

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

УДК 621.317.0

К. Б. КАРАНДЕЕВ, М. А. РОЗОВ
(Новосибирск)

О МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМАХ АВТОМЕТРИИ*

ПРИРОДА И ЗНАЧЕНИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

Методологические проблемы той или иной науки — это проблемы, связанные с выяснением природы науки, с осознанием закономерностей ее функционирования и развития. К их числу следует отнести вопрос о том, что исследуется и на каком эмпирическом материале, каковы основные аспекты исследования и их соотношение друг с другом, каковы методы, приемы, средства, используемые в ходе исследования, каков характер продукта и принципы его организации и т. д.

Необходимо подчеркнуть своеобразный характер этих проблем. Представитель той или иной конкретной области знания занимается исследованием определенной объективной действительности некоторого объекта. Его задача — получение знаний об объекте, разработка соответствующей теории. Для этого у него имеется набор специализированных средств и методов, которые частично формировались в рамках его собственной дисциплины, частично являются продуктом развития других наук, таких, как математика или теория измерений.

При постановке методологических проблем ученый попадает в очень своеобразное положение. Он вынужден иметь дело не с объектом своей науки, а со своей собственной деятельностью, т. е. с объектом совершенно иного характера. Если раньше, например, его интересовали некоторые явления природы, то теперь он должен выяснить строение и закономерности развития науки об этих явлениях. Для этого, вообще говоря, не пригодны те средства и методы, которыми он пользовался раньше. Средства и методы такого анализа должна дать особая дисциплина, научная методология, которая, к сожалению, в настоящее время разработана далеко не достаточно.

Но нужна ли, и если нужна, то зачем, постановка методологических вопросов? Каково их значение в развитии науки?

В общем плане можно сказать, что решение методологических проблем необходимо для организации познавательной деятельности и управления ею. Эти проблемы постоянно и неизбежно возникают в ходе организации и планирования науки в целом. Они связаны здесь с выяснением взаимоотношений между отдельными научными дисциплинами, с разработкой критериев для оценки и выбора наук [1]. Они играют нередко очень существенную роль в ходе формирования отдельных науч-

* Материал доложен на VIII Всесоюзной конференции по автоматическому контролю и методам электрических измерений в сентябре 1966 года в Новосибирске.

ных направлений и в работе отдельных научных групп и, наконец, в деятельности отдельного человека, отдельного исследователя.

Приведем конкретный пример. Наше время — время функционирования больших научных коллективов, иногда очень разнородных и включающих в себя людей разных специальностей. В работе таких коллективов нередко складывается следующая ситуация. Имеется некоторая научная область A и некоторая пересекающаяся с ней научная область B . На пересечении этих областей есть задача S_1 , которая требует для своего решения усилий специалистов обеих областей. Иногда после долгих поисков общего языка они успешно решают эту задачу. Однако свою дальнейшую работу они, как правило, понимают по-разному, так как специалист в области A обобщает исходную задачу в задачу S_2 в своей области, а специалист B — в задачу S_3 в своей области. Задачи эти часто являются узкоспециальными и не представляют общего интереса.

Почему это происходит? Вероятно, потому, что каждый из указанных специалистов исходит в своей деятельности из некоторого представления о том, что он должен получить, из некоторого представления о продукте. Иначе говоря, каждый из них имеет проект того научного здания, которое он собирается строить, но проекты эти существенно отличаются друг от друга. Очевидно, что организация совместной работы, работы научного коллектива требует согласования этих проектов, требует построения нового, общего проекта. Здесь, однако, мы сталкиваемся с существенной трудностью, состоящей в том, что эти проекты чаще всего нигде не получают своего четкого выражения, они не представлены вне сознания отдельных индивидов как объекты, с которыми можно работать. Речь может идти только о некоторых нормативных представлениях, которые стихийно формируются в недрах любой науки и стихийно передаются от одного специалиста к другому. Поэтому построение и согласование указанных проектов требует специального анализа науки, т. е. постановки и решения методологических проблем.

ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Одна из важнейших таких проблем — проблема выявления и построения предмета исследования той или иной научной дисциплины.

Нередко имеет место следующая ситуация. В некоторой области начинают быстро развиваться исследования, появляются первые результаты и первые публикации, и интуитивно ясно, что речь идет о формировании нового научного направления. Эта интуиция, однако, отнюдь не достаточна для организации дальнейшей работы. Организационно оформить новое направление — значит прежде всего четко ответить на вопрос, что именно исследуется, какими методами и с точки зрения каких задач. Это и есть проблема определения предмета исследования. Не случайно поэтому вопрос о предмете исследования очень часто составляет сейчас основное содержание многих научных дискуссий и имеет довольно большой удельный вес в работе многих научных коллективов. Этот вопрос приобретает сейчас особое значение и в области автометрии, новой научной дисциплины, находящейся еще на стадии своего формирования.

В ходе развития автометрии возникает целый ряд методологических вопросов. Они связаны с определением исходных понятий, с анализом логического строения новой дисциплины, с выяснением ее места в систе-

ме наук и взаимоотношений с другими близкими дисциплинами. Однако основным и наиболее важным является именно вопрос о предмете исследования, так как от его решения зависит решение и всех остальных

Определить предмет исследования — значит указать, на каком предмете исследователь и на каком эмпирическом материале, какие задачи он подходит к объекту и что именно его интересует. Это значит, что четкое и полное определение предмета исследования фактически равносильно построению плана развития соответствующей области знания, выделению отдельных ее аспектов и классификации основных задач. Значение такой работы трудно переоценить, однако ее методика, к сожалению, совершенно не разработана, и часто при характеристике предмета тех или иных дисциплин допускаются существенные неточности.

В основном неточности сводятся к следующему: 1) определение бывает неполным: либо указывается объект изучения, но нет указания на характер задач, которые при этом ставятся, т. е. неясно, с какой именно стороны исследуется объект, либо есть перечисление задач без указания на объект и характер эмпирического материала; 2) нередко, особенно в тех областях, где еще недостаточно развиты теоретические исследования, задачи науки понимают слишком широко, смешивая науку подчас с практической деятельностью вообще.

Приведем несколько примеров такого неправильного с точки зрения методики подхода к определению предмета исследования. Примеры типичны и могут быть поучительными.

Начнем с определения бионики, данного в [4]: «...бионика — это наука о системах, синтезирующих биологические и технические принципы, или более развернуто — это наука об условиях и методах синтеза искусственных систем и процессов, включающих в себя как биологические, так и технические системы или принципы».

Здесь имеет место довольно часто встречающееся смешение объекта и задач исследования. Можно определить некоторую науку как науку о системах, объединяющих технические и биологические принципы, ставящую перед собой задачу разработки методов синтеза этих систем. Можно определить ее как науку об условиях и методах синтеза систем. Это, однако, будут совершенно разные определения, определения двух существенно разных научных дисциплин. В одном случае это будет дисциплина, изучающая определенный класс систем в качестве своего объекта и выдающая методы синтеза в качестве продукта. В другом случае объектом исследования становятся уже самый синтез и методы синтеза, а характер продукта вообще не указывается. Неточность приведенного определения — это не случайная оговорка автора. Очень часто выяснение предмета исследования подменяют указанием на задачи или на характер практического использования результатов. Такая информация, будучи несомненно важной сама по себе, недостаточна для определения предмета науки. Нельзя поэтому, например, определить предмет технической диагностики таким образом: техническая диагностика — научная дисциплина, разрабатывающая методы анализа и синтеза диагностических систем. Такая формулировка — не определение предмета.

Другой пример неправильного подхода — определение метрологии в известном курсе М. Ф. Маликова [5]: «Метрология есть учение об единицах и эталонах. ...Главнейшие ее задачи составляют: установление единиц и воспроизведение их в виде конкретных эталонов, разработка вопросов методологии точных измерений и их осуществления при помощи технических средств (меры и измерительные приборы) и решение вопросов точности измерений». Здесь явно смешивается определение метрологии как научной дисциплины с определением ее как сферы практической деятельности. Продукт науки — система знаний. Поэтому нельзя при перечислении ее задач указывать и такие, как воспроизведение эталонов. Конечно, нельзя отрывать друг от друга науку и практику, тем более в области технических наук. Наука и практика неразрывно связаны. Однако для понимания этого единства их надо прежде всего не смешивать. Наука может существовать и, как правило, существует в рамках некоторой более широкой сферы деятельности, но это никак не означает, что ее задачи и результаты совпадают с задачами и результатами этой деятельности в целом. Такое утверждение было бы отрицанием науки. Для понимания предмета и задач науки ее надо выделить и обособить в качестве особого звена этой деятельности независимо от того, нашло это уже выражение в реальном разделении труда или нет.

Если наука существует в рамках некоторой сферы деятельности A , то ее задача состоит в разработке некоторой системы знаний, которая непосредственно или опосредствованно функционирует как блок управления деятельностью A . Поэтому нельзя считать, что задачей той или иной технической дисциплины, если это научная дисциплина, является построение конкретных технических систем. Это уже сфера приложений. Причем это не следует смешивать, как уже было сказано, с принципами и фактами реального разделения труда. Иначе говоря, это еще не противоречит объединению и научной и конкретно-инженерной деятельности в рамках одного коллектива или даже в пределах деятельности одного человека.

ПРЕДМЕТ АВТОМЕТРИИ КАК НАУЧНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Перейдем теперь непосредственно к рассмотрению некоторых принципиальных вопросов, связанных с определением предмета автометрии как научной дисциплины.

Появление такого научного направления, как автометрия, а в его существовании сейчас уже нельзя сомневаться, было подготовлено, вероятно, двумя основными факторами. Во-первых, это развитие электрических методов измерений, развитие электрометрии, что привело к известной унификации всех измерительных устройств и процедур и явилось, таким образом, объективной предпосылкой построения общей технической теории измерений. Появилась возможность общего и в достаточной степени необедненного подхода к описанию различных измерительных устройств и методов измерений. Во-вторых, это появление и развитие сложных систем, предназначенных для автоматического сбора и переработки информации. Это так называемые измерительные информационные системы (ИИС), к числу которых можно отнести как системы чисто измерительные, так и системы автоконтроля и технической диагностики [6]. Общее определение ИИС можно сформулировать следующим образом: это сложные системы, предназначенные для автоматического получения информации непосредственно от объекта путем измерения, более или менее сложной переработки информации и выда-

чи ее в форме некоторой совокупности именованных чисел, высказываний, графиков или таблиц, отражающих состояние объекта [7]. Разработка таких систем потребовала новых принципов подхода и новых методов, характерных для анализа сложных кибернетических систем вообще. В этой связи и возникли задачи использования в измерительной технике методов теории информации, теории игр и статистических решений, математической логики и т. д.

Что же является объектом исследования автотриии как особой научной дисциплины?

Здесь возможны, вообще говоря, различные подходы и различные понимания. Казалось бы, естественно рассматривать в качестве объекта исследования автотриии измерительные информационные системы (ИИС). Однако легко убедиться, что в такой дисциплине, как техническая диагностика, которая очень близка к автотриии и, вероятно, является одним из ее разделов, с самого начала сформировался другой подход. В качестве объекта исследования там рассматриваются не диагностические системы, а системы, выступающие как объекты диагностики. В частности, например, там ставится задача построения и изучения моделей объектов диагностики [7, 8]. Вопрос о различии подходов и о причинах, обуславливающих существование различных подходов, заслуживает особого обсуждения.

В настоящее время мы придерживаемся первого из указанных подходов. С этой точки зрения автотриию можно рассматривать как научную дисциплину, изучающую измерительные информационные системы с целью разработки методов анализа и синтеза этих систем.

Более детальная характеристика предмета исследования этой дисциплины предполагает выделение отдельных ее аспектов, для каждого из которых характерны свои особые задачи и свой особый эмпирический материал. Автотриия представляет собой продукт применения к анализу ИИС методов и средств разных математических и технических дисциплин. К числу задач автотриии можно отнести разработку методов и критериев оценки систем с точки зрения их точности, быстродействия, надежности и т. д., разработку оптимальных алгоритмов измерения, контроля и диагностики, исследование энергетических аспектов функционирования ИИС. В качестве дисциплин, методы которых непосредственно используются, можно назвать математическую статистику и теорию информации, теорию измерительных цепей, теорию надежности и т. д. Естественно возникает вопрос о принципах организации и упорядочения многообразия сторон и аспектов исследования. Это очень важно для успешного развития всего направления в целом, для осуществления конкретного руководства и координации усилий, для стандартизации и классификации научной продукции и т. п. Такая работа до сих пор не проделана, и очевидно, что она связана со значительными трудностями.

В ходе такой работы надо четко выделять различные, иногда очень близкие аспекты научной и инженерной деятельности, смешение которых может привести к полному непониманию исследуемой науки. Останемся на некоторых из них.

Первое — это исследование конкретных систем и исследование их математических моделей. ИИС можно исследовать с точки зрения их функционирования и с точки зрения их структуры. Это, вероятно, два основных аспекта автотриии. Каждый из них, в свою очередь, включает в себя, с одной стороны, исследование и описание функций и строения конкретных систем с целью получения некоторой исходной информации и разработки, если это возможно и нужно, соответствующих ма-

тематических моделей, с другой стороны — анализ этих моделей с целью построения оптимальных в определенном заданном смысле процедур получения и переработки информации, методов расчета надежности и т. д. Предмет исследования приобретает благодаря этому некоторую «двухэтажную» структуру, характерную вообще для большого числа дисциплин.

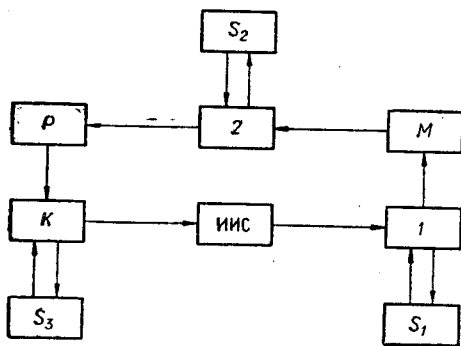
Второе — это конкретно-прикладной и общетеоретический подходы к исследованию ИИС.

К разработке всех выделенных задач можно подходить с двух различных позиций: 1) конкретно-прикладной и 2) общетеоретической. Это не противоречит ранее выделенным аспектам, так как каждый из них допускает и предполагает наличие обоих подходов. Так, например, говоря об эмпирическом исследовании систем измерения, контроля или диагностики, можно иметь в виду описание тех или иных конкретных технических систем, т. е. решение таких задач, как изучение функционирования системы, выделение ее элементов и связей между ними и т. д. в применении к данному техническому устройству. Это и есть конкретно-прикладной подход к анализу систем. Суть общетеоретического подхода состоит в том, что решаются не конкретные задачи, а разрабатываются средства и методы их решения. Продуктом такой разработки будет не описание той или иной системы, а, например, общая схема и принципы такого описания, совокупность указаний, что и как надо описывать, на какие факторы следует обращать внимание и т. д. Аналогичным образом можно выделить эти же два подхода и при исследовании построенных математических моделей. В данном случае речь идет либо об исследовании моделей конкретных систем с целью получения практических рекомендаций, либо об исследовании абстрактных моделей, соответствующих целым классам объектов, и о разработке математических методов анализа этих моделей.

Тесная связь прикладного и теоретического подходов совершенно очевидна. Теоретические разработки возможны только на базе обобщения большого опыта решения задач конкретно-прикладного характера. В свою очередь, они дают средства решения этих задач, поднимают прикладные исследования на более высокий уровень.

Третье — это аспект развития науки и аспект конкретной инженерной деятельности.

Об этом различии выше уже говорилось. И прикладной, и теоретический подходы к изучению систем — элементы научной познавательной деятельности. Их не следует смешивать с деятельностью построения и конструирования конкретных систем, хотя такие типы деятельности чаще всего



тесно друг с другом связаны, а иногда в конкретных ситуациях и трудно различимы. Все оговорки, которые здесь требуются, уже сделаны выше.

Соотношение указанных аспектов можно проиллюстрировать рисунком, где 1 и 2 — процедуры описания систем с целью построения их моделей и исследования моделей; M — модели систем; P — продукт исследования моделей; K — деятельность конструирования конкретных систем; S₁, S₂, S₃ — средства соответствующей деятельности.

И, наконец, еще одно существенное замечание. Выше автометрия была определена как дисциплина, изучающая информационные измерительные системы. Очевидно, однако, что нельзя ограничить ее задачами описания существующих систем. В такой же степени нельзя, например, бионику ограничить изучением реальных систем, объединяющих технические и биологические принципы. Более того, является спорным вопрос о том, существуют ли вообще реально сейчас такие системы. Мы сталкиваемся с интересной ситуацией, когда объект науки практически реально не существует. Однако странность этой ситуации только кажущаяся. На самом деле все дисциплины, стоящие на теоретическом этапе развития, изучают не некоторое множество реально существующих объектов, а все возможные объекты определенного типа [9]. Это предполагает наличие в составе познавательной деятельности еще особой «конструкторской» деятельности. Последнюю не следует смешивать с конструированием и построением конкретных систем. Примером проявления такой «конструкторской» деятельности может быть, скажем, тот факт, что теория чисел изучает все числа натурального ряда, а не отдельные числа, встречающиеся в практике измерений и вычислений. В такой же степени теория релейных устройств отнюдь не связана с тем, существуют реально те или иные устройства в виде конкретных технических реализаций или не существуют. Речь здесь идет, разумеется, не о построении конкретных систем, а о конструировании их моделей. Наука на определенном уровне развития начинает исследовать не сами объекты, а их знаковые, математические модели и получает возможность варьировать модели и создавать новые, не обращаясь уже непосредственно к исследованию реальных систем.

В создавшейся ситуации происходит резкое разделение объекта исследования, который существует только в форме некоторой модели, и эмпирического материала, который дан исследователю в его экспериментальной деятельности и без которого в конечном итоге невозможно было бы и построение модели. Модель становится основным объектом изучения, а эмпирический материал — средством построения и исследования модели. Это еще более усложняет картину строения науки и анализ предмета ее исследования. Такое усложнение необходимо иметь в виду и при анализе методологических проблем автометрии. Возникают новые проблемы, проблемы выявления и определения того эмпирического материала, которым мы оперируем, разработки методики построения моделей и т. д. На пути дальнейшего формирования и развития автометрии и теории измерений указанные проблемы обязательно должны найти свое разрешение.

Последнее относится и ко многим другим методологическим вопросам.

Выяснение предмета автометрии позволит начать работу по уточнению существующей терминологии. В уточнении нуждается целый ряд терминов: измерение, эксперимент, прибор, измерительная информация, измерительная информационная система и т. д. Представляет интерес вопрос о том, является ли с точки зрения автометрии измерение познавательным процессом, насколько правомерно использовать при анализе измерения антропоморфную терминологию [10].

Всякая область знания, которая находится на первых этапах своего развития, обычно представляет собой некоторый, иногда довольно хаотичный, набор задач и результатов, зафиксированных в форме отдельных статей. Возникает проблема выявления и задания структуры науки, задача построения ее как систематизированной научной дисциплины. Это обязательная составная часть работы при написании обобща-

ющих курсов в той или иной научной области. Особенностью классических курсов в любой науке обычно бывает то, что они задают некоторый стандарт изложения, некоторый образец логики своей науки.

Задача систематизации и организации знания назрела и в области автотметрии. Ее решение предполагает, с одной стороны, выяснение общих принципов организации знания, а с другой — анализ конкретного материала автотметрии с точки зрения этих принципов. Исследование предмета, основных задач и их соотношения, типов используемых моделей и их функций — все это является необходимым исходным этапом такой работы по организации знания.

И, наконец, одной из важных проблем, тоже связанных с задачами определения предмета исследования, является проблема выяснения конкретных соотношений и взаимосвязей автотметрии с другими научными дисциплинами, выяснение ее места в системе технических дисциплин.

Авторы далеки от того, чтобы ставить перед собой задачу решения, даже предварительного, указанных проблем. Опыт показывает, что такое решение никогда не приходит сразу и предмет науки обычно многократно уточняется и перестраивается в ходе ее исторического развития. Статья носит скорее постановочный характер. Цель ее — акцентировать внимание на ряде вопросов, обсуждение которых, как нам представляется, очень важно для дальнейшей работы в области автотметрии, для более четкой организации исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Э. М. Вейнберг. Критерии выбора наук. — Мир науки, 1965, № 2.
2. Г. П. Щедровицкий. Проблемы методологии системного исследования. М., «Знание», 1964.
3. М. А. Розов. Предмет исследования и некоторые закономерности его формирования и развития. — В сб. «Проблемы исследования систем и структур». М., 1965.
4. В. И. Белькевич, Э. Ю. Венде. Об определении предмета и метода бионики. — Бионика. М., «Наука», 1965.
5. М. Ф. Маликов. Основы метрологии. Изд-во Комитета по делам мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, 1949.
6. К. Б. Карандеев. Измерительные информационные системы и автоматика. — Вестник АН СССР, 1961, № 10.
7. В. И. Рабинович, М. А. Розов, Л. С. Тимонен. Предмет и задачи технической диагностики. — Автотметрия, 1965, № 1.
8. Брюле, Джонсон, Клетский. Отыскание неисправностей в технических устройствах. — Зарубежная радиоэлектроника, 1949, № 7.
9. У. Р. Эшби. Введение в кибернетику. М., Изд-во иностр. лит., 1959.
10. К. Б. Карандеев, В. И. Рабинович, М. П. Цапенко. К определению понятия измерения. — Измерительная техника, 1961, № 12.

*Поступила в редакцию
19 сентября 1966 г.*