных, поточных и структурных онтологических схемах. Начинается «неклассический» период ее развития как радиолокационной системотехники.

В рассматриваемый период в радиолокации начинают интенсивно использоваться системотехнические методы наряду с методами других дисциплин. «Современная радиолокация использует последние достижения теории информации и кибернетики, вычислительной электроники, антенно-фидерной, приемно-передающей и индикаторной техники, системотехники, автоматического управления и регулирования» [25, с. 5]. Но не только использует. Она попадает в новое семейство научно-технических дисциплин, имеющих системную ориентацию; втягивается в орбиту обслуживающих системотехнику дисциплин и в результате сама трансформируется в новое качество, новую дисциплину (см. [26]). «Практическое применение ... научные перспективы ... технический уровень радиолокационных систем,— писал академик А. Л. Минц (см. предисловие к книге Д. С. Конторова, Ю. С. Голубева-Новожилова «Введение в радиолокацион-

ную системотехнику» [8]),— позволяют считать радиолокационную системотехнику самостоятельной дисциплиной, которая бурно развивается... Радиолокационная системотехника давно превратилась в специальность, охватывающую довольно широкий контингент инженеров и научных работников» [8, с. 6—7].

Переход от классической радиолокации к радиолокационной системотехнике — это прежде всего переход от разработки отдельных радиолокационных станций различного назначения к созданию многофункциональных систем. Несколько РЛС, замкнутых на единый пункт сбора и обработки информации, составляют радиолокационный узел; несколько таких узлов, обменивающихся информацией, образуют радиолокационную систему, «по существу новое качество» [8, с. 6]. Радиолокационная система позволяет решать задачи, которые не под силу отдельным радиолокационным средствам. При их проектировании также возникает целый ряд специфически системных проблем. Любая радиолокационная система, в свою очередь, является подсистемой более крупной системы — системы управления, которая входит в еще более крупную систему, например навигационную.

В силу своей сложности радиолокационные системы являются трудным объектом для математического описания. Поэтому возникает проблема их упрощенного описания (аппроксимации), характерная для любой научно-технической дисциплины. Такое описание может быть затем усложнено через последовательный ряд итераций. Математическая формализация позволяет построить единую методику для анализа и синтеза любых радиолокационных систем.

Одной из важнейших проблем системотехники являются определение, выбор и обособление структуры системы. Для этого составляются особые абстрактные структурные схемы [6], на которых определяется состав подсистем и элементов, осуществляется распределение функций и выявляются взаимосвязи между системой и внешней средой. При абстрактном рассмотрении структуры не интересуются внутренними свойствами каждого отдельного элемента.

Структуру можно характеризовать топологическими свойствами, временем прохождения информации по сети связи, надежностью при нарушении ее целостности. Для радиолокационных систем особенно важны топологические свойства — распределение по территории и направленность сети связей. Фактически при абстрактном анализе структур исследуется конфигурация внутренних связей в системе, выделяются основные типовые структуры: линейная, коль-

цевая, многосвязная, звездная и их комбинации. В радиолокационной системотехнике для математического исследования абстрактных структурных схем используется аппарат теории графов. Изображение радиолокационной системы в виде структурного графа (т. е. особой функциональной схемы) позволяет провести оптимизацию ее структуры математическими средствами.

Еще одно важное отличие радиолокационной системотехники от классической радиолокации заключается в формировании в ней абстрактных поточных схем — алгоритмических схем функционирования [6]. Применение в радиолокации концептуального и математического аппарата теории информации и кибернетики позволило перейти к анализу так называемой тонкой структуры сложного сигнала независимо от его конкретного вида. Понятие радиолокационной информации связано с описанием носителя информации (сигнала), т. е. естественного процесса, протекающего в радиолокационной системе,— процесса ее функционирования. Радиоволны при этом рассматриваются лишь как один из типов волн произвольной природы. «Первоначально в радиолокации применялись электромагнитные волны только радиодиапазона. Отсюда и произошло название радиолокация. В настоящее время радиолокация использует широкий диапазон электромагнитных волн, включая инфракрасные и световые колебания (теплолокация и светолокация), а также рентгеновское и гамма-излучение. Методы радиолокации применяются также в звуколокации, основанной на использовании механических ультразвуковых колебаний упругой среды, а не электромагнитных волн» [28, с. 5].

Функционирование радиолокационной системы рассматривается в системотехнике как алгоритм обработки радиолокационной информации. Переход к теоретическому синтезу алгоритмов обработки радиолокационных сигналов стимулировался развитием аналоговой обработки данных с помощью сельсинов, решающих устройств, потенциометров, выполняющих определенные математические операции. В начале 50-х годов начинают все более активно привлекаться в радиолокацию цифровые вычислительные средства. В результате в настоящее время трудно провести границу между функциями радиолокационных систем и вычислительных устройств (см. [22]).

Общей теоретической основой для синтеза алгоритмов обработки в радиолокационной системотехнике служит теория статистических решений. Сначала задается математическая формула — формульно-логическая (функциональ-

ная) схема, затем на ее основе строится логическая схема алгоритма, представляющая собой последовательность операций над сигналом (абстрактная поточная схема). Последняя далее соотносится с выбранной структурной схемой системы. Методы обработки информации в радиолокационных системах описываются в особой теории анализа и синтеза радиолокационных сигналов (см., напр., [2]).

Перечислим теперь основные черты радиолокационной системотехники как современной комплексной научно-технической дисциплины, отличающие ее от классической радиолокации (см. [5, 6]).

1. *Комплексный характер решаемых в ней задач.* «Разработка системы редко может быть делом одного человека. Она связана с большим количеством технических дисциплин, а один человек не может быть хорошим специалистом в каждой из них» [25, с. 675]. При проектировании радиолокационных комплексов используются электротехника, радиотехника, теория автоматического регулирования, инженерная психология, вычислительная техника и другие дисциплины

2. *Синкретизм представлений.* Современные радиолокационные системы — сложные комплексы, включающие в себя, помимо радиотехнических устройств, самые различные типы механических блоков, оптические устройства, системы автоматики и вычислительные устройства, параметрические и парамагнитные усилители (применяемые для снижения уровня шума) и т. д. Их описание в виде кинематических, электрических схем, структурных схем теории автоматического регулирования и т. п. не укладывается в «универсальную» онтологическую схему радиотехники — электродинамическую картину мира. Это и стимулировало в радиолокации переход к системно-кибернетической онтологии.

3. *Деятельностный объект исследования и проектирования.* В радиолокации одно из важных мест занимают исследование деятельности человека-оператора и проектирование пульта управления радиолокационной системой. Переход к автоматическому сопровождению, а затем и к автоматической обработке радиолокационной информации привел к необходимости исследования и проектирования деятельности всей радиолокационной системы, т. е. алгоритма ее функционирования, часть которого может быть реализована оператором. Кроме того, объектом исследования и проектирования становится не только создаваемая, но и создающая система. Сложный процесс координации разработчиков радиолокационной системы требует четкого описания этапов

ее создания (алгоритмов разработки). Это облегчает организацию деятельности больших коллективов разработчиков. Другими словами, объектом исследования и проектирования становится сама инженерная деятельность.

4. *Обращенность ко всем этапам и фазам инженерной деятельности* (а не только к проектированию). В радиолокации организация функционирования и технического обслуживания становится особым видом инженерной деятельности. Процесс проектирования радиолокационной системы становится эволюционным. «Процесс конструирования системы может содержать несколько циклов, каждый из которых должен завершаться разработкой очередного последовательного приближения к оптимальному решению» [8, с. 17]. Разработка не кончается после создания системы: возможны ее модификации в процессе функционирования. Сейчас создаются также самосовершенствующиеся системы, которые целенаправленно наращивают свою структуру в зависимости от изменения окружающей среды.

5. *Учет фактора окружающей среды.* При разработке радиолокационных систем необходимо учитывать изменение характера «целей», которое обусловлено многими социальными и экономическими факторами. Радиолокационная система активно взаимодействует с окружающей средой.

6. *Использование средств имитационного моделирования на ЭВМ* как в процессе функционирования РЛС для имитации «целей», так и в ходе разработки, когда строятся модели проектируемых радиолокационных систем [14]. «Качественный скачок в развитии радиолокационных систем произошел в связи с началом широкого применения вычислительной техники, которая позволила резко повысить точностные характеристики, количество наблюдаемых целей и величину контролируемой территории» [8, с. 19].

Таким образом, в радиолокационной системотехнике изменяется сама структура технической теории (рис. 2). Современная техническая теория строится иначе, чем классическая. Основная проблема, стоящая в теоретической системотехнике, заключается в переходе от «синкретического» описания сложной инженерной задачи с помощью теоретических средств и представлений самых различных научных и инженерных дисциплин к однородной абстрактной онтологической схеме. Это необходимо в первую очередь для того, чтобы к ней можно было применить соответствующий математический аппарат, для чего и должен быть выработан способ единообразного описания качественно разнородных элементов. Именно поэтому в теоретической системотехнике

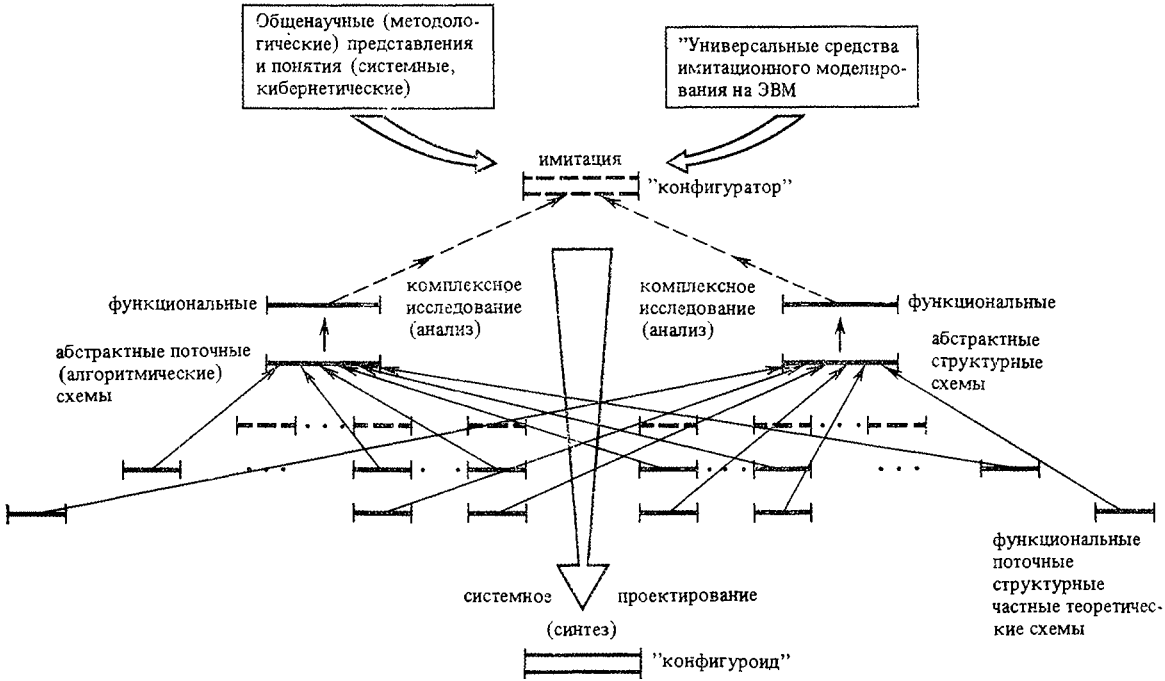


Рис. 2. Специфика теоретических исследований в современных научно-технических дисциплинах

структурные и поточные онтологические схемы принципиально формируются как предельно абстрактные (в классической технической науке они являются гораздо более специализированными).

Функциональные (математические) схемы в системотехнике могут быть двух типов. К первому относятся схемы, развиваемые в так называемом структурном анализе и направленные на исследование структуры сложных систем. Они соответствуют абстрактным структурным схемам системотехники. Ко второму типу принадлежат функциональные схемы, разрабатываемые в теоретическом программировании, которые адекватны абстрактным поточным (алгоритмическим) схемам. В системотехнике эти два типа онтологических схем совмещаются на одном уровне абстракции, но в разных планах (см. рис. 2). Здесь место дедуктивного вывода занимает имитация на ЭВМ, где и совмещаются практически два этих типа функциональных схем.

В системотехнике решаются комплексные инженерные задачи качественно нового класса, связанные с взаимной увязкой частных, локальных решений, с их системным представлением в виде единого целого. С этой целью строятся особые идеальные объекты второго уровня (по отношению к идеальным объектам теорий, используемых при решении данного класса комплексных научно-технических задач), в которых фиксируется однородное изображение «синкретического» представления, относящегося к первому уровню. При этом возникает широко известная в методологической литературе проблема «конфигурирования», сведения многоаспектного и многопланового описания, зафиксированного в различных поточных и структурных онтологических схемах, в единую системную модель («конфигуроид») [18]. Таким образом, конфигуратор — это «устройство» синтеза теоретических схем, «генератор» имитационных моделей системы, а конфигуроид — комплексная (структурно-поточная) модель системы, получаемая в результате имитации на ЭВМ.

В современной технической теории место анализа схем занимает комплексное исследование, а место синтеза — системное проектирование. Причем комплексируются не только теоретические схемы различных технических, естественных, математических и даже общественных дисциплин, но и инженерные требования и ограничения, представленные в теоретическом виде особых структурных схем. Современная техническая теория в отличие от классической (ср. рис. 1 и 2) ориентируется не на какую-либо базовую естественную нау-

ку, из которой черпаются естественно-научные представления, и на методы и средства математики, а на общенаучные (методологические) представления и понятия (системные, кибернетические и т. п.) и «универсальные» средства имитационного моделирования на ЭВМ соответственно. Поэтому и процесс формирования (построения) современной технической теории неизмеримо ускоряется. Он связан с адаптацией этих уже развитых представлений и схем.

* * *

Методологический анализ теоретической радиолокации позволяет сделать следующие выводы относительно механизмов развития научно-технических дисциплин. На ее примере видно, что *эволюция* научно-технической дисциплины связана с выделением новых исследовательских направлений и областей исследования в рамках семейства однородных дисциплин. При этом новая научно-техническая дисциплина строится по образцу базовой для данного семейства дисциплины и в рамках общей для него «универсальной» онтологической схемы. Процесс эволюции «исследовательское направление — область исследования — научная дисциплина» может быть охарактеризован следующим образом.

Исследовательское направление характеризуется разработкой частных поточных и структурных схем за счет модификации и конкретизации обобщенных поточных и структурных схем базовой научно-технической дисциплины, в рамках которой первоначально и выделяется это новое исследовательское направление. Новый объект исследования и проектирования рассматривается здесь лишь как разновидность объекта исследования базовой дисциплины. На данной фазе формируется массив статей нового исследовательского направления, а также происходит становление промышленной базы: выпуск первых опытных образцов и организация серийного производства нового типа инженерных объектов. В этот период появляются первые патенты и авторские свидетельства; организуются небольшие коллективы исследователей и разработчиков.

Область исследования предполагает разработку обобщенных поточных и структурных схем. Причем первые надстраиваются над обобщенными поточными схемами базовой дисциплины. Вторые же являются результатом частных структурных схем различных инженерных объектов данного типа. Функциональные схемы на данном этапе формируются лишь как частные. Происходят стремительный рост числа исследо-

вателей и разработчиков, их организация в более или менее однородное научно-техническое сообщество. Выходят в свет обзоры и монографии, проводятся регулярные конференции и семинары. В сфере производства осуществляются унификация и стандартизация аппаратуры и схемных решений различных разновидностей инженерного объекта данного типа, расширяется сфера их применения. Развивается серийное и организуется массовое производство инженерной системы данного типа.

На этапе формирования научно-технической дисциплины происходит разработка слоя специфических для нее обобщенных функциональных схем, скоррелированных с соответствующими поточными и структурными схемами. Развивается массовое производство, связанное со стандартизацией и унификацией блоков инженерного объекта и адекватного ему в сфере технической теории однородного идеального объекта. В исследованиях и разработках данного типа инженерных объектов участвуют уже многочисленные коллективы исследователей, разработчиков, производственников, специалистов по эксплуатации и т. д. Выходят в свет учебники и большое число монографий, проводится целенаправленная подготовка специалистов (появляются кафедры и курсы в вузах). Образуется множество новых исследовательских направлений и областей исследования внутри самой рассматриваемой научно-технической дисциплины.

«*Революционный*» способ развития научно-технической дисциплины связан с ее переходом в новое семейство дисциплин, ориентацией на принципиально иную «универсальную» онтологическую схему, новую (в нашем случае — системную) парадигму, что в конечном счете вызывает коренные изменения в самой структуре этой дисциплины.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бартон Д.* Радиолокационные системы. М.: Воениздат, 1967. 480 с.
2. *Вакман Д. Е., Седлецкий Р. М.* Вопросы синтеза радиолокационных сигналов. М.: Сов. радио, 1973. 312 с.
3. Вопросы статистической теории радиолокации. М.: Сов. радио, 1963. Т. 1. 424 с.
4. *Вудворд Ф. М.* Теория вероятностей и теория информации с применением в радиолокации. М.: Сов. радио, 1955. 128 с.
5. *Горохов В. Г.* Современные комплексные научно-технические дисциплины.— Вопр. философии, 1982, № 8, с. 128—135.
6. *Горохов В. Г.* Методологический анализ системотехники. М.: Радио и связь, 1982. 160 с.
7. Идеалы и нормы научного исследования. Минск: Изд-во БГУ, 1981. 432 с.

8. *Конторов Д. С., Голубев-Новожилов Ю. С.* Введение в радиолокационную системотехнику. М.: Сов. радио, 1971. 367 с.
9. *Котельников В. А.* Теория потенциальной помехоустойчивости. М.: Госэнергоиздат, 1958. 120 с.
10. *Лобанов М. М.* Из прошлого радиолокации: Крат. очерк. М.: Воениздат, 1969. 212 с.
11. *Лобанов М. М.* Начало советской радиолокации. М.: Сов. радио, 1975. 350 с.
12. *Минц А. Л.* Радиотехника, радиофизика, радиоэлектроника.— Изв. вузов. Радиофизика, 1974, т. 18, № 5, с. 644—651.
13. *Мирский Э. М.* Междисциплинарные исследования и дисциплинарная организация науки. М.: Наука, 1979. 304 с.
14. Моделирование в радиолокации. М.: Сов. радио, 1979. 264 с.
15. Пороговые сигналы. М.: Сов. радио, 1952. 442 с.
16. Прием импульсных сигналов в присутствии шумов. М.: Госэнергоиздат, 1960. 345 с.
17. Прием сигналов при наличии шума. М.: Изд-во иностр. лит., 1960. 343 с.
18. Проблемы исследования систем и структур. М.: АН СССР, 1965. 239 с.
19. Радар в США: Официальная история. М.: Сов. радио, 1946. 62 с.
20. Радар: Офиц. история. М.: Сов. радио, 1946. 35 с.
21. Радиотехнические системы. М.: Сов. радио, 1968. 496 с.
22. *Романов А. Н., Фролов Г. А.* Основы автоматизации систем управления: (Построение АСУ ПВО). М.: Воениздат, 1971. 248 с.
23. *Сиверс А. П., Суслов Н. А.* Основы радиолокации. М.: Сов. радио, 1956. 247 с.
24. *Симоненко О. Д.* Особенности строения технических наук.— В кн.: Проблемы исследования структуры науки. Новосибирск: НГУ, 1967, с. 182—189.
25. *Сколник М.* Введение в технику радиолокационных систем. М.: Мир, 1965. 876 с.
26. Справочник по системотехнике. М.: Сов. радио, 1970. 688 с.
27. *Степин В. С.* Становление научной теории. Минск: Изд-во БГУ, 1976. 319 с.
28. Теоретические основы радиолокации. М.: Сов. радио, 1970. 560 с.
29. Теоретические основы радиолокации. М.: Сов. радио, 1978. 608 с.
30. Теория информации и ее приложения. М.: Физматгиз, 1959. 328 с.
31. *Чешев В. В.* Техническое знание как объект методологического анализа. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1981. 194 с.
32. *Шембель Б. К.* У истоков радиолокации в СССР. М.: Сов. радио, 1977. 80 с.
33. *Page R. M.* The origin of radar. N. Y.: Anchor books douleday and Co, 1962. 196 p.
34. *Skolnik M. I.* Introduction to radar systems. N. Y.: McGrow-Hill, 1962. 387 p.

ФИЗИКА ГОРНЫХ ПОРОД КАК НОВАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИСЦИПЛИНА

В. В. РЖЕВСКИЙ, А. П. ДМИТРИЕВ,
Г. В. КАГАНЧУК

Бурное развитие в XX в. машинного производства, инженерной деятельности и технических наук, ускорение научно-технического прогресса выдвигают на первый план проблему организации их эффективного взаимодействия. За последние десятилетия сформировался целый ряд новых научных дисциплин, которые, с одной стороны, не укладываются в традиционное представление о научном исследовании, а с другой — претендуют на статус особых наук, тесно связанных с запросами инженерной деятельности и нуждами производства, решающих комплексные научно-технические задачи. Одной из таких новых научных дисциплин является физика горных пород.

Физика горных пород — это еще очень молодая наука, и ее дальнейшее развитие в значительной степени зависит от того, на какой «образ науки», образец построения научного знания ориентируются работающие в ней ученые. Для философов и методологов науки важно рассмотреть на примере этой дисциплины, как сегодня изменился облик современных научных исследований, которые проводятся на переднем крае науки, в том числе технической, лишь недавно ставшей объектом специального системного методологического анализа.

Процессы формирования новых научно-технических дисциплин за последнее время значительно ускорились. Поэтому возникает задача методологически осознанного построения теоретических исследований в данных дисциплинах. Если изменение ориентации, например, теоретической радиолокации на системные представления осуществлялось в значительной степени стихийно (см. [3]), то в физике горных пород принципы системного подхода к объекту ее исследования могут быть сформулированы, опираясь на результаты методологического анализа развития научно-технических дисциплин, которые уже накопили определенный опыт в этом отношении.

СТАНОВЛЕНИЕ ФИЗИКИ ГОРНЫХ ПОРОД

Представление о предмете и содержании горной науки с течением времени изменялось. В XIX в. под ней понималось фактически «горное искусство» о способах добычи полезных ископаемых и подготовки их к общему употреблению [1, с. 92]. Сегодня представление о горной науке как о научном обеспечении добычи полезных ископаемых, ее структуре и содержании входящих в нее дисциплин коренным образом меняются.

«Горное дело» является одной из самых древних областей технической практики человечества. Так, в Египте уже 7000 лет назад применялся огневой способ разрушения твердых пород, требующий по крайней мере элементарных знаний о следствиях попеременного воздействия на тела нагревания и охлаждения. Вместе с тем до возникновения экспериментального естествознания горное дело было скорее искусством, основанным на традициях, ремесленном опыте, приемах работы, передаваемых из поколения в поколение, чем наукой. Только в конце XVIII — начале XIX в. можно говорить о становлении горной науки. Оно было тесно связано с переходом от ремесленного к промышленному горному производству и с необходимостью подготовки инженеров.

В области горного дела постепенно выделились три основные сферы: промышленное производство полезных ископаемых (горное производство), особая отрасль инженерной деятельности, осуществляемая горными инженерами, и горная наука.

Горная наука занимается изучением и разработкой способов и средств извлечения из недр земли полезных ископаемых, необходимых для существования и развития общества. Она тесно связана с решением инженерных задач, возникающих в процессе горного производства, но вместе с тем горная наука использует знания общественных, главным образом экономических, наук, поскольку она все свои конкретные решения и задачи неразрывно связывает с потребностями общества, с явлениями общественной жизни, с формами труда.

Сложные взаимосвязи горной науки с самыми различными естественными, техническими и общественными науками определяются спецификой решаемых ею практических, комплексных научно-технических задач. Для решения этих задач вырабатываются в ней собственные методы и средства исследования. Отличительной особенностью горной науки является самое широкое привлечение других отраслей наук и их методик для решения задач горного производства, по-

скольку главный путь ее развития составляют теоретические исследования по комплексным научно-техническим программам.

Вместе с тем в рамках самой горной науки идет мощный процесс дифференциации, выделения новых областей исследования и исследовательских направлений. Сегодня горная наука — это целый комплекс, семейство научно-технических дисциплин о составе и состоянии полезных ископаемых, горных пород и их массивов, технологической связи массивов горных пород с комплексом сооружаемых горных выработок, о технических средствах и организации добывания этих пород из недр, об их первичной переработке, а также о строительстве специальных подземных и наземных сооружений, Семейство горных дисциплин включает в себя горнопромышленную геологию с примыкающей к ней маркшейдерией и геометризацией недр, экологию и экономику горного производства, физику и химию, геотехнологию, строительную геотехнологию, дающую научные решения для горно-строительных работ различного назначения, а также скважинную, открытую, подземную, подводную геотехнологию и технологию переработки (обогащения) минерального сырья. Горные науки в своем развитии опираются на достижения геологии, физики, химии, механики, прикладной математики, сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, аэромеханики, гидромеханики, теплотехники и термодинамики, прикладной механики, теории механизмов и машин, электродинамики, электротехники, геодезии и т. д. Эти знания подвергаются в горной науке существенной модификации и переработке, в ней вырабатываются также новые знания и теоретические решения, специфичные только для горных наук и горного производства.

Для всех областей горной науки характерен междисциплинарный подход к решению стоящих перед ней задач комплексный, системный подход к использованию полезных ископаемых в сочетании с минимальным ущербом природе. Современная горнодобывающая промышленность занимает одно из ключевых мест в общественном производстве и оказывает наиболее интенсивное воздействие на природную среду.

На современном этапе развития горных наук возникла необходимость разработать на четкой методологической основе целостную теорию горного производства, которая должна в единстве увязать геологические, технологические, технические, экономические, социальные и экологические его аспекты. Такой теорией и становится физика горных пород (см. [7, 8]).

ФИЗИКА ГОРНЫХ ПОРОД — НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИСЦИПЛИНА

Новая отрасль знаний горной науки — физика горных пород (ФГП) — содержит сведения о свойствах горных пород, базирующихся на достижениях современной физики. К таким свойствам относятся, например, гранулометрический состав пород, их прочность, размягченность, морозостойкость, растворимость в воде; удельный и объемный вес; пористость и трещиноватость; влажность, влагоемкость и водопроницаемость, сопротивление сжатию, сдвигу и растяжению; показатели внутреннего трения и сцепления в горных породах и т. п. Однако в условиях современного горного производства знаний, связанных только с использованием этих характеристик горных пород, недостаточно. В горной науке должен быть развит более широкий, системный подход к их исследованию.

Высокий уровень развития математики, физики, химии, биологии — необходимое условие становления всякой технической науки, в частности горной. Вместе с тем современная физика и химия, имея собственные сложные задачи крайне слабо связывают свои исследования с потребностями горного производства.

ФГП как самостоятельная область горной науки оформилась в 60-х годах и положила начало новому подходу к породе как одновременно объекту геологических, физических исследований и горных разработок. Место ФГП в системе научного знания определяется ее методами, объектом и направленностью исследования. По методам исследования она близка к физике твердого тела, из которой заимствуются математический аппарат и экспериментальные методы: по объекту исследований — к геологическим наукам, изучающим горные породы и минералы; по направленности исследований — к горной науке.

Хотя ФГП формировалась первоначально с преимущественной ориентацией на определенную базовую естественнонаучную дисциплину — физику твердого тела, она испытывает сильное влияние «неклассических» методов формирования и организации теоретических исследований. Она базируется сегодня на целом ряде естественных и технических наук (физике, химии, геологии, минералогии, петрографии, механике сплошных сред, горном деле и т. д.), что в значительной степени предопределяет ее системную ориентацию.

В настоящее время выдвигаются два основных «идеала» построения ФГП. Согласно первому она должна ориентиро-

ваться главным образом на физику твердого тела, рассматривая любые процессы горного производства как физическое перемещение. Однако в этом случае теряются важные для горного производства экономические, экологические и другие аспекты. В ФГП ставится задача, которая раньше, во всяком случае на теоретическом уровне, не осмысливалась, а именно объединения, а затем и теоретического синтеза «частичных» представлений, взятых из самых различных дисциплин, для решения комплексных научно-технических проблем. Получение такого синтетического представления объекта исследования невозможно только на базе какой-либо одной научной дисциплины или теории. Изучаемые ФГП объекты значительно разнообразнее объектов физики твердого тела, зависят от большего количества сложных факторов. Законы влияния и возникновения этих факторов практически очень трудно учесть одновременно. Одной физики твердого тела, как показывает реальная научная практика, здесь явно недостаточно. Необходима выработка более широкого системного контекста, в рамках которого можно было бы учесть не только физические и технические параметры горных пород и процессов, но и социальные, экологические, экономические, вообще «человеческие» и другие факторы. В этом и состоит второй идеал организации знаний в физике горных пород, как и во многих других современных дисциплинах.

В настоящее время ФГП переросла рамки не только отдельного исследовательского направления, но и области исследования. За последние примерно десять лет она постепенно приобретает статус новой научной дисциплины. К настоящему времени в ней сложилась устойчивая профессиональная организация: активно развивается система научной коммуникации — проводятся регулярные семинары и конференции, с 1973 г. выпускается специальный межвузовский журнал «Физические процессы горного производства». ФГП имеет собственную систему подготовки кадров — соответствующие курсы и кафедры в высших учебных заведениях. В ней можно считать сложившимся ядро научного сообщества, состоящего из исследователей, занимающихся развитием самой этой дисциплины. Наступило время и развития «самосознания» данной дисциплины — проведения особых методологических, науковедческих, а также историко-научных исследований в данной области научного знания, которые позволят более четко определить перспективы ее дальнейшего развития.

ФГП является не просто новой научной дисциплиной, она представляет собой новую научно-техническую дисцип-

липу [1]. Это определяет и специфический состав, образующего ее научно-технического сообщества. Основное его ядро составляют «ученые-инженеры» и «инженеры-ученые», занимающиеся данной проблематикой (а кто они в большей мере инженеры или ученые зависит от исходной профессиональной ориентации). Только совместные усилия горняков, физиков, химиков и других ученых, специализирующихся в данном направлении, могут помочь решению задач, стоящих перед ФГП.

В ФГП, как и во многих современных научно-технических дисциплинах, развиваются новые формы организации научного знания. Исследование их становится сегодня необходимым не только с точки зрения методологии науки, но и истории науки, в частности истории технических наук и дисциплин. Важной проблемой в этой связи оказывается периодизация их развития.

Этапы становления естественнонаучных дисциплин выделяются в науковедческой литературе в соответствии с периодами прогрессивного развития их публикационного массива. Для периодизации генезиса научно-технических дисциплин этого недостаточно. Во-первых, публикации в них не имеют такого определяющего значения, как в научных дисциплинах (большое внимание здесь уделяется отчетам внутреннего пользования, проектам и инженерным консультациям, которые не регистрируются науковедческими средствами). Во-вторых, их развитие непосредственно зависит от становления промышленной базы и инженерной практики. Технические науки возникают на определенном этапе развития инженерной деятельности (которая первоначально ориентировалась на непосредственное использование знаний и методов естествознания и математики) сначала как прикладные области естествознания. Затем они постепенно становятся самостоятельными дисциплинами, имеющими определенную специфику (см. [9]). Именно в связи с необходимостью специально готовить инженеров и возникает потребность в систематизации научно-технических знаний прежде всего при подготовке соответствующих учебных пособий. В высших технических школах впервые серьезно начинают разрабатываться теоретические вопросы технической науки. Поэтому в качестве основы для периодизации истории становления отдельных научно-технических дисциплин и могут быть рассмотрены этапы развития высшего образования: организация ка-

[1] О понятиях «исследовательское направление», «область исследования», «научная дисциплина» см. подробнее [6], о понятии «научно-техническая дисциплина» — [2].

федр, факультетов, специальностей, рост выпуска кандидатов и докторов технических наук и т. д. Этапы развития высшего технического образования указывают основные «реперные точки» для выделения периодов становления научно-технической дисциплины.

Исходя из этих посылок можно выделить следующие этапы становления ФГП как новой научно-технической дисциплины в соответствии с развитием соответствующих специальностей в Московском горном институте (МГИ).

Первый период — первая половина 60-х годов. В 1963 г. в МГИ организована кафедра «Физика горных пород». В 1964 г. выпущен первый учебник «Основы физики горных пород» [8]. В этот период ФГП формируется как новое прикладное исследовательское направление физики твердого тела.

Второй период — вторая половина 60-х—70-е годы. В 1967 г. в МГИ организован физико-технический факультет и выделена особая специальность «горный инженер-физик». В этот период ФГП может быть рассмотрена как специфическая область исследования, о прогрессивном развитии которой свидетельствует рост выпуска аспирантов. В 1964 г. аспирантурой МГИ было выпущено в данной области только 2 кандидата наук, в 1967 г. — 10, а начиная с 1968 г.— в среднем около 20 в год. Всего аспирантурой МГИ по ФГП за все время выпущено около 350 специалистов высшей квалификации. На VII Всесоюзной научной конференции «Комплексные исследования физических сойств горных пород и процессов» (январе 1981 г.) участвовало около 300 человек. За последние десять лет проведено семь Всесоюзных конференций по данной тематике.

Третий период, который начался с начала 80-х годов. В 1982 г. в номенклатуру специальностей ВАК СССР введена новая специальность технической науки «Физические процессы горного производства» (шифр 05.15.11). В самой ФГП постепенно выделяется целый ряд областей исследования, в рамках которых выпущены соответствующие учебники и монографии по механике, электродинамике, термодинамике, акустике, термическому и электрическому разрушению горных пород и т. д. В настоящее время кафедры ФГП существуют в четырех горных вузах страны, а в отраслевых и академических институтах и в целом ряде вузов — лаборатории ФГП. Третий период своего развития ФГП представляет собой самостоятельную научно-техническую дисциплину, исследующую физические процессы горного производства. Ее неправильно теперь было бы рассматривать как прикладной

раздел физики твердого тела. Объектом ФГП являются, во-первых, горные процессы и породы (не только в твердой, но и в жидкой и в газообразной фазах), включенные в сферу горного производства, во-вторых, сами процессы горного производства и, в-третьих, механизмы, машины, устройства и т. д., необходимые для осуществления этих процессов.

В научно-технических дисциплинах осуществляются не только прикладные исследования. Каждая современная научно-техническая дисциплина наряду с ее специфически прикладным содержанием включает в себя фундаментальные исследования и разработки.

ФГП включает в себя обширный комплекс приемов и средств, благодаря которым происходит использование открытых фундаментальных законов в практических целях. Главная направленность ФГП — совершенствование горного производства, поиск резервов повышения производительности труда через познание свойств горных пород. В научно-технических дисциплинах, как правило, исследуются такие общие рецепты использования свойств и законов природных явлений в практических целях, т. е. применения того, что было открыто естественной наукой как возможное в природе. Однако это не просто «приложение» уже полученных научных знаний, здесь требуются проведение специфических теоретических исследований, переработка, переосмысление имеющихся знаний, получение новых знаний и выявление новых закономерностей, которые остались за пределами сферы внимания соответствующей естественной науки.

СИСТЕМНАЯ ОРИЕНТАЦИЯ ФИЗИКИ ГОРНЫХ ПОРОД

Среди множества проблем, возникающих перед горным производством и горной наукой, следует выделить вопросы, связанные с изысканием и совершенствованием новых методов комплексного использования природных богатств и разработкой новой технологии добычи полезных ископаемых. Решение этих вопросов позволит широко использовать физические и химические явления в процессах разрушения и отделения пород от массива, изменять свойства горных пород, уменьшить трудоемкость процесса добывания и переработки горных пород и увеличить эффективность использования машин.

ФГП как новая научно-техническая дисциплина, призванная решать указанные выше задачи, развивается по трем взаимосвязанным направлениям: экспериментальному, теоретическому и практическому.

Экспериментальные исследования позволяют собрать большой и разнообразный материал для физической характеристики горных пород и апробировать результаты теоретических исследований. В последних же эти экспериментальные данные систематизируются, классифицируются, объясняются, определяются их взаимосвязь и взаимозависимости, выявляются закономерности на основе использования аппарата современной математики и достижений физики. В практической области ставится цель внедрения в практику добывания полезных ископаемых теоретических выводов и результатов экспериментов.

Таким образом, с одной стороны, ФГП является звеном, связывающим современную физику с горным производством, с другой стороны, как современная научно-техническая дисциплина она обладает следующими особенностями: комплексностью, экологичностью, методологической и проектной направленностью.

Для ФГП характерен комплексный, системный подход к изучению свойств и процессов в горных породах и массивах, практическая направленность на создание эффективных способов ведения горных работ, на разработку новых проектных решений актуальных задач горного производства. ФГП призвана решать множество разнообразнейших задач, которые, как правило, находятся в сложной взаимной связи.

Решение этих задач возможно только на базе комплексных теоретических исследований и широкого привлечения методов, средств и достижений математики, физики, химии и других естественных и технических наук, а также смежных отраслей техники и промышленности.

Еще одним важным моментом нетрадиционности ФГП является ее экологичность: учет в ней фактора окружающей среды, проектирование систем «человек—машина—природа». Необходимость этого диктуется не только появлением нового стиля мышления, но и теми практическими задачами, которые вынуждена решать данная научно-техническая дисциплина. Поскольку современная горнодобывающая промышленность оказывает интенсивное воздействие на природную среду, важно уже на стадии проектирования и даже научного исследования учитывать возможные отрицательные воздействия на окружающую среду.

Методологическая постановка экологической проблемы крайне необходима для современного инженера и ученого, работающего в области горной науки вообще и ФГП в частности. Сейчас наступил новый этап, когда мышление инженера относительно данной проблемы и ее теоретическое осо-

знание должны существенно перестроиться. А это может быть осуществлено прежде всего на основе перспективных научных исследований, направленных на решение задач экологии.

Современные научно-технические дисциплины, в том числе и ФГП, имеют ярко выраженную методологическую ориентацию. Это выражается в необходимости разработки в рамках этих дисциплин специальной методической базы конкретных областей инженерной деятельности, в «производстве» особых практико-методических знаний, ориентированных на применение в определенной отрасли промышленности. Речь идет прежде всего о так называемых рецептурных знаниях (см. [9]), являющихся одновременно теоретическим описанием и практическим предписанием для осуществления инженерной деятельности. Таковым является, например, справочник (кадастр) физических свойств горных пород, который, во-первых, представляет собой результат анализа, обобщения и систематизации многочисленных экспериментальных исследований и опубликованных материалов. Во-вторых, он служит справочным пособием для научно-исследовательских проектных организаций и горных предприятий, а также основой для создания новых методов и механизмов воздействия на породы, выявления различных закономерностей в поведении пород разных месторождений и т. д.

Задача методологии горной науки заключается прежде всего в установлении области эффективного использования различных существующих методов исследования и привлечения новых методов и средств для решения производственных, инженерных и научных задач. В частности, большое методологическое значение приобретает проблема эффективного использования математических методов в ФГП.

Ориентация на системные представления является характерной особенностью многих современных научно-технических дисциплин [2]. Это относится и к ФГП. В ней ставится задача теоретического синтеза «частичных» теоретических представлений, взятых из самых различных дисциплин, для решения конкретных комплексных научно-технических проблем. Законы возникновения всех влияющих на ее объекты факторов практически невозможно одновременно учесть. В связи с этим в ФГП широко применяется аппарат теории вероятностей и математической статистики.

Одной физической картины мира в ФГП явно недостаточно. Необходима выработка более широкого системного контекста. При этом этот системный контекст должен быть предметно-ориентированным: речь должна идти о необходимости

создания некоего специализированного варианта системного подхода, «настроенного» на специфический класс комплексных научно-технических проблем, исследуемых ФГП. Эта сложная методологическая задача еще только ставится, и, конечно, рано говорить о ее решении. Но только на этом пути возможны теоретический синтез разнородных знаний различных научных дисциплин, используемых ныне в ФГП, и подготовка условий для применения «универсальных» программных средств имитационного моделирования на ЭВМ, а также новых областей математики, тесно связанных с развитием системного анализа.

Горный инженер рассматривается сегодня как главный организатор и технический руководитель горного предприятия, который должен иметь глубокие знания в области геологии, техники, экономики. Поэтому говорят об универсальности горных инженеров (см. [5]). Аналогично специалист в области ФГП выступает сегодня организатором комплексного научного исследования и системного проектирования как в сфере горной науки, так и в промышленности. Горный инженер-физик становится своего рода «универсалистом», поскольку в решении комплексных научно-технических задач горной науки и практики требуется участие коллективов специалистов различного профиля. А чтобы эффективно руководить ими, он должен овладевать знаниями многих естественных, общественных и технических наук. Однако этого мало. Он должен овладеть и общими средствами и методами, выработанными системным подходом.

Поскольку для ФГП очень важно обеспечить безопасность горных работ, стремиться достичь максимального учета человеческих факторов, то становится жизненно необходимым использование знаний эргономики, призванной как можно более полно учитывать человеческие факторы при проектировании новой техники, сложных «человеко-машинных» систем.

Практика требует перестройки профессионального сознания горного инженера-физика широкого профиля уже сегодня. Имеющееся отставание в данной области можно объяснить ориентацией многих ученых и инженеров на старые образцы организации научного и технического знания. ФГП уже переросла рамки традиционной технической науки. Она стала комплексной научно-технической дисциплиной и профессиональное сознание современных ученых и инженеров должно обратиться к поиску новых, нестандартных форм организации знаний и деятельности в этой и, возможно, и во многих других областях науки и инженерной практики.

Само название «физика горных пород», по-видимому, не отвечает сегодня реально сложившейся научной практике. Если весь цикл, семейство горных наук назвать «геотехнология», то, говоря о ФГП, мы по сути дела имеем в виду теоретические основы геотехнологии или теоретическую геотехнологию. В этой связи можно провести аналогию с теоретическими основами электротехники или химической технологии. Теоретические основы геотехнологии должны синтезировать знания многих естественных (геологических, физических, химических и даже биологических дисциплин), технических и общественных (например, экономики) наук. Поэтому дальнейшая разработка теоретической геотехнологии возможна только на системной основе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Взаимосвязь естественных и технических наук. М.: ИИЕТ АН СССР, 1976. 320 с.
2. *Горохов В. Г.* Методологический анализ системотехники. М.: Радио и связь. 1982. 160 с.
3. *Горохов В. Г.* Методологический анализ развития научно-технических дисциплин: (На примере теоретической радиолокации). Наст. сб.
4. *Кулындышев В. А., Малышев Ю. Ф., Романовский Н. В.* Петрофизика, ее место и роль в геолого-геофизических исследованиях.— Изв. СО АН СССР. Геология и геофизика, 1980, № 1, с. 100—107.
5. *Мельников Н. В.* Горные инженеры. М.: Наука, 1981. 272 с.
6. *Мирский Э. М.* Междисциплинарные исследования и дисциплинарная организация науки. М.: Наука, 1979.
7. *Ржевский В. В.* Задачи горной науки в деле дальнейшего совершенствования горного производства.— Науч. тр. М.: МИРГЭМ, 1962, № 46, с. 5—23.
8. *Ржевский В. В., Новик Г. Я.* Основы физики горных пород. М.: Наука, 1964. 208 с.
9. *Чешев В. В.* Техническое знание как объект методологического анализа. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1981. 194 с.

СИСТЕМНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ В СИСТЕМОТЕХНИКЕ, «ТРАДИЦИОННОМ» ПРОЕКТИРОВАНИИ И ДИЗАЙНЕ

В. М. РОЗИН

Современный период развития системного подхода связан с распространением системных представлений и методов в конкретных областях общественной практики: экономике, управлении, организации, инженерной деятельности, проектировании.

Отдельные попытки использовать представления, близкие к системным, можно найти еще в 20—30-х годах в работах одного из первых методологов проектирования, В. Розенберга [13]. Применение же к проектированию собственно системного подхода, как известно, относится лишь к послевоенному периоду. Здесь можно выделить два основных направления: системотехнику и системную методологию в проектировании — попытки совершенствования проектирования на основе системных идей, системного анализа, системно-организационной теории [4, 6, 7, 17].

Обращаясь к системному подходу, представители конкретных областей общественной практики опираются на общую теорию систем, а также на системно-структурную методологию [9, 16]. При этом возникает новый слой системного мышления, тесно связанный с теми проблемами и предметами, которые существуют в данных конкретных областях деятельности.

С точки зрения эффективности практического применения, а также ясности подхода для проектировщиков большой интерес представляет системотехника, для методологов проектирования более ценны общие системные представления. Это можно пояснить несколькими моментами. Системотехника в отличие от ситемной методологии в проектировании возникла на частнометодологической основе [1], т. е. формировалась как методология деятельности в узкой области технического проектирования определенных сложных объектов: телефонных линий, военных сооружений и устройств, транспортных систем и т. п. Кроме того, системотехники имели дело с проектированием, к которому были предъявлены вполне определенные требования (например, необходимость осуществить

[1] О различении уровней методологического анализа см. [2].

проектирование в сжатые сроки, организовать большой коллектив проектировщиков, ученых, технологов и других специалистов, желание избежать неоптимальных проектных и организационных решений, стремление сделать более качественной организацию самого процесса проектирования, снизить количество согласований в ходе проектирования и т. п.). В то же время и системные методологи всегда учитывали эти требования. Они стремились развить в проектировании общий системный подход, внедрить в него системные методы, представить любой объект проектирования как систему, а само проектирование — как вид системной деятельности, включающий анализ и синтез систем, разработку системного окружения, их отдельных функций, материального обеспечения и т. п. [9, 17, 4]. Таким образом, проектировщиков более убеждает опыт системотехники, как уже реализованный системный подход к конкретной области проектирования. Методологам же проектирования он кажется ограниченным именно данной конкретной областью. Их более привлекают системные представления и методы, которые можно распространить на любую область проектирования. Однако это не означает, что данные направления не имеют между собой связей: у них единый источник (системный подход) и ряд сходных черт. В обоих случаях используются системные представления, предлагается совершенствование организации проектирования на основе предварительного методологического исследования.

Рассматривая эффективность применения в проектировочной деятельности системных представлений, необходимо учитывать неоднородность самого проектирования, в частности деление его на «традиционное» и «нетрадиционное».

На традиционное проектирование (машиностроительное, промышленное, архитектурно-строительное) большое влияние оказало инженерное мировоззрение: в нем с помощью моделей устанавливается соответствие между естественными процессами (функциями) и искусственно создаваемыми условиями их осуществления (конструкциями). Традиционные виды проектирования удовлетворяют ряду принципов: «соответствия функций конструкциям», «реализации проектов», «целостности проектируемого объекта», «завершенности процесса проектирования» (см. подробнее [14, 15]). В новых, нетрадиционных видах проектирования (к ним, например, относится дизайнерское, градостроительное, социотехническое) указанные принципы выполняются только частично или не выполняются вообще. Так, многие социотехнические проекты оказываются нереализуемыми, поскольку отсутст-

вуют знания о социальных процессах, организуемых проектом, неясны условия, обеспечивающие протекание этих процессов, границы проектируемой системы не заданы, четко не определены критерии конкретизации (завершенности) проектных решений.

К сожалению, опыт системотехники лишь в незначительной степени удалось распространить на традиционное и ряд новых видов проектирования: дизайнерское, градостроительное, социотехническое, социокультурное. В то же время и системная методология практически не оказала не него большого влияния. В чем же причины? Случайно ли это?

Ответить на этот вопрос необходимо, так как у методологов проектирования сохраняется уверенность, что проектирование можно совершенствовать на основе системного подхода. Поскольку речь идет о системном подходе в проектировании, для ответа на поставленный вопрос, с нашей точки зрения, нужно рассмотреть, во-первых, те особенности системного подхода, которые привлекли проектировщиков, во-вторых, системотехнику как первую область, где был реализован системный подход, в-третьих, некоторые черты традиционного и нетрадиционного проектирования (в их отношении к системному подходу).

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА В СИСТЕМОТЕХНИКЕ

В методологии науки системные способы мышления начали развиваться достаточно давно (см. подробнее [12]), в инженерной же практике — только в середине нашего столетия. Тем не менее прослеживается прямая связь этих двух способов мышления. Чтобы ее проанализировать, рассмотрим сначала основные этапы формирования системных представлений в методологии науки.

Уже в XVII—XVIII вв. философы рассуждали о системе начал и принципов, имея в виду организованную в теоретическом рассуждении последовательность научных знаний [12]. Обобщая эти представления, И. Кант писал: «...обыденное знание именно благодаря системному единству становится наукой, т. е. из простого агрегата превращается в систему» [10, с. 680]. В XIX в. под системами стали понимать не только теоретическую организацию знаний в научных предметах, но и целостные объекты изучения, отдельные части и планы которых были объединены различными отношениями и связями. И только в начале XX столетия обращение ученых к инженерной деятельности привело к тому, что си-

стемы стали рассматриваться и как объекты изучения в науке, и как сложные объекты техники. Происходит осознание системных способов мышления, и ставится задача разработать в науке особый системный подход.

Разработка системных представлений и понятий в философии Нового времени была обусловлена несколькими причинами, главные из которых — построение новых научных предметов, создание в работах Галилея и Ньютона способов научного мышления, приближающихся к современным, включение в научное исследование инженерных процедур (эксперимента) и, наконец, интенсивное развитие методологических форм мышления. Особенность же методологического подхода — предварительное планирование и организация научного исследования на основе знаний о природе научного мышления. Сложившиеся виды научной деятельности с самого начала включали в себя разнообразные планы и процедуры (эмпирический и теоретический уровни, характеристику отдельных сторон изучаемого объекта, различные способы теоретического описания этих сторон и т. д.). Необходимость связать их, спланировать научное исследование определила неэффективность некоторых, идущих еще от античной науки понятий, например понятий «род», «вид», «изменение», «движение». Вместо них в науке появляются такие понятия, как «строение», «организация», «процесс», «механизм», «взаимодействие». Введение подобных понятий позволило построить новые способы интеграции научных знаний и объекты изучения.

Начиная с этого периода происходит принципиальная смена направленности (детерминации) научного познания. Если для Аристотеля познание идет от отдельного к общему и потому от частей к целому, от многого к единому, от видов к роду, то для Канта, наоборот, синтез определяет анализ, единое — многообразное [2]. Если в античной науке преобладали процедуры длительной обработки материала и сопоставление многих случаев для выявления тождеств, различий и других отношений, то в современной науке детерминация и субординация распространяются сверху вниз — от категорий к понятиям, от понятий к знаниям, от методологических схем и проектов научных предметов к самим предметам.

---

[2] В интересующем нас аспекте можно утверждать, что Аристотель и Кант решали сходные задачи — упорядочивали и систематизировали научный язык и мышление (каждый для своего уровня развития науки). Оба они оформляли предшествующее развитие научного мышления, создавая и устойчивые «системы научного знания».

Осознание новой организации научного познания — одна из главных причин появления системных понятий (прежде всего понятий «система» и «структура»). Если понятие системы первоначально рассматривается как способ организации отдельных групп знаний в науке, то понятие структуры, складывающееся начиная с середины XIX столетия, мыслилось как определенный тип объекта изучения, состоящего из элементов и связей. Такое разбиение позволяло внутри предмета (например, химии) фиксировать его отдельные составляющие и стороны, а также зависимости между ними. Объединение элементов и связей в структуру показывало, как данные отдельные составляющие, стороны и их зависимости сосуществуют в целостном объекте, определяются его природой. В таком смысле понятие структуры выступало как родственный системному (но не эпистемологический, а объектный) способ анализа и синтеза научного материала. Вероятно, поэтому в работах химиков и психологов (в этих двух предметах впервые сознательно применяются системные понятия [3, 8, 11]) в конце XIX — начале XX столетия понятия системы и структуры начинают сближаться и даже в некоторых случаях отождествляться.

Хотя системные понятия употребляются в науке начиная со второй половины XIX в., только в середине XX в. сложились условия, наиболее благоприятные для их применения. К этому периоду научное познание приобретает новый вид. Изменяются требования к характеру научной деятельности (сокращаются сроки исследований, вводятся новые оценки результатов). Кардинально перестраивается сама организация научной деятельности. Она становится многослойной, дифференцируется по отдельным видам работ, которые затем кооперируются. Все большее число исследований начинает носить комплексный, синтетический характер. В ходе их об одном объекте изучения получаются знания из нескольких научных предметов. Наконец, методологическая подготовка и планирование исследований постепенно становятся нормой научной работы.

В таких условиях системные представления и понятия обеспечивают методологическую организацию сложной дифференцированной научной деятельности, включающей в себя разные процедуры, планы описания, модели, отдельные группы знаний, теории. Понятия «система» и «структура» задают объектные представления и способ действия с объектами, помогающие, с одной стороны, развертывать эти компоненты научного мышления в их взаимосвязи как моменты научного предмета, единой организации научных знаний и, с дру-

гой — переходить от одних планов, процедур, частичных предметов к другим.

Из методологии научного исследования системный подход в 40—50-х годах стал переноситься и в другие области, прежде всего в сферу инженерной практики. При этом сформировалась новая дисциплина — системотехника [5], где были успешно использованы системные представления и способы мышления (прежде всего установка на организацию сложной деятельности, включающей научное исследование и инженерные разработки, различные теории, процедуры анализа и синтеза объекта и т. п.). Действительно, одна из основных задач — стремление обеспечить методологическую организацию взаимосвязанных деятельностей, входящих в системотехнический цикл (исследований, инженерных разработок, проектирования, изготовления, отладки). Почти во всех вариантах системотехники устанавливаются образцовые этапы работы над системами. Например, А. Холл приводит следующую схему системотехнических работ: системные изыскания (планирование программы), исследовательское планирование, планирование разработки, изыскания в ходе разработки, текущие изыскания [16]. Другие авторы придерживаются несколько иной схемы организации системотехнической деятельности [6, 17]. Последовательность и логика этапов системотехнической деятельности устанавливаются не только прямой регламентацией этапов, процедур, но также через характеристику объекта системотехники и логику его изучения и создания. Например, формулируется следующая закономерность: сначала изучается окружение системы и потребности (в ином языке — функции системы и требования, которые к ней предъявляются), затем переходят к подсистемам, процессам, операциям и, наконец, к описанию компонентов системы.

Сложный характер системотехнической деятельности обусловлен проведением в этой дисциплине инженерной точки зрения. Инженерный подход в отличие от методического предполагает опосредование инженерного действия предварительным научным изучением того объекта, который необходимо изготовить. Для инженера всякий объект является естественно-искусственным — это одновременно и явление природы, и то, что необходимо создать в деятельности. Сочетание в инженерной деятельности естественных и искусственных моментов заставляет инженера опираться, с одной стороны, на науку, в которой он находит научные знания о процессах и взаимодействиях, а с другой — на технику и проектирование, откуда он заимствует конструктивно-технические и тех-

нологические знания (знания о материалах, конструкциях, морфологии, предметной среде и т. д.).

В системотехнике инженерная установка выявляется в выделении такого этапа, как исследовательское планирование (этапа исследования и изучения, включающего постановку задачи, описание окружения системы, потребностей, основных процессов функционирования и т. п.), а также в разработке разнообразных теоретических представлений, которые должны использоваться в инженерных разработках. Так, в варианте системотехники, разрабатываемом А. Д. Холлом, рассматриваются следующие теоретические представления: теория спроса и принятия решений, экономическая, психологическая и казуистическая теории ценностей, элементы теории игр и принятия статистических решений, элементы теории творчества и ряд других [16]. В то же время перечисленные выше теории с точки зрения их построения и обоснования (как методологического, так и экспериментального) не похожи на теории, созданные в физике или химии: положения их эмпиричны, способы построения знаний далеки от естественнонаучных. В связи с этим опирающиеся на них инженерные разработки по своей структуре больше похожи на «доинженерные» технические действия, чем на развитую инженерную деятельность. Поэтому необходимо различать инженерный идеал системотехники и его реализацию, которая пока не осуществляется из-за неразработанности, несовершенства теоретических представлений. Кроме того, как правило, объекты в системотехнике не изготовляются наподобие машин или механизмов; они частично изготавливаются, частично организуются. Инженерная же установка в чистом виде работает в том случае, если предполагается, что систему можно изготовить на производстве.

Системные представления, используемые в системотехнике, неоднородны; среди них можно различить две взаимосвязанные группы: *фундаментально-системные и предметно-системные*.

Примером первой группы являются понятия системного подхода: «система», «подсистема», «элементы», «связь», «отношение», «функция», «процесс», «операция», «функционирование» и другие, с ними сопряженные, например понятие иерархии. Эти понятия, как правило, используются для самой общей характеристики объектов системотехники, а также процедур, которые к ним применяются. Например, во многих работах утверждается, что объектом системотехники являются сложные системы, что всякая система допускает дальнейшее разбиение на подсистемы (при этом исследо-

ватели переходят к новому множеству связей), что подсистемы в системе иерархически упорядочены, что функционирование системы образуется из множества связанных друг с другом процессов, что к системам применяются операции анализа и синтеза и т. п. Подобные положения, как нетрудно заметить, задают достаточно абстрактный и в то же время наиболее общий уровень мышления в системотехнике, с которым должны соотноситься более конкретные уровни.

Вторая группа понятий, различающаяся в разных вариантах системотехники, хотя и связана с первой, тем не менее обобщает прежде всего логику конкретной работы системотехника, конкретные предметные характеристики, членения объектов, с которыми он имеет дело. Это, например, понятия «вход» и «выход» (анализ и синтез входов и выходов системы), «окружение» или «потребности» системы; представления о системах с обратной связью, открытых и закрытых, естественных и искусственных и о других системах. В каждой самостоятельной области исследования, где применяются идеи системного подхода (в экономике, биологии, социологии, кибернетике, в различных областях технического проектирования, в градостроительном проектировании и т. д.), понятия, которые мы отнесли ко второй группе, специфичны. Например, в биологических исследованиях широко применяются понятия целостности адаптивной системы, закрытой и открытой систем, развития, конкуренции, в техническом проектировании — понятия искусственной системы, обратной связи, входа и выхода, цели, операции и др.

Анализ роли фундаментально-системных и предметно-системных понятий показывает, что они обеспечивают разные моменты методологического планирования деятельности в перечисленных областях практики. Фундаментально-системные понятия выражают сам факт дифференциации и интеграции деятельности в условиях разделения труда между разными специалистами (руководителями работ, учеными, инженерами, проектировщиками, наладчиками). Дифференциация объектов системотехники на отдельные подсистемы и элементы — естественное следствие использования при изучении этих объектов различных моделей, теорий, а также изготовления подобных систем по частям. Каждая такая группа знаний описывает самостоятельный план исследуемого и затем создаваемого объекта, задает определенную логику его изготовления. В то же время поскольку все самостоятельные в плане изучения и изготовления фрагменты, части объекта на самом деле входят в этот объект (в соответствии с его природой и функционированием), постольку необходима теорети-

ческая и практическая интеграция данных фрагментов в единое целое. Фундаментально-системные понятия как раз и определяют предварительную организацию всех видов инженерной деятельности, логику процедур дифференциации и интеграции. Фундаментально-системные понятия, однако, уже не характеризуют те конкретные смыслы, предметные членения и связи, с которыми имеют дело эти специалисты. Все такие единицы определяются спецификой и характером той или иной предметной области, где работает системотехник, т. е. особенностями задач, объекта, средств и методов. Предметно-системные понятия по своему назначению должны обеспечить методологическую организацию и планирование деятельности различных специалистов на более конкретном уровне работы, где проявляется специфика предметной области. Следовательно, если фундаментально-системные понятия обеспечивают методологическую организацию деятельности в отношении единой установившейся культуры работы (наличия многих специалистов, разделения и кооперирования труда между ними, требований оптимизации их деятельности, установки на предварительное планирование всего процесса), то предметно-системные понятия обеспечивают следующий уровень методологической организации, уже специфичный для каждой предметной области, определенных типов задач и объектов.

Итак, системные представления и понятия появились сначала в научном исследовании, а затем уже были транслированы в практику изготовления сложных сооружений, устройств. В научном исследовании они обеспечивали, с одной стороны, связь процедур теоретического описания объектов с операциями их практического преобразования (т. е. с самого начала удовлетворяли инженерной точке зрения), а с другой — интеграцию отдельных походов в едином теоретическом описании поведения изучаемого объекта. Системные представления позволяют организовать исследования объекта в условиях множественности планов изучения. Они дают возможность оптимизировать исследование, сделать его более качественным, все время поддерживать связь между этими отдельными планами.

В инженерной деятельности (системотехнике) системные понятия и представления позволяют связать процедуры изучения и изготовления (здесь инженерная точка зрения проведена сознательно), организовать разные аспекты теоретического описания, позиции специалистов, осуществляющих научное исследование, инженерные разработки, проектирование и изготовление.

Почему же в традиционном проектировании можно обойтись без системных представлений? На первый взгляд здесь все обстоит таким же образом, как и в области проектирования сложных систем: наличие многих специалистов (организаторов проектирования, технологов, архитекторов, смежников, экономистов); сложный объект, в котором на уровне описания процессов функционирования можно выделить различные подсистемы, процессы, элементы, связи; наличие установки на качественное проектирование; ограничение сроков проектирования, стремление уменьшить количество согласований и т. п. Тем не менее в целом для традиционного проектирования системотехническая точка зрения не органична; работающие в нем специалисты не видят необходимости представлять свои объекты в виде сложных систем, требующих для своего описания и проектирования специальных представлений и методов. Такая позиция нуждается в объяснении.

Главная причина заключается в относительной однородности деятельностей и процедур традиционного проектирования. В отличие, например, от градостроительного, дизайнерского, так называемого экспериментального проектирования, традиционное проектирование обычно включает в свой состав только проектные действия: технологическое, архитектурное, сантехническое проектирование и т. д. В традиционное проектирование не входят ни научное исследование (как правило, научные отделы в самом проектировании не участвуют), ни изобретательство, ни другие виды развитой инженерной деятельности (исключая расчеты), ни эксперимент и отладка опытных сооружений. При этом на всех этапах действует принцип соответствия функций (и процессов) определенным конструкциям (морфологии). Он позволяет без предварительных исследований, инженерных разработок и экспериментов на объекте переходить от заданных функций к известным конструкциям (и наоборот), а также порождать из существующих новые конструкции, выполняющие нужные функции (см. [14, 15]). Именно опора на данный принцип позволяет свести все деятельности традиционного проектирования к проектным действиям и установить между ними четкие отношения (выражаемые в требованиях друг к другу). Разделение же труда между самими проектировщиками способствует тому, что все действия становятся еще более однородными.

Однако и в рамках традиционного проектирования приходится иметь дело с множеством аспектов, требований, функций, элементов, связей и отношений (этот момент общеизвестен). Кроме того, разделение труда предполагает разработку отдельных планов, уровней сооружения, различных подсистем, которые, с одной стороны, должны проектироваться в связи друг с другом, а с другой — на определенном этапе совмещаться между собой. Здесь, очевидно, и необходимы системные представления и методы. Однако анализ показывает, что в традиционном проектировании были развиты несистемные методы согласования отдельных видов и процедур проектирования, а также несистемные способы совмещения друг с другом различных уровней, планов рассмотрения, подсистем и фрагментов проектируемого объекта.

Ими являются, во-первых, разнообразные знаковые средства (рисунки, эскизы, схемы, проекты, макеты), во-вторых, особенности логики проектирования, в-третьих, организационная практика прямого согласования требований и решений. Уже простейшие знаковые проектные средства (рисунок, эскиз) позволяют связывать между собой (интегрировать) самые разнообразные уровни, подсистемы и фрагменты проектируемого объекта. Так, на рисунке или эскизе можно изобразить: а) те или иные конструкции (аналогично, любые морфологические элементы: часть фасада, помещения в плане или в разрезе, оборудование и т. п.); б) определенные технологические процессы (более широко — процессы функционирования: виды операций и их пространственные границы, ожидаемые нагрузки и другие конструктивные требования); в) размещение других подсистем, над которыми работают смежники или архитектор. В технических и рабочих чертежах можно проследить и другие, более широкие возможности и способы синтеза проектных процедур, уровней, подсистем проектируемого объекта.

Так, скажем, в архитектурно-строительном проектировании в рабочих чертежах осуществляется синтез фасадов, планов и разрезов здания, всех его подсистем (технологической, сантехнической, инженерной, архитектурно-строительной), самой системы проекта (здания в целом) и ее окружения (генерального плана). Да и логика проектирования, а именно движение от более общих и абстрактных решений к более частным и конкретным, от внешних требований и характеристик проектируемого объекта к его внутреннему наполнению, от разработки всей системы к разработке ее отдельных подсистем с последующим возвращением назад к целостной системе, является не чем иным, как конкретным методом син-

теза, связи отдельных процедур и операций, различных уровней, подсистем и фрагментов проектируемого объекта. Наконец, в традиционном проектировании развита практика непосредственного, предварительного согласования процедур, за которые отвечают специалисты. К ней относятся, например, разделение обязанностей, согласование сроков начала и окончания работ или выдачи промежуточных результатов, обсуждение общего направления, главной идеи и т. п., текущая критика неудачных решений, сообщение об изменениях в исходном замысле или решении, анализ затруднений и т. д.

Таким образом, специалисты, работающие в традиционном проектировании, вполне могут обходиться и без системных представлений и методов. Однако ситуация резко меняется, если к проекту начинают предъявлять ряд дополнительных требований или если он объявляется экспериментальным [3]. Например, принимая во внимание требование оптимизировать отдельные решения или в целом процесс проектирования (резко сократить сроки, улучшить качество проектных решений, снизить количество согласований, не изменяя количества людей, занятых в проектировании), специалисты уже не могут действовать по-старому. Они вынуждены переходить к новым методам организации самого процесса проектирования, искать средства, позволяющие из всех возможных решений найти лучшее, более качественное. И это при условии, когда резко возрастает количество вариантов, которые необходимо создать и проанализировать. В такой ситуации методологи проектирования вынуждены искать новые, более эффективные методы синтеза проектных процедур, различных уровней подсистем и фрагментов объекта. Именно здесь начинают использоваться системные представления. Обращение к ним в экспериментальном проектировании, так же как и в новых, «нетрадиционных» видах проектной деятельности (дизайне, социотехнике, градостроительстве), происходит по другой причине. Хотя все эти деятельности осознаются и организуются как проектирование, но фактически им не являются. Анализ показывает, что нетрадиционные виды проектирования, помимо процедур, напоминающих проектные, включают в себя научное исследование, инженерные разработки, эксперименты на объекте, отладку и внедрение. Кроме того, в данных видах деятельности перестает действовать принцип соответствия функций конструкциям, а также и другие принципы традиционного

[3] Разработка экспериментальных сооружений относится большей частью к нетрадиционному проектированию, поскольку эксперимент делает проблематичными принципы традиционного проектирования.

проектирования [14, 15]. В таких условиях проектирование само становится моментом сложной неоднородной деятельности, организация и осуществление которой нуждается в разнообразных специальных средствах и методах, в частности системных.

Необходимо подчеркнуть, что вопрос о применении системного подхода в новых нетрадиционных видах деятельности необходимо решать конкретно в каждом отдельном случае.

Рассмотрим теперь дизайнерскую деятельность как характерный пример нетрадиционного проектирования. Дизайнерская деятельность по ряду параметров сходна и с традиционным, и с системотехническим проектированием. Поскольку в дизайне действует квазиинженерная ориентация, некоторые дизайнеры стремятся организовать свою деятельность, рассматривая системотехнику в качестве прототипа проектирования. Они делают акцент на научном исследовании, в основном опираются на существующую технологию и способы изготовления, на сложившиеся взаимоотношения между сферами изготовления, инженерии, проектирования и научного исследования. Наконец, эти дизайнеры с ситемотехнической ориентацией создают сначала «системотехнические проекты» и разработки организации проектирования, а на их основе уже ведут само проектирование.

Большая группа дизайнеров придерживается прямо противоположной установки, они ориентируются на свободное творческое действие, не опосредованное ни научным исследованием, ни характером существующей технологии, ни даже требованием реализации. Здесь можно встретить дизайнерские произведения, которые ничего не означают и которые невозможно тиражировать в современной промышленности, дизайнерские проекты, близкие к утопическим, дизайнерские сооружения, отношение к которым выясняется лишь после того, как они вошли в строй, начали действовать, дизайнерские эксперименты, шутки, эпатаж и т. п.

Если оставить в стороне две крайние ориентации, то в дизайнерской деятельности можно выделить следующие особенности, характерные для нее как для вида проектирования.

Хотя дизайнерская деятельность и связывается с требованием научного исследования, а также учитывает характер существующей технологии, оба эти момента подчинены другому, более важному аспекту. Как правило, центральным звеном дизайнерского проекта является одна или больше чисто проектных идей, которые должны разрешить ту или иную (в соответствии с дизайнерской концепцией) культур-

ную потребность. Например, такой «центр» может задать идея (или группа идей), способствующая гармонизации предметной среды, направленная на создание стиля (фирменного отраслевого, индивидуального), проводящая в предметный мир различные культурные новации, придающая предметам красоту или комфортность и т. п. Характерно, что и саму потребность, которую дизайнер берется удовлетворить своим произведением, и особенно характер потребности он определяет сам, а не принимает как внешнее требование или заказ. В соответствии с тем, что он считает хорошим дизайном, какие, по его убеждению, задачи он должен решать и каким путем, дизайнер определяет потребность и способы ее удовлетворения. При этом его решения складываются как под влиянием обдумывания ситуации, исследования прототипов или близких решений, так и в результате создания, формулирования определенных проектных идей. В соответствие с такими идеями необходимо создать и внедрить в культуру, в жизнь (чтобы изделие работало, функционировало) определенный предмет, систему предметов (вещи, сооружения, объекты), которые должны обеспечить культурную потребность, определенную дизайнером, причем именно дизайнерским путем.

Если первый указанный здесь шаг дизайнерского проектирования можно назвать этапом «генерации дизайнерской концепции и проектных идей», то второй — этапом «исследования условий реализации этих идей в культуре (в обществе)». В отличие от представителей инженерной ориентации специалисты рассматриваемого нами направления исходят из понимания того, что не всякая проектная идея и концепция могут быть реализованы в современной культуре, при достигнутом уровне развития технологии. Поэтому, сформулировав основные проектные предложения, они переходят к исследованию тех условий, в которых такие предложения могут быть осуществлены, к критике и уточнению самих проектных идей, к выяснению их совместимости на объекте, анализу последствий, возникающих при их реализации, и т. п. Нетрудно заметить, что на данном этапе дизайнерское проектирование по своей логике и принципам может приближаться как к традиционному прототипическому проектированию, так и к системотехническому. Последнее имеет место в том случае, если возникают специальные требования к ходу проектирования, выявляются специфически системные особенности проектируемого объекта, задаются особые условия организации самого проектирования. Например, во многих видах дизайнерской деятельности ставятся требования оптимизации

процесса проектирования возникает необходимость в методологической организации и планировании этого процесса. Другое требование — эффективнее связать разнородные виды деятельности.

Таким образом, если в дизайнерском проектировании и нужен системный подход, то только на этапе исследования условий реализации проектных идей, да и то при наличии специальных условий и требований к проектированию. Этот вывод можно лучше понять, вникнув в специфику дизайнерского проектирования. Как правило, оно в определенной мере свободно от существующей, сложившейся организации разных видов деятельности. Так, дизайнер ориентируется больше на экспериментальное, чем массовое промышленное производство. Для него более ценны свободные проектные замыслы, чем обеспечение проектированием уже существующих культурных и организационных процессов. Он ориентируется главным образом на новые виды отношений между сферой проектирования и изготовления. Наконец, дизайнер не связан жестко внешними требованиями (подобно тому как ими связан традиционный проектировщик и системотехник), но зато, безусловно, следует идеалу хорошего дизайна (понимаемого каждым крупным дизайнером по-своему). Поэтому дизайнер сам устанавливает тип и характер проектируемого им объекта (как правило, такие образования никогда до этого не создавались), определяет необходимость в исследованиях и инженерных разработках и их характер, останавливается на том или ином уровне конкретизации условий реализации. Как экспериментатор и новатор дизайнер не несет ответственности за те непредвиденные последствия, которые могут возникнуть при реализации его проекта; он смело идет на изменение культурной среды и ее явлений.

Таким образом, при отсутствии специальных требований к ходу и качеству традиционного или дизайнерского (вообще новых видов) проектирования, системный подход в них не необходим. В традиционном проектировании развиты эквивалентные по функции несистемные средства и способы решения системных задач (чертежи, логика проектирования, определенные связи между специалистами). Системный подход становится рабочим инструментом в этих видах деятельности, если указанные выше специальные требования возникают, т. е. резко ограничиваются сроки проектирования и ресурсы, возникает задача повысить качество проектирования при одновременном требовании сократить переделки и поправки проекта, ставится проблема обеспечения более тесной, эффективной связи разных видов работ и специалистов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Берталанфи Л.* Общая теория систем: Крит. обзор.— В кн.: Исследования по общей теории систем. М.: Прогресс, 1969, с. 23—82.
2. *Блауберг И. В., Садовский В. Н., Юдин Б. Г.* Философский принцип системности и системный подход.— Вопр. философии, 1978, 8, с. 39—52.
3. *Бутлеров А. М.* О химическом строении веществ.— Соч. М.: Наука, 1953, т. 1, с. 25—47.
4. *Горохов В. Г.* Системотехника и управление. М.: Знание, 1979. 64 с.
5. *Горохов В. Г.* Формирование теоретической системотехники.— В кн.: Системные исследования: Методол. пробл. Ежегодник, 1981. М. Наука, 1982, с. 228—250.
6. *Гуд Г. Х., Макол Р. Э.* Системотехника: Введ. в проектирование больших систем. М.: Сов. радио, 1962. 550 с.
7. *Гутнов А. Э.* Город как объект системного исследования.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1977. М.: Наука, 1977, с. 212—237.
8. *Дильтей В.* Описательная психология. М.: Рус. книжник, 1924. 119 с.
9. Исследования по общей теории систем. М.: Прогресс, 1969. 518 с.
10. *Кант И.* Критика чистого разума.— Соч. М.: Наука, 1964, т. 3, с. 114—117.
11. *Менделеев Д. И.* Попытка приложения к химии одного из начал естественной философии Ньютона.— Соч. М.: Наука, 1954, т. 15, с. 15—28.
12. *Огурцов А. П.* Этапы интерпретации системности научного знания: Античность и новое время.— В кн.: Системные исследования: Ежегодник, 1974. М.: Наука, 1974, с. 154—187.
13. *Розенберг А. В.* Философия архитектуры: Общие основания теории проектирования архитектурных сооружений. М.: Рус. книжник, 1923. 125 с.
14. *Розин В. М.* Смысл прогностической деятельности в проектировании.— Тр. ВНИИТЭ, 1972, вып. 2, с. 41—60.
15. *Розин В. М.* Эволюция проектной культуры и формы ее осмысления.— Тр. ВНИИТЭ, 1974, вып. 8, с. 12—33.
16. *Холл А.* Опыт методологии для системотехники. М.: Сов. радио, 1975. 447 с.
17. *Черняк Ю. И.* Анализ и синтез систем в экономике. М.: Экономика, 1970. 152 с.

АВТОРЫ ВЫПУСКА

АРЛАЗАРОВ ВЛАДИМИР ЛЬВОВИЧ — кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (Москва).

ВАСИЛЬЕВА ЕЛЕНА МИХАЙЛОВНА — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (Москва).

ГВИШИАНИ ДЖЕРМЕН МИХАЙЛОВИЧ — академик, заместитель председателя Государственного комитета СССР по науке и технике, директор Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (Москва).

ГЕЛОВАНИ ВИКТОР АРЧИЛОВИЧ — доктор технических наук, заведующий лабораторией Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (Москва).

ГОРОХОВ ВИТАЛИЙ ГЕОРГИЕВИЧ — кандидат философских наук, доцент, научный консультант журнала «Вопросы философии» (Москва).

ДАНИЛОВ-ДАНИЛЬЯН ВИКТОР ИВАНОВИЧ — доктор экономических наук, профессор, заведующий лабораторией Академии народного хозяйства при Совете Министров СССР (Москва).

ДИНИЦ ЕФИМ АБРАМОВИЧ — кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (Москва).

ДМИТРИЕВ АЛЕКСЕЙ ПАВЛОВИЧ — доктор технических наук, профессор, проректор и заведующий кафедрой физики горных пород Московского горного института (Москва).

ДУДЧЕНКО ВЯЧЕСЛАВ СЕРГЕЕВИЧ — начальник социологической лаборатории Ярославского электромашиностроительного завода (Ярославль).

КАГАН МОИСЕЙ САМОЙЛОВИЧ — доктор философских наук, профессор философского факультета Ленинградского университета им. А. А. Жданова (Ленинград)

КАГАНЧУК ГАЛИНА ВИКТОРОВНА — научный сотрудник Московского горного института (Москва).

КАНТОРОВИЧ ЛЕОНИД ВИТАЛЬЕВИЧ — академик, заведующий лабораторией Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (Москва).

КЛИР ДЖОРДЖ — профессор Нью-Йоркского университета в Бингемтоне, Президент Международной федерации системных обществ, главный редактор «Международного журнала по общей теории систем» (США).

КОВРИГИН ОЛЕГ ВСЕВОЛОДОВИЧ — научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (Москва).

ЛАПИН НИКОЛАЙ ИВАНОВИЧ — доктор философских наук, профессор, заведующий лабораторией Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (Москва).

ЛИВШИЦ ВЕНИАМИН НАУМОВИЧ — доктор экономических наук, профессор, заведующий лабораторией Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (Москва).

НАУМОВА НИНА ФЕДОРОВНА — кандидат философских наук, старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (Москва).

ПЛИСКО ВАЛЕРИЙ ЕГОРОВИЧ — кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (Москва).

РАПОПОРТ АНАТОЛЬ — профессор, директор Института высшего обучения и научных исследований (Австрия).

РЖЕВСКИЙ ВЛАДИМИР ВАСИЛЬЕВИЧ — академик, ректор Московского горного института (Москва).

РОЗИН ВАДИМ МАРКОВИЧ — кандидат философских наук, заведующий сектором социально-экономических обоснований ЦНИИЭП зрелищных зданий и спортивных сооружений им. Б. С. Мезенцева (Москва).

РЫВКИН АЛЬБЕРТ АНАТОЛЬЕВИЧ — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (Москва).

СМОЛЬЯНИНОВ НИКОЛАЙ ДМИТРИЕВИЧ — кандидат технических наук, старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (Москва).

ШРЕЙДЕР ЮЛИЙ АНАТОЛЬЕВИЧ — доктор философских наук, заведующий сектором прогнозирования развития научно-технической информации Всесоюзного института научной и технической информации (Москва).

ЮРЧЕНКО ВАЛЕНТИН ВЛАДИМИРОВИЧ — кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований ГКНТ и АН СССР (Москва).

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Д. М. Гвишиани. К. Маркс и методологические проблемы системных исследований 7

Н. И. Лапин. Проблемы формирования и развития марксизма как цельного учения 11

Л. В. Канторович, В. Е. Плиско. Системный подход в методологии математики 27

А. Рапопорт. Различные подходы к построению общей теории систем: элементаристский и организмический. 42

Дж. Клир. Наука о системах: новое измерение науки 61

М. С. Каган. Система и структура 86

Ю. А. Шрейдер. Особенности описания сложных систем 107

Г. А. Смирнов. Основы формальной теории целостности (часть третья) 125

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ИССЛЕДОВАНИИ СОЦИАЛЬНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Е. М. Васильева, В. Н. Лившиц. Системный анализ эффективности научно-технического прогресса в отраслях производственной инфраструктуры 152

В. И. Данилов-Данильян, А. А. Рывкин. Основные принципы оптимизационного подхода и возможности его реализации 172

Н. Ф. Наумова. Психологические механизмы свободного выбора 197

Б. В. Сазонов. Перманентное архитектурное проектирование на базе системных категорий 222

В. С. Дудченко. Ситуационные структуры в организации 236

МЕТОДОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ

В. А. Геловани, О. В. Ковригин, Н. Д. Смольянинов. Методологические вопросы построения экспертных интеллектуальных систем 254

В. Л. Арлазаров, Е. А. Диниц. К теории инструментальных систем 279

В. В. Юрченко. Проблемы математического обеспечения имитационного моделирования 293

ПРИЛОЖЕНИЕ СИСТЕМНЫХ МЕТОДОВ
К АНАЛИЗУ ТЕХНИЧЕСКОГО И ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ЗНАНИЯ

В. Г. Горохов. Методологический анализ развития научно-технических дисциплин (на примере теоретической радиолокации) 307

В. В. Ржевский, А. П. Дмитриев, Г. В. Каганчук. Физика горных пород как новая научно-техническая дисциплина 333

В. М. Розин. Системные представления в системотехнике, «традиционном» проектировании и дизайне 345

Авторы выпуска 361

TABLE OF CONTENTS

Preface 5

METHODOLOGICAL PROBLEMS OF SYSTEMS RESEARCH

J. M. Gvishiani. K. Marx and Methodological Problems of Systems Research 7

N. I. Lapin. Problems of Emergence and Development of Marxism as an Integrated Conception . 11

L. V. Kantorovich, V. E. Plisko. Elements of Systems Approach in Methodology of Mathematics 27

A. Rapoport. Different Approaches to the Construction of General Systems Theory: «Elementarist» and «Organismic» Approaches 42

G. Klir. Science of Systems: A New Dimension of Science. 61

M. S. Kagan. Systems and Structure 86

Yu. A. Shreider. The Specific Features of Large—Scale Systems Description 107

G. A. Smirnov. The Principles of Formal Theory of Integrity (Part Three) 125