

В. Г. Горохов

**МЕТОДО-
ЛОГИЧЕСКИЙ
АНАЛИЗ
СИСТЕМОТЕХНИКИ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО
• РАДИО И СВЯЗЬ •

В. Г. Горохов

**МЕТОДО-
ЛОГИЧЕСКИЙ
АНАЛИЗ
СИСТЕМОТЕХНИКИ**



**МОСКВА
"РАДИО И СВЯЗЬ"
1982**

Горохов В. Г. Методологический анализ системотехники. — М.: Радио и связь, 1982. — 160 с.

Посвящена методологическому анализу системотехники, определению ее теоретического статуса и выяснению специфики методов. Особое внимание уделяется вопросам применения системных представлений и понятий в инженерной деятельности, с помощью которых анализируются этапы и фазы системотехнического цикла.

Анализируется также специфика «классической» технической теории, ее структуры, генезиса и функционирования. Рассмотрены особенности теоретических исследований в современных «неклассических» научно-технических дисциплинах, к которым относится и системотехника. Обсуждаются идеалы и нормы организации научно-теоретического знания в этих дисциплинах в сопоставлениях как с классическими науками, так и с естественнонаучной теорией. На этой основе формулируются перспективы развития теоретической системотехники.

Книга представляет интерес с точки зрения изучения методологических принципов комплексного исследования и разработки сложных систем.

Для научных работников, а также для руководителей организаций, занимающихся проблемами системотехники.

Табл. 2, рис. 14, библи. 133 назв.

РЕЦЕНЗЕНТЫ: докт. техн. наук Д. С. КОНТОРОВ,
канд. техн. наук Г. Н. ПОВАРОВ

Редакция литературы
по кибернетике и вычислительной технике

Г $\frac{1502000000-198}{046(01)-82}$ 90-82

© Издательство «Радио и связь», 1982

Предисловие

Для современной научно-технической революции характерно повышение роли науки как непосредственной производительной силы, появление новых форм связи науки и производства. В настоящее время наметилась тенденция интеграции технических, естественных и общественных наук, изменилось их соотношение — возросло значение общественных наук, повысился интерес к методологическим и теоретическим исследованиям. Методологический анализ отдельных областей научного и технического знания позволяет, с одной стороны, конкретизировать представления методологии науки, а с другой — использовать достижения развитых наук для построения новых, прогнозировать развитие науки и техники, оказывать целенаправленное влияние на развитие науки. Особое значение приобретает методологический анализ областей научного знания, связанных с практическим использованием результатов науки. Именно необходимость постоянного развития и совершенствования производства, интеграция науки, техники и производства, а также сокращения сроков внедрения новейших научных достижений стимулировала развитие системотехнических методов. Поэтому представляется чрезвычайно актуальным методологический анализ системотехники.

Системотехника является развивающимся научно-техническим направлением. В нашей стране изданы сборники, монографии, материалы конференций, курсы лекций, переведено более десяти книг по системотехнике, формирующейся с учетом как отечественного, так и зарубежного опыта (сборники, выпущенные МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, материалы конференций по проблемам системотехники, ежегодник «Системные исследования», работы Н. П. Бусленко, М. Г. Гаазе-Рапопорта, В. М. Глушкова, Д. С. Конторова, В. И. Николаева,

Г. Н. Поварова, Г. С. Поспелова, Д. А. Поспелова, Г. Л. Смоляна, Ф. Е. Темникова, Б. С. Флейшмана и др.). В этих публикациях в той или иной степени рассматриваются методологические проблемы системотехники.

В настоящее время статус системотехники как области современного научно-технического знания, взаимоотношение ее с другими научными дисциплинами еще четко не определены. Анализ и упорядочение конкретно-методологической основы системотехнического знания и деятельности необходимы для дальнейшего развития системотехники. Однако до сих пор она не была еще предметом специального методологического анализа. Этим и обусловлен выбор темы книги.

Особенностью книги является то, что в ней, с одной стороны, учтены результаты исследований в современной методологии науки, а с другой — результаты, полученные в специальных системотехнических разработках. Научно-технические дисциплины, хотя первоначально и формируются, опираясь на естественные науки, сегодня уже не могут рассматриваться просто как производные от них. Это самостоятельные дисциплины, имеющие специфическую организацию знаний, тесно связанные не только с естественными, но и с общественными науками.

В настоящее время сформировался новый подход к анализу взаимодействия фундаментальных и прикладных исследований, а также общественных, естественных и технических наук в процессе системного исследования комплексных научно-технических проблем. Комплексный подход является необходимым условием создания новой техники и становится нормой научного исследования и инженерного проектирования. На основе анализа различных вариантов системного подхода, общей теории систем, а также конкретных системотехнических задач разработана четкая схема системных представлений и понятий — сделан первый шаг к построению теоретической системотехники.

Для формирования системотехнической теории недостаточно лишь определить отдельные понятия (подсистема, элемент, связь, структура, окружающая среда и т. п.) или просто перечислить их, как это делалось до сих пор, необходимо построить концептуальную схему системотехники, в рамках которой они были бы тесно взаимосвязаны в единую, целостную теоретическую конструкцию.

Данная проблема решается в гл. 1. Системные представления и понятия выполняют в системотехнике функцию описания (отображения в теоретическом знании) как сложных инженерных объектов, так и инженерной деятельности, направленной на их создание. Именно поэтому в гл. 2, 3 выделенная схема системных представлений использована для целостного описания сложной системы, а также этапов и фаз системотехнического цикла, что позволило конкретизировать и обогатить системные представления. Таким образом, данные главы следует рассматривать как дальнейшее развертывание исходной концептуальной схемы, которая, в конечном счете, ориентирована на развитие теоретической системотехники.

Последняя глава посвящена перспективам развития системотехники как новой научно-технической дисциплины и организации теоретического исследования в ней.

Книга является обобщением отдельных работ, опубликованных автором в ежегоднике «Системные исследования» (1971, 1973, 1974, 1980 и 1981), сборнике «Проблемы деятельности ученого и научных коллективов» (1973, вып. 5), журналах «Вопросы радиоэлектроники. Сер. Общетеchnическая (АСУ)» (1972 и 1974), «Техника средств связи. Сер. АСУ» (1977), «Zagadnienia Naukoznawstwa» (1972 и 1975), «Вопросы философии» (1978—1981 гг.), в сборниках МДНТП (1978 и 1980 гг.).

Книга предназначена для широкого круга читателей: научных работников, тем или иным образом участвующих в исследовании и разработке сложных систем, инженеров, работающих над созданием сложных технических систем, разработчиков автоматизированных систем управления экономикой различных уровней, специалистов, занимающихся методическим обеспечением и координацией системотехнических разработок, философов, работающих в области методологии и истории науки, студентов, обучающихся по соответствующим специальностям, и всех интересующихся методологическими вопросами технической науки, системного подхода, кибернетики и системотехники.

Автор выражает благодарность рецензентам докт. техн. наук Д. С. Конторову и канд. техн. наук Г. Н. Поварову, а также канд. филос. наук В. М. Розину, докт. филос. наук В. Н. Садовскому, чьи замечания и советы позволили улучшить логику построения и содержание

СТАТУС СИСТЕМОТЕХНИКИ В СОВРЕМЕННОЙ НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

1.1. Определение предмета системотехники

В настоящее время для ускорения внедрения научных достижений в производство требуется выработка нового научно-инженерного стиля работы, связанного с решением комплексных научно-технических проблем. Именно на решение этой задачи и направлено развитие системотехники как современной области научно-технической деятельности. Чтобы понять принципиальную новизну позиции современного инженера-системотехника необходимо обратиться к истории.

В эпоху античности и средние века не существовала инженерная деятельность в современном понимании, а скорее техническая деятельность, органически связанная с ремесленной организацией производства. Жесткая цеховая регламентация этой деятельности, слабая специализация ремесел внутри цехов, ограниченность рынков сбыта, отсутствие стимулов, заставляющих удешевлять и увеличивать выпуск изделий, незаинтересованность в развитии технической базы определяли тогда отношение к технике. Быстрое развитие государственности и торговли стимулировало совершенствование военного дела (прежде всего фортификации и артиллерии), строительство гидротехнических и архитектурных сооружений, изготовление различных машин. Для осуществления этих видов деятельности уже недостаточно было традиционных ремесленных навыков. Появляются инженеры, выросшие, как правило, из среды ученых, обратившихся к технике, и ремесленников-самоучек, приобщившихся к науке. Они «принадлежали к числу тех импровизированных инженеров, которые в те времена за отсутствием настоящих инженеров устанавливали водяные и ветряные мельницы, насосы и фонтаны, производили необходимые починки в механизмах и руководили их конструкцией. Эти лица знали арифметику, отчасти и механику, умели чертить проекты, вычислять скорость и силу механизмов»*. Решая технические задачи, первые инженеры и изобретатели обратились за помощью к математике и механике, из которых они заимствовали знания и методы. Таким образом, инженерная деятельность связана с регулярным применением научных знаний и появлением мануфактурного и машинного производства.

* Кулишер И. М. История экономического быта Западной Европы. — Т. 2. — М., Л.: ОГИЗ, 1926, с. 302.

Для инженера всякий объект, относительно которого решается техническая задача, с одной стороны, выступает как явление природы, подчиняющееся естественным законам, описанным в науке, а с другой — как орудие, механизм, машина, сооружение, которые необходимо построить. Поэтому инженер опирается и на науку и на практику. Если первоначально инженерная деятельность была ориентирована на прямое использование естественно-научных знаний, то с конца XVIII в. положение меняется.

Во-первых, научная деятельность расчленяется. Помимо ученых-теоретиков и ученых-экспериментаторов появляются специалисты в области технических наук и прикладных исследований, задача которых — обслуживание инженерной деятельности. Об этом свидетельствует, в частности, большой интерес к техническим проблемам академий наук на первых порах их возникновения (XVII—XVIII вв.), который значительно уменьшился к концу XVIII в., что было связано с совершенствованием организации науки. Ввиду увеличения фронта исследований академии сконцентрировали свое внимание на решении фундаментальных научных проблем. Возникли новые формы организации научной деятельности в области техники — технические науки. Их появление было обусловлено прежде всего необходимостью специального обучения инженеров и возникновением высших технических школ (об этом см. подробнее [29]).

Во-вторых, происходит дифференциация самой инженерной деятельности — обособляются сначала изобретение и конструирование, а затем и инженерное проектирование. В сферу инженерной деятельности попадает также организация производства и даже операторская деятельность. Конструирование, проектирование, изобретение, организация производства, испытание, отладка и другие ее виды стали осуществляться различными специалистами. Появились и новые отрасли производства и инженерной деятельности — кроме машиностроения, уже достаточно развитого к этому времени, электротехника и радиотехника, а затем химическая технология. Глубокая дифференциация инженерной деятельности, в свою очередь, вызвала к жизни противоположный ей процесс — интеграцию. В середине XX в. уже ставится проблема объединения различных специалистов в один коллектив, решающий общую инженерную задачу.

Одной из первых областей, в которой проявились эти процессы, была радиоэлектроника. После второй мировой войны ее связь со смежными отраслями техники стала более тесной. В создании радиоаппаратуры, кроме специалистов по радиоэлектронике, участвовали металлурги, химики, математики, физики. В то же время происходило дальнейшее отделение инженерных работ от вспомогательных, проектировщиков от конструкторов и технологов, а также развитие инженерных исследований в более тесной кооперации с учеными различных специальностей, занимающимися фундаментальными исследованиями. Для управления такими коллективами нужны были новые методы руководства и особые специалисты, его осуществляющие.

Системотехника возникла после второй мировой войны в результате усложнения процесса инженерного проектирования, необходимости его рациональной и научной

организации. На современном этапе научно-технической революции над созданием только проектов (даже без их практической реализации) коммуникационных, ирригационных, энергетических систем, градостроительных и производственных комплексов, автоматизированных систем управления (АСУ) отраслями промышленности, предприятиями и технологическими процессами трудится целая сеть институтов, сотни высококвалифицированных специалистов. Основное значение системотехники и заключается в повышении эффективности инженерного труда, который реализуется большими коллективами специалистов различного профиля. Во многих отраслях народного хозяйства появляются особые подразделения, обеспечивающие управление этими коллективами.

В ходе научно-технической революции не только произошло усложнение инженерной деятельности, но и ее объект стал принципиально иным. Объект системотехнической деятельности — сложная система*. Сложность объекта системотехники обусловлена, во-первых, переходом от простого объекта к составному и, во-вторых, от анализа его частей к анализу целого. Такой переход вызван в значительной степени все возрастающей специализацией и необходимостью координации разных видов инженерной деятельности, включенных в разработку сложной системы и направленных на создание единого проекта.

* Понятие «сложная система» (иногда «большая система») в настоящее время является общепринятым для обозначения объекта системотехники. Однако, во-первых, системный подход предполагает рассмотрение любых объектов как сложных и в этом смысле система — всегда сложный объект. Во-вторых, сложной системой можно называть самые различные объекты исследования (организмы, социальные системы и т. д.), а не только объект системотехнической деятельности. Мы далее будем употреблять его как синоним понятий «сложный инженерный объект» и «инженерная система», подчеркивая тем самым, что это — объект именно инженерной, в частности системотехнической, деятельности (а не технической деятельности или какой-либо отдельной технической науки). Кроме того, для того чтобы отличить сложную систему как объект системного исследования и проектирования (системный объект) от ее системного представления, мы иногда будем употреблять для обозначения первого термин «инженерный объект» или «сложный инженерный объект», а второго — «система», «системное представление» (т. е. представление инженерного объекта как системы). В известном смысле такое различие соответствует общепринятым в современной методологии науки понятиям объекта и предмета исследования (в данном случае системного исследования).

Сложность современных инженерных систем заключается не столько в увеличении числа, сколько в разнообразии и неоднородности компонентов, связей между ними.

Исторически объект системотехники первоначально рассматривался в узкотехническом аспекте — как машина. Правда, речь шла скорее не об одной машине, а о комплексе машин. Однако на современном этапе ее развития человеческие компоненты признаются решающими и даже ведущими. Сегодня уже проектируют не машины, а системы, которые включают машины и людей-операторов. Системотехника превращается в анализ сложных «человеко-машинных» систем. Иногда человеческие компоненты таких систем рассматривались односторонне, только с позиций машины. В этом случае производилось сравнение «характеристик» человека и машины, таких, как мощность, скорость, надежность при перегрузках и т. д. Человек как бы уподоблялся машине. Но очень скоро пришлось признать, что их «параметры» просто не сопоставимы. Деятельность человека нельзя оценивать в технических терминах, а машину рассматривать как «модель» человека. Современные электронно-вычислительные машины (ЭВМ), различные роботы, системы автоматического управления и т. д. включаются в человеческую деятельность, служат ее целям, замещают, но не копируют ее. Например, для внедрения АСУ необходима перестройка, реорганизация всей хозяйственной деятельности предприятия (введение новой системы отчетности, новых показателей, иного порядка прохождения заказа, расчета потребности в изделиях и оценки эффективности конечного продукта), а не автоматизация существующих рутинных процедур человеческой деятельности путем замены их машинами. Здесь открываются новые возможности и одновременно ограничения, обусловленные достигнутым уровнем развития техники. Кроме того, не все виды деятельности целесообразно автоматизировать, поскольку в некоторых случаях это ведет к отрицательным результатам.

Сложность человеко-машинных систем возрастает с развитием вычислительной техники. Сегодня ЭВМ используются не просто как усилитель вычислительных способностей человека. Совершенствование программного обеспечения и периферийного оборудования, возможности межмашинного обмена информацией и создание еди-

ной системы ЭВМ позволяют говорить о новом стиле использования вычислительной техники в режиме диалога человека и машины. Таким образом, ЭВМ как бы включается в человеческую деятельность, существенно преобразуя ее, открывая для нее новые возможности. В этом и заключается сущность нового деятельностного подхода к человеко-машинным системам, рассматриваемым в системотехнике и как продукт, и как «заместитель» человеческой деятельности.

Специфика объектов системотехнической деятельности выражается также в том, что при их проектировании необходимо учитывать окружающую среду, рассматриваемую как внешний элемент системы. Важно отметить, что окружающая среда включает в себя не только природу, но и экономическую, социальную и т. п. среду, в которой функционирует и на которую влияет современная техника. «Окружение включает состояние технологии, другие системы, с которыми должна быть согласована данная, экономические факторы и, наконец, потребности...» [91, с. 23]. Охрана окружающей среды признается сегодня одним из важнейших факторов общественной жизни, производственной, научной и инженерной деятельности. В нашей стране изданы и издаются законы, в частности, об оценке деятельности предприятий и внедряемых проектов с точки зрения их влияния на окружающую среду.

Таким образом, объект системотехники представляет собой человеко-машинную систему, состоящую из разнородных элементов и связей, включая и окружающую среду. Увеличение разнородности элементов и связей стимулировало проведение и применение результатов исследований, которые раньше не включались в сферу инженерной деятельности. В системотехнике используется самый широкий спектр научных и технических знаний — от прикладных дисциплин до общественных наук. Этим системотехника также отличается от традиционной инженерной деятельности, которая ориентировалась, как правило, на какую-либо одну «базовую» техническую науку (например, теорию механизмов и машин или теоретическую радиотехнику). В системотехнике научные исследования используются не в полном объеме, а только в определенных разделах, имеющих для нее наиболее важное значение, с некоторой их модификацией применительно к решению системотехнических задач. Эти задачи в свою

очередь стимулируют развитие особых разделов, разработку специфических проблем и получение в них новых знаний. Сами традиционные научные дисциплины в рамках системотехники приобретают новый способ существования и развития, испытывая воздействие инженерных требований. Это вполне закономерно, поскольку к решению системотехнических проблем привлекаются ведущие ученые самых различных научных дисциплин.

Объем знаний, используемых современным инженером, существенно увеличился. Сфера инженерной деятельности в системотехнике все более и более расширяется. В нее включается большая группа разнородных знаний, методик, предписаний. Разнородность теоретических методов, «необходимых для отображения данной сложной системы», выражает те трудности и ограничения в ее «адекватном отображении, с которыми мы сталкиваемся в данных условиях познания» [38, с. 219]. Существующие средства теоретического описания целостности оказываются неэффективными, и сложность выступает как стимул для поиска новых средств. Производится разработка нового знания, специально предназначенного для обслуживания системотехнической деятельности и описания сложной системы в целом.

Однако, хотя на первый взгляд главной задачей здесь является синтез разнородных знаний, теоретических представлений и методов, в основе такого синтеза лежит сложная задача координации, согласования, управления и организации различных деятельностей, направленных на решение определенной комплексной научно-технической проблемы. Поэтому объектом исследования системотехники будет уже не традиционный инженерный объект, хотя и достаточно сложный, а качественно новый «деятельностный» объект, который состоит из двух частей. Во-первых, объектом исследования и организации в системотехнике становится деятельность, направленная на создание и обеспечение функционирования сложного инженерного объекта, и, во-вторых, сам созданный объект не только включается в человеческую деятельность, удовлетворяя определенную потребность, но и замещает собой эту деятельность. Например, АСУ создается на основе реорганизации и оптимизации человеческой деятельности, отдельные части которой могут быть машинизированы, т. е. алгоритмически описаны и включены в проект ее поэтапной автоматизации.

Что же такое системотехника? Она может быть рассмотрена и как техническая наука, и как отрасль техники, и как научно-техническая деятельность. В соответствии с этим в настоящее время существует множество определений системотехники. Многие авторы рассматривают ее как отрасль техники, планирование, проектирование, конструирование и эксплуатацию сложных систем (например, [114]). При этом подчеркивается направленность данной деятельности на систему в целом, а не на отдельные входящие в нее устройства. Системотехнику определяют и как техническую науку об общих закономерностях создания, совершенствования и использования технических систем, требующих системного подхода к задачам анализа и синтеза [51]. Ее проблемы являются комплексными и находятся на стыке научных и технических дисциплин. Она позволяет устранить разрыв между исследованием и проектированием, который существует при традиционных методах работы. Системотехника — это «широкая сфера, игнорирующая границы, которые разделяют различные академические дисциплины, которые отделяют исследование от инженерной работы...» [113, р. 113].

В множестве определений системотехники можно, однако, выделить общее. При этом необходимо учитывать, что системотехника многогранна и поэтому ее определение будет носить комплексный характер. Системотехника представляет собой:

1) *сферу деятельности*, выделившуюся из традиционной инженерной практики и направленную на организацию процесса создания, использования и развития сложных инженерных систем (т. е. стыковку проектных задач и кооперацию специалистов различных профилей, решающих эти задачи), обеспечение интеграции частей системы в единое целое;

2) *область знания*, комплексную научно-техническую дисциплину, объединяющую средства, методы, принципы анализа и организации инженерной деятельности; средства, методы, приемы и процедуры проектирования и исследования сложных инженерных систем; знания, средства и методы современных математических, технических, естественнонаучных и общественных дисциплин, используемых для исследования и проектирования сложных систем и организации инженерной деятельности;

3) *конкретно-методологическую позицию*, связанную

с целостным рассмотрением инженерной системы, процесса ее исследования, проектирования, создания и развития, а также с использованием идей кибернетики и системного подхода.

Такое комплексное понимание системотехники и будет использоваться нами при ее анализе.

Термин «системотехника» (от англ. Systems Engineering) стал применяться сравнительно недавно — в начале 50-х годов [68, 91, 122], хотя первые шаги в этом направлении были сделаны еще в 30-х годах. В США они были связаны с корпорацией «Белловские телефонные лаборатории». В СССР это направление развивалось в исследованиях по комплексной автоматизации производства. Правда, данный период относится скорее к предистории системотехники (подробнее см. предисловия Г. Н. Поварова к книгам [21, 91]).

Системотехника как особая область научно-технического знания и инженерной деятельности имеет более чем 30-летнюю историю, в которой можно выделить два основных периода. Первый — от последних лет второй мировой войны до 50-х годов — характеризуется интенсивным развитием системотехники как сферы инженерной деятельности. В это время создаются первые крупные системотехнические проекты (противовоздушной обороны, ирригационных систем и т. д.) и особые системотехнические группы, задачей которых является организация разработки этих проектов.

Во второй период — примерно с 1953 г. и до настоящего времени — происходит становление системотехники как области научно-технического знания. Выходят в свет статьи, справочники, монографии и учебники, количество которых постоянно растет. Эти работы, как правило, носят междисциплинарный характер — публикуются работы специалистов самых разных областей науки и техники. Каждый из них по-своему трактует содержание и смысл системотехники, однако всех их объединяет признание системного подхода ее общей методологической основой. В этих работах в той или иной мере затрагиваются методологические вопросы.

Второй период развития системотехники представляет особый интерес для методологического анализа. В нем можно условно выделить следующие этапы:

1953—1959 гг. — Публикуются первые статьи и проводятся первые обсуждения методов системотехники и ее статуса*. Вводится сам термин «системотехника». Появляются первые курсы по этой дисциплине в вузах (в 1953 и 1959 гг.) [126, 129]. В 1957 г. выходит первая монография Г. Х. Гуда и Р. Э. Макола. В том же году в американском библиографическом издании «Engineering Index» вводится графа «Системотехника».

* Американским обществом радиоинженеров изданы специальные труды конференций («Convention Record IRE», pt. 6, 1953 и 1955) и сборники «Trans. IRE», 1954, v. PGEM-2, Nov.; 1955, v. PGEM-3, March (см. [68]), а также: «IRE National Convention Record», 1958, v. 6, pt. 4; «Instruments and Automation», 1958, v. 13, № 1.

1960—1963 гг. — В 1960 г. появляется статья «Системотехника» в «Энциклопедии по науке и технике» (Encyclopedia Science and Technology. — N. Y.: McGraw-Hill, 1960, v. 13). Проведены три конференции по системотехнике (1960, 1961, 1962 гг.) и изданы их материалы [112, 121, 124]. Выпущено пять монографий (в основном в 1962 г.). Объем литературы по методологическим вопросам системотехники увеличился в два раза по сравнению с первым этапом.

1964—1968 гг. — В 1965 г. выходит первый номер журнала, специально посвященного проблемам системотехники*. С 1966 г. читатели графы «Системотехника» в «Engineering Index» не просто отсылаются к другим разделам издания, но им предлагается список специальных работ с краткой аннотацией. Выпущено 10 монографий (в 1965, 1966 и 1967 гг.).

1969—1973 гг. — Появилось столько же публикаций по методологии системотехники, сколько за все предыдущие этапы вместе взятые. Проведены семинары и конференции в нашей стране. Специальные курсы по системотехнике читаются во многих вузах страны. В 1970 г. организована кафедра системотехники в Московском энергетическом институте**. В том же году в Ленинграде состоялся I Всесоюзный симпозиум по проблемам системотехники.

С 1974 г. по настоящее время. — Характеризуется более детальной разработкой отдельных средств и методов системотехники, ее проникновением в смежные области (например, медицинская системотехника). Осуществляется дальнейшая разработка теоретических основ системотехники, прежде всего в плане так называемого структурного анализа сложных систем [49]. Именно в этот период формируется зона дисциплинарных хрестоматий, учебных пособий и научно-популярных изданий (академического типа). Достаточно отметить, что с 1974 г. только в Советском Союзе опубликовано более 30 монографий по системотехнике, из них больше половины учебников. Таким образом, можно считать, что постепенно завершается формирование системотехники как особой самостоятельной научно-технической дисциплины.

Рассмотрение этапов становления системотехники показывает, что она является развивающейся областью. Свидетельством этого является постоянный рост*** числа публикаций по системотехнике, а также элементарная статистика, показывающая расширение круга ученых, исследующих различные аспекты данной проблематики. Если в работе I Всесоюзного симпозиума по проблемам системотехники (1970 г.) участвовало 200 человек из пяти горо-

* IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics, 1965, № 1 (с 1971 г. переименован в «IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics»). С 1969 г. в Великобритании начинает издаваться «Journal of Systems Engineering». См. также отдельные статьи в «Journal of Engineering Education».

** О подготовке инженеров-системотехников в нашей стране см. статьи Г. Н. Поварова в [58] и Ф. Е. Темникова в [13].

*** См. библиографические издания «Cumulative Index Books, Engineering Index», «Applied Science and Technology Index», а также каталоги Всесоюзной Государственной библиотеки им. Ленина, Центральной политехнической библиотеки и Государственной публичной научно-технической библиотеки СССР.

дов Советского Союза и было представлено всего 30 докладов, то в работе IV Всесоюзного симпозиума (январь 1978 г.) — уже 500 ученых из 7 республик и 26 городов и прослушано 180 докладов и сообщений [10, 66].

Все вышеприведенные данные позволяют сделать вывод, что на современном этапе развития системотехника уже переросла рамки не только отдельного исследовательского направления, но и области исследования. Системотехника сегодня обладает всеми параметрами научной дисциплины: имеет особую профессиональную организацию (лаборатории, отделы, кафедры, научно-исследовательские институты, ученые советы и т. д.), налаженную систему научной коммуникации (выпуск специального журнала, наличие учебника и монографий, проведение регулярных семинаров, конференций и т. д.), собственную систему подготовки кадров (курсы и кафедры в высших учебных заведениях). Научная дисциплина должна иметь, кроме того, четко выраженный теоретический уровень и специально приспособленный математический аппарат. В составе образующего ее научного сообщества должны быть исследователи, занимающиеся развитием самой этой дисциплины (т. е. финансируется не только прикладной результат, но и вклад в развитие дисциплины) [45].

Однако системотехника представляет собой научную дисциплину особого типа. Прежде всего, она является одной из научно-технических дисциплин, которые возникли и функционируют на стыке научной и инженерной деятельности, обеспечивая эффективную их взаимосвязь. Особенность финансирования и организации управления в этих дисциплинах заключается в том, что они осуществляются не только в академических, но и в отраслевых институтах, в них используется как бюджетная, так и договорная форма финансирования. В сферу научно-технической дисциплины вовлечены в большей или меньшей степени академические институты и проблемные лаборатории, отраслевые НИИ и отраслевые лаборатории вузов, научно-исследовательские лаборатории промышленных предприятий, конструкторских бюро и объединений. При этом не все работы выполняются по заказам, часть научных исследований проводится инициативно за счет других тем. В то же время имеют место специально финансируемые исследования, направленные на развитие дисциплины, система подготовки кадров, периодические издания и т. д.

В научно-технических дисциплинах помимо публикаций и конференций важную роль играют научно-технические отчеты, патенты, изобретения, методические рекомендации, участие в проектных работах, рабочие совещания и т. д.

Системотехника, кроме того, в отличие от классических научно-технических дисциплин (например, радиотехники и прикладной механики или электротехники) формируется «неклассическим» способом: в ней нет ориентации на базовую естественнонаучную дисциплину как образец проведения научного исследования. Как правило, сначала имеет место достаточно общий конкретно-методологический подход с «универсальной» сферой применения, которая постепенно специализируется относительно определенной проблемной области (комплексной научно-технической проблемы). Исходным в данном случае является широкое научное движение, результатом которого может быть появление новой научной дисциплины. Особенность неклассического пути заключается в том, что для решения комплексных научно-технических проблем привлекаются в принципе любые научные дисциплины, теории, знания и методы (а не только базовая теория), которые в перспективе синтезируются на общей конкретно-методологической основе в единую теоретическую систему научно-технической дисциплины. Они, конечно, соответствующим образом перерабатываются и переосмысливаются. Наконец, разрабатываются новые специфические методы и теоретические средства исследования, позволяющие наиболее эффективно решать стоящие перед данной научно-технической дисциплиной задачи. Именно такой дисциплиной и является системотехника.

Для того чтобы лучше понять значение системотехники и ее отличие от традиционной инженерной и научной деятельности, необходимо перечислить те задачи, которые ею решаются:

подготовка информации для принятия руководством научно обоснованных решений по управлению процессом создания сложной системы;

формулировка общей программы разработок как основы для взаимной увязки проектов отдельных подсистем;

стыковка проектных задач и координация специалистов, решающих эти задачи, обеспечение интеграции системы в единое целое;