

УДК 1:001(075.8)

ББК 87я73

С56

Рецензенты:

академик РАН А. А. Гусейнов;

чл.-корр. РАН Н. Т. Касавин;

д-р филос. наук, профессор В. М. Розин

Коллектив авторов:

д-р филос. наук В. В. Миронов — общая редакция и предисловие;

д-р филос. наук В. Я. Перминов (разд. 1, гл. 1.4,1.5,1.6); канд. физ.-мат. наук С. Я. Бычков (разд. 1, гл. 1.1,1.2); канд. физ.-мат. наук Е. А. Зайцев (разд. 1, гл. 1.3); д-р филос. наук Е. А. Матур (разд. 2, гл. 2.1 § 2.1.3); д-р филос. наук Л. Б. Баженков (разд. 2, гл. 2.1 § 2.1.1,2.1.4); канд. физ.-мат. наук С. Н. Коняев (разд. 2, гл. 2.1 § 2.1.6,2.1.7); д-р филос. наук Ю. В. Сачков (разд. 2, гл. 2.1 § 2.1.5); д-р филос. наук А. Ю. Севальников (разд. 2, гл. 2.1 § 2.1.2); д-р филос. наук В. В. Казютицкий (разд. 2, гл. 2.2); д-р филос. наук А. А. Печенкин (разд. 2, гл. 2.3); д-р филос. наук В. С. Лячи (разд. 2, гл. 2.4,2.5); д-р филос. наук И. К. Лисеев (разд. 2, гл. 2.6 § 2.6.1,2.6.4,2.6.5,2.6.9); д-р филос. наук В. Г. Борзенков (разд. 2, гл. 2.6 § 2.6.2,2.6.3); д-р филос. наук Э. В. Гирусов (разд. 2, гл. 2.6 § 2.6.6-2.6.8, 2.6.10); д-р филос. наук А. М. Анохин (разд. 2, гл. 2.7); д-р филос. наук В. Г. Горохов (разд. 3); д-р филос. наук Л. А. Михеичина (разд. 4, гл. 4.4-4.7,4.9,4.10,4.14 § 4.14.1—4.14.3); д-р филос. наук В. Г. Федотова (разд. 4, гл. 4.1-4.3,4.8,4.11-4.13,4.14 § 4.14.4.-4.14.8)

Современные философские проблемы естественных, технических и социально-гуманитарных наук : учебник для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук / под общ. ред. д-ра филос. наук, проф. В. В. Миронова. — М.: Гардарики, 2006. — 639 с.

ISBN 5-8297-0235-5 (в пер.)

Агентство СІР РГБ

Учебник для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук по философской части общенаучной дисциплины «История и философия науки». Подготовлен коллективом ведущих российских ученых в полном соответствии с новыми программами, утвержденными Министерством образования и науки РФ с одобрения Высшей аттестационной комиссии. Составляет единый блок с книгой «Философия науки. Общие проблемы» доктора философских наук, профессора, академика РАН В.С. Степина. При подготовке к экзамену соискатель использует книгу В.С. Степина и один из разделов данного учебника по своей специальности. В конце каждого раздела приведены вопросы для самопроверки, темы рефератов и необходимая литература.

УДК 1:001(075.8)

ББК 87я73

1

© «Гардарики», 2006

© Коллектив авторов, 2006

ISBN 5-8297-0235-5

ПРЕДИСЛОВИЕ

ФИЛОСОФИЯ КАК РАЦИОНАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ЗНАНИЕ И НАУКА

Вниманию читателей предлагается работа коллектива авторов, каждый из которых является крупным философом и специалистом в той или иной области философии науки. Выход данной книги весьма актуален и связан с введением в системе послевузовского образования на его высшей ступени нового предмета — «Философия и история науки», по которому предусмотрен обязательный для всех специальностей кандидатский экзамен. Мы не будем здесь касаться предыстории появления данного предмета, дискуссий по поводу того, нужна или не нужна философия в высшей системе образования, насколько новый предмет способен заменить общий курс философии для аспирантов. В данной книге коллектив авторов стремился показать органичную связь, всегда существовавшую и существующую между философией и конкретными науками, а также необходимость философского решения целого ряда проблем самой науки, которые выходят за рамки ее собственного предмета.

Связь между философией и конкретными науками имеет не только исторический аспект, обусловленный тем, что все науки вычленились из философии как особого типа протознания. Эта связь определяется прежде всего тем, что и науки, и философия являются сферами рациональной и доказательной духовной деятельности, ориентированными на достижение истины. Однако пути такого достижения истины неодинаковы, так как между наукой и философией имеется ряд серьезных различий.

Любая наука имеет дело с фиксированной предметной областью и никогда не претендует на формулировку универсальных закономерностей бытия. Так, физика открывает законы физической реальности; химия — химической, психология — психологической. При этом законы физики опосредствованно связаны с психической жизнью, а законы психической жизни, в свою очередь, не работают в сфере физических взаимодействий. В этом смысле истина в науке всегда опредмечена, и

ученый смотрит на мир как бы сквозь призму предмета данной науки, отвлекаясь от присущих объекту других свойств. Математика не будет интересоваться качественными характеристиками объекта, а социологу будут безразличны вес и рост людей как элементов некоей социальной системы. Это огромное преимущество наук, позволяющее им бесконечно распространять методы своего познания вглубь данного предмета, но одновременно это и их слабость, не позволяющая выносить универсальные суждения о бытии. Философия же, в отличие от науки, выносит именно универсальные суждения и стремится вскрыть метафизические законы всего мирового целого.

Другое отличие науки от философии заключается в том, что наука традиционно абстрагируется от проблемы ценностей и от вынесения ценностных суждений. Она ищет истину — то, что есть в самих вещах, не желая обсуждать, хорошим или плохим является то, что она находит. Иными словами, наука отвечает преимущественно на вопросы «почему?», «как?» и «откуда?», но предпочитает не задаваться метафизическими вопросами типа «зачем?» и «для чего?». Из философии, напротив, ценностная компонента знания неустраима. Претендуя на решение вечных проблем бытия, философия ориентирована не только на поиск истины как формы согласования мысли с бытием, но также на познание и утверждение ценностей как форм согласования бытия с человеческой мыслью. В самом деле, имея представления о добре, мы стараемся перестроить в соответствии с ними как свое собственное поведение, так и окружающие обстоятельства жизни. Зная, что в мире есть нечто прекрасное, и сформировав систему соответствующих идеальных представлений, мы творим в соответствии с ними прекрасное художественное произведение, изменяем в лучшую сторону социальную действительность или устраняем безобразные вещи. Таким образом, наука всегда оказывается неполна в описании бытия и лишь вместе с философией она дает наиболее общую картину мира.

Такая тесная взаимосвязь и ряд общих задач порождают два полюса (две крайности) отношения философии к науке. С одной стороны, философия пытается строить универсальные картины мира без опоры на данные науки, создавая «могучие» натурфилософские системы, которые часто на проверку оказываются спекуляциями, оторванными от действительности. С другой — философия часто идет вслед за конкретной наукой и отказывается от обсуждения метафизической (прежде всего, ценностной) проблематики, сосредоточиваясь исключительно на обобщении положительных фактов науки, что значительно обедняет философское исследование. Преодоление крайностей натурфилософии и позитивизма связано с творческим диалогом, который ведут между собой наука и философия. Это дает возможность наукам учитывать универсальные философские модели, как бы вписывая свои схемы объясне-

ния мира в общемировоззренческую проблематику, а философия, в свою очередь, необходимо учитывает теоретические и экспериментальные результаты, полученные в современных научных исследованиях, подтверждая тем самым философские рассуждения по тому или иному вопросу.

Но, кроме этой взаимосвязи, есть еще и сущностное родство между наукой и философией. Философия, выступая как теоретическое сознание, сама стремится быть наукой и по многим параметрам отвечает общенаучным критериям, которые, конечно, требуют серьезных уточнений.

Философия, при всех оговорках, является познавательной деятельностью, какой бы специфичной она ни казалась, поэтому результатом такой деятельности, как и в науке, выступает некая совокупность знаний. Более того, в определенной степени философия отвечает такому важному общему критерию научности, как принцип объективности. Однако относительно философии он требует соответствующих уточнений. Наука должна описывать объект таковым, каким он есть на самом деле, а результаты объективного познания должны быть общезначимыми, т.е. признаваться всеми.

Отвечает ли данному критерию философия? Ответ на этот вопрос очень сложен и связан с различным пониманием принципа объективности и его соотношения с истиной. Например, насколько верным будет критерий общезначимости? Да, безусловно, ряд научных истин ему отвечает и «2х2» для всех четыре. Но всегда ли это возможно в самой науке? Конечно, нет. Долгое время считали, что существует лишь евклидова геометрия, определенным образом описывающая мир, однако с развитием познания оказалось, что имеются и иные модели геометрий (Минковского, Лобачевского и т.д.).

Кроме того, принцип объективности формулируется в каждой науке и зависимости от ее предметной области. Но сама эта область может быть слишком узкой и описывать объективно лишь какую-то одну сторону предмета, объекта или явления. Можно ли считать такое узкое описание предмета в собственном смысле слова объективным описанием Объекта как такового, раскрытием его сущности? Удовлетворит ли нас определение человека как, например, совокупности механических рычагов, если нам необходимо построить инвалидную коляску, или, сведение человека только к протеканию в нем биологических процессов? Наконец, может ли сам по себе критерий объективности и общезначимости иметь прямое отношение к истине?

Принцип объективности относителен, и в философии объективность в 11м более требует серьезнейших уточнений. С одной стороны, философия исследует бытие как таковое, без его разделения на предметные общности, поэтому она претендует на всеобщность своих выводов. С другой — предельность исследуемых объектов и анализируемых проблем не

позволяет философии в каждом отдельном случае говорить о достижении некоей абсолютной объективности, как это возможно сделать в науках. Само различие, порой противоположность фундаментальных ходов философской мысли — лучшее подтверждение этого тезиса.

Более того, «наука вправе отбросить (или, говоря более мягко, на время отложить) исследование некоего феномена, если в ее арсенале нет соответствующих объективных методологических средств его познания. В противном случае исследуемый объект будет проинтерпретирован с помощью заведомо недостаточных средств и методов. Следовательно, выводы относительно данного объекта будут заведомо «искажены», или, иначе говоря, определены рамками предмета данной науки. Например, феномен веры может быть исследован любой наукой, но вряд ли математик достигнет здесь серьезных количественных результатов, а физик — удовлетворительного качественного объяснения. Безусловно, что уже более полно о природе веры скажет психолог или социолог. Но целостность такого феномена может описать лишь философия, которая не только сопоставит и обобщит результаты различных научных способов изучения феномена веры, но и попытается проникнуть в ее метафизическую (предельную) сущность. Именно последнее позволит выявить метафизическое значение веры в жизни человека, чего не в силах сделать ни одна наука.

И наконец, философия как высшая форма самосознания на уровне исследования предельных оснований знания может поставить под сомнение само понятие «критерий объективности» и показать, в частности, что оно подвержено сильным изменениям и что субъективный фактор в науках также полностью неустраним.

Следующий критерий, которому должно отвечать научное знание, — это критерий рациональной обоснованности, или доказательности. Безусловно, философия есть форма рационально-теоретического постижения бытия. Она является системой доказательного знания и выражается в рационально-понятийной системе, даже в своих самых иррационалистических вариантах. Но одновременно философия не сводит понятие рациональности только к научной рациональности и показывает, что черты рациональности можно обнаружить в любой форме сознания, так же как ценностно-мировоззренческие аспекты присущи не только религии или искусству.

Философия выступает как метадисциплина, которая как раз и исследует сочетание данных компонентов в разных формах знания и постижения бытия. Понятно, что в религии на первый план выходит момент ценности, веры, а рациональность отходит на второй план. В науках, напротив, на первом плане стоит рациональность, выраженная в форме научности, а ценностные аспекты являются вторичными. А вот в философии как раз осуществляется наиболее сбалансированный ва-

риант такого сочетания, причем ту или иную систему ценностей философия пытается рационально обосновать (в отличие от верующего человека), а рациональные построения и доказательства — сознательно развивать, исходя из каких-то общих ценностных представлений (в отличие от ученого). Знаменитый тезис Сократа «я знаю только то, что ничего не знаю» носит не рационально-познавательный, а ценностно-регулятивный характер.

Безусловно, что философия отвечает и критерию, связанному с нацеленностью на постижение сущности объекта (эссенциалистский критерий). Но и здесь имеются существенные отличия от наук. В науках постижение сущности осуществляется относительно «просто» — за счет сильного огрубления предмета, это всегда «концептуально препарированная» сущность, сущность в каком-то одном отношении. Для философа сущность — это понимание исследуемого объекта как такового, т.е. во всех его связях и опосредствованиях, хотя понятно, что абсолютного понимания сущности достичь нельзя.

Критерий проверяемости также часто называется в качестве основного для характеристики любой науки. Но и здесь все зависит от его трактовки. Если это чисто эмпирическая проверяемость, то большая масса наук — типа истории, психологии или филологии — его не выполняет. К тому же то, что не проверяемо сегодня, может оказаться проверяемым завтра. И допустимо ли с этих позиций вообще говорить о какой-то эмпирической проверяемости философских утверждений? Они ведь по определению носят бесконечный и универсальный характер и, значит, не могут быть ни подтверждены, ни опровергнуты ни в каком конечном опыте, который всегда конечен.

Таким образом, можно сделать вывод, что, с одной стороны, философия, безусловно, попадает под ряд научных критериев, и некоторые ее формы достаточно близко располагаются к наукам. С другой стороны, философия подвергается критическому анализу сами эти критерии, которые всегда оказываются узкими и представляют собой некоторую концепцию научного сообщества.

Философия — это специфическая разновидность рационально-теоретического познания, которая не подчиняется полностью ни одному критерию научности. Поскольку философия, в отличие от наук, исследует предельные характеристики бытия и знания, то она обосновывает саму себя и выступает онтологическим, гносеологическим и аксиологическим основанием для всех других наук, в частности, системно и критично осмысливая сами критерии научности. Естественно, что, стремясь к полноте самообоснования, к достижению научности как цели, философия в принципе никогда этой цели не достигает (хотя многие философы претендуют на это). Подобное достижение означало бы завершение философии как бесконечного стремления к знанию и истине.

Поэтому, хотя философия и стремится к своеобразной научности и строгости, она никогда их не достигает.

В качестве рационального знания, стремящегося к науке, философия имеет собственную область исследования, т.е. предмет. Сложность выделения собственного предмета философии была связана, во-первых, с тем, что в него долгое время включались знания о самых различных сторонах бытия, которые позже становились объектами специальных наук. Во-вторых, как уже отмечалось, в философии имеется огромное количество часто противоположных концепций, каждая из которых могла бы претендовать на единственно правильное понимание предмета философии. Несмотря на это и вопреки этому, мы используем термин «философия» относительно всех философских концепций, которые существовали ранее и существуют сейчас. Более того, достаточно четко, пусть даже на интуитивном уровне, мы можем различить философские и нефилософские знания.

Связующим стержнем философии выступает установка на решение предельных (вечных) проблем человеческого бытия в мире, значимых для всех времен и народов. Особенности же трактовки этих проблем в конкретных философских системах и в разные эпохи связаны лишь с углублением (и абсолютизацией) и разной их акцентировкой, когда на первый план выходят, например, когнитивные, онтологические, экзистенциальные или логические аспекты. Аналогично мы часто говорим о науке как таковой, хотя на самом деле имеем дело не с наукой вообще, а с конкретной наукой (биологией, физикой и т.д.), предметная сфера которой значительно уже и специфичнее ее общего понимания.

Таким образом, предельность (метафизичность) и всеобщность проблематики была характерна для всех этапов развития философии, что позволяет говорить о ее объектной стабильности. Все изменения происходили внутри философии, уточняя и дифференцируя ее предмет. Поэтому наряду с «отпадением» от философии ряда специальных дисциплин происходит процесс как бы «очищения» ее собственного предмета, который П.В. Алексеев удачно обозначил как процесс «предметного самоопределения философии».

Философия выступает как метафизический тип знания, т.е. как такая разновидность теоретического знания, которая исследует фундаментальные основы бытия, принципы его познания и основополагающие ценности, которыми руководствуется человек и человечество в целом. В этом смысле философия есть всегда учение о всеобщем, сфокусированном на Человека. Поэтому одна из целей философского знания (его антропологическая грань) — это выявление сущности и предназначения Человека в мире.

В этом плане философия всегда выступала как особый социокультурный феномен, форма которого зависела от конкретной исторической

М10ХИ и ее авторского переживания мыслителем. Философия отвечала на «запросы» эпохи, выступая самосознанием культуры. Поэтому, уточняя данные выше определения предмета философии, мы можем сказать, что она исследует фундаментальные, предельные основы бытия и человеческого отношения к бытию, преломленные через историческое соотношение индивида. Таким путем в ходе своей истории философия и создаст из мозаики идей и систем, философских умонастроений и переживаний общую картину мира, которая никогда не может быть дописана окончательно.

Важнейшей характеристикой философии как теоретического знания, направленного к науке, выступает метод, с помощью которого она реализует себя как форму теоретического познания. Проблема выделения общего для всех философских систем метода достаточно сложна.

Существует огромное количество философских концепций, которые ориентируются на то, что философия является формой внерациональной, а в некоторых случаях даже иррационального постижения бытия. ()тачает ли это, что мы не можем говорить о специфических принципах и приемах проведения исследования, которые характерны для философии в целом? Нам представляется, что в некотором смысле можно говорить об общепредельном методе, не вступая в противоречие с тем, что каждая конкретная философская система опирается на методы, присущие именно ей. Общим для всех философских систем выступает специфическое проблемное поле. Оно во многом и задает общие правила философской игры. С одной стороны, здесь можно реализовать самые различные подходы к решению философских проблем. С другой стороны, единые границы этого поля определяют и общую методологию.

Философия представляет собой прежде всего систематическую и критическую работу разума, размышляющего над наиболее общими проблемами бытия. Такой тип размышления получил в философской традиции название рефлексии. Отличие философской рефлексии от иного рода рассуждений связано с тем, что философ исходит не из ограниченной предметной области, «границы» которой представителями конкретных наук не ставятся под сомнение, а поднимает вопросы, затрагивающие сущность самой духовной деятельности и всех возможных границ, которые могут быть перед ней поставлены.

Философская рефлексия — это особое понимание мира посредством познания и переживания, когда познанные объективные закономерности преломляются сквозь призму интересов Человека, а субъективное ценностно-эмоциональное восприятие мира подвергается рациональному — критическому и систематическому — осмыслению. Это размышление над предельными основаниями бытия во всех его проявлениях, **ШЛение** над предельными основаниями бытия во всех его проявлениях, **пк** лючая и размышление над предельными основаниями существования самого Человека, смыслом его жизни.

Предлагаемая книга как раз и демонстрирует тонкие взаимосвязи которые существуют между философией и наукой, позволяя им дополнять друг друга в стремлении постичь истины бытия, истины духовной и материальной реальности, давая тем самым наиболее полную картину мира (воззрение на мир), т.е. способствуя выработке теоретического мировоззрения.

Доктор философских наук,
профессор **ВВ. Миронов**

· ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МАТЕМАТИКИ

1.1. Природа математического мышления

Для понимания математики как науки важно уяснить особенности ее предмета и метода, закономерности ее развития, пути обоснования математических теорий и условия их применения к опытным наукам. Попытки ответить на эти вопросы составляют суть философского анализа математики. Задача данного раздела состоит в том, чтобы разъяснить основные идеи и проблемы современной философии математики и показать их связь с развитием математического мышления.

На протяжении столетий математика считалась образцом точности и строгости для других областей знания. Этот взгляд сохраняет и сейчас влияние и сегодня: немало специалистов полагают, что законы математики и физики не обладают некоей, только этим наукам присущей, спецификой и что за их количественным выражением стоят универсальные свойства абстрактных математических структур, не до конца раскрытых современной наукой. Математика с подобной точки зрения обретает значение, далеко выходящее за рамки своего непосредственного поля применения, получая тем самым философское измерение.

Самое раннее свидетельство, касающееся обстоятельств возникновения подобного взгляда, содержится в диалоге Платона «Филеб». Объясняя собеседнику Протарху важность изучения музыкальных соотношений и образуемых ими систем, Сократ говорит: «...Предшественники наши, открывшие эти системы, завещали нам, своим потомкам, наделить их гармониями и прилагать имена ритма и меры к другим подобным состояниям, присущим движениям тела, если измерять их числами; они повелели нам, далее, рассматривать таким же образом всякое вообще единство и множество... после того как ты узнаешь все это, ты станешь мудрым, а когда постигнешь всякое другое единство, рассматривая его таким же способом, то сделаешься сведущим и отно-

сительно него»¹. В этих словах содержится обоснование знаменитого пифагорейского тезиса «Все есть число», во многом предопределившего последующие успехи теоретического естествознания. В современных работах воззрения пифагорейцев нередко называются мистическими, однако доля мистики в них не так уж и велика. Выдающийся физик-теоретик Р. Фейнман, анализируя господствующее на сегодня объяснение Г. Гельмгольцем феномена благозвучия музыкальных интервалов, описываемых первыми числами натурального ряда, вынужден признать, что в данном вопросе мы не далеко ушли от Пифагора: «Мы не можем с уверенностью сказать, сравнивает ли ухо гармонии или занимается арифметикой, когда мы решаем, что звук нам нравится»². Если даже сегодня отсутствует удовлетворяющее всех объяснение простых числовых закономерностей в эстетическом восприятии музыки, то едва ли можно упрекать древних за тот энтузиазм, которым сопровождалось их обнаружение в невидимых глазом явлениях.

Воздействие математики не ограничивается сферой научного знания. Многообразны способы ее применения помимо музыки в таких областях искусства, как архитектура, живопись и литература³. Рассматривая средневековую математику, невозможно игнорировать глубокую ее связь с религиозным сознанием того времени. Нельзя, наконец, забывать и о важнейшей роли математики в образовании и воспитании личности.

Последние годы наполнены спорами об изменившейся роли математического знания в эпоху постиндустриального развития человечества. Вторжение электронно-вычислительной техники и информационных технологий в экономику и повседневную жизнь людей привело к неоднозначным, противоречивым последствиям для системы математического образования. На состоявшейся в 2000 г. Всероссийской конференции «Математика и общество. Математическое образование на рубеже веков» ее участники вынуждены были с тревогой констатировать, что в современном общественном сознании складывается искаженное и даже негативное представление о математике и математическом образовании⁴. Об остроте проблемы говорит то обстоятельство, что в доклад председателя Программного комитета конференции В.М. Тихомирова специально был включен тезис: «Математическое образование есть благо, на которое имеет право любой человек, и обязанность общества (государства и всемирных структур) предоставить каждой личности возможность воспользо-

¹ Платон. Соч.: В 4 т. М., 1990—1994. Т. 3. С. 14.

² Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. М., 1967. Вып. 4. С. 208.

³ Прекрасное изложение роли математических закономерностей в формообразовании в искусстве содержится в кн.: Волошинов А.В. Математика и искусство. М., 2000.

⁴ Образование, которое мы можем потерять / Под общ. ред. В.А. Садовниченко. М. 2002. С. 279.

ПТЬСЯ этим правом». О причинах, поставивших под сомнение этот тезис и глазах общества, много пишет в своих публикациях один из крупнейших математиков современности В.И. Арнольд.

По его мнению, в снижении общественного интереса к математике и математическому образованию есть доля вины и самих математиков. Когда студенту французского университета преподносят следующее определение математики как научной дисциплины: «Математика есть наука о доказательствах, доказательства — это цепочки импликаций... Самое главное — понять, что такое одна импликация. Вот ее определение. Пусть А и В — два произвольных высказывания. Если оба они верны, то гоиорят, что из А вытекает В», едва ли он впоследствии сможет что-либо понять в теоретическом естествознании. Не больше пользы, по мнению Арнольда, для защиты ценности математического образования и оі принадлежащего другому крупнейшему математику современности Ж. П. Серру обоснования причисления нуля к натуральным числам в учебных математических курсах: «Некоторые считают, что натуральные Мола — это те, которые участвуют в натуральном (то есть естественном) счете: один, два, три... Но такой экспериментаторский подход ненаучен. С точки зрения нашей высокой науки, "естественный счет" никакого отношения к теории не имеет. Научное определение таково: "Натуральные числа — это мощности конечных множеств". А какое из конечных множеств — самое главное? Разумеется, пустое! Значит, его мощность, то есть ноль, — натуральное число!»¹

Сам Арнольд, дабы избежать упреков со стороны нематематиков в юм, что математика искусственно отгораживается от других наук, имеющих дело с реальным, окружающим нас миром, предлагает рассматривать ее как часть теоретической физики: «...доказательства всегда играли а математике совершенно подчиненную роль, примерно такую, как орфография или даже каллиграфия в поэзии. Математика, как и физика, — экспериментальная наука, и сознательное сложение дробей $\frac{1}{n} + \frac{1}{m} \sim \frac{1}{\min(n, m)}$ — естественный элемент общечеловеческой культуры»².

Общество судит о степени важности той или иной области знания прежде всего по тому вкладу, который она реально вносит в его функционирование. И если, как в приводимых Арнольдом примерах, оно видит стремление специалистов данной области знания сосредоточиться прежде всего на внутренней проблематике, вне связи с другими сферами знания и жизнедеятельности общества, отчуждение оказывается взаимным. С этой точки зрения проводимое выдающимся математиком

¹ Арнольд В.И. Математическая дуэль вокруг Бурбаки // Вестник РАН. 2002. Т. 72. № 3. (У\$ 246.

² Арнольд В.И. Математика и физика: родитель и дитя или сестры? // Успехи физических наук. 1999. Т. 169. № 12. С. 1323.

сближение математики и физики выглядит привлекательным и заслуживает серьезного внимания.

Предлагаемый Арнольдом подход, как и всякая новая точка зрения, не свободен от трудностей теоретического характера. Если следовать ему буквально, т.е. заменять принятую в математике схему «определение — теорема — доказательство» на привычную для физики схему «наблюдение — модель — исследование модели — выводы — проверка наблюдениями», то трудности возникнут даже при изложении элементарной математики. Например, хотя формула объема пирамиды и может быть сформулирована в рамках наглядных физических представлений, ее доказательство предполагает возможность деления отрезка на сколь угодно большое число равных частей, что невозможно строго обосновать без геометрических аксиом. Математические абстракции имеют свою исторически сложившуюся специфику, и прямой разрыв с этой традицией в преподавании математики неизбежно порождает массу методических и методологических проблем, преодолеть которые за короткое время едва ли возможно.

В философии науки принято различать три аспекта используемого в познавательной деятельности учебного языка науки: синтаксический, семантический и прагматический¹. Синтаксический аспект предполагает рассмотрение языка как некоторой совокупности знаков, которые преобразуются по определенным правилам и формируют в своих связях определенную систему. В процессе применения этих правил исследователь отвлекается от смысла терминов языка и рассматривает термины только как знаки, образующие в своих связях формулы, из которых выводятся другие формулы по правилам данной языковой системы. Именно этот аспект математического знания оказался на первом плане в приведенном выше определении математики как цепочки импликаций.

Семантический аспект языка требует обращения к содержанию языковых значений. Он предполагает нахождение идеальных объектов и их связей, которые образуют непосредственный смысл терминов и высказываний языка. Так, в аксиоматически построенной геометрии под пирамидой понимается не мысленный образ расположенной в пространстве пирамиды, а идеальный математический объект, вершины которого не имеют частей, ребра — ширины, а грани — толщины.

Наконец, прагматический аспект языка предполагает рассмотрение языковых выражений в отношении к практической деятельности и специфике социального общения, характерных для определенной исторической эпохи. Это означает, что идеальные объекты и их корреляции, образующие область смыслов языковых выражений, берутся в их отношении к социокультурной среде, породившей ту или иную «популяцию» научных знаний. Когда Арнольд критикует господствующую в дедуктивно-аксиоматичес-

См.: Степин В.С. Теоретическое знание. М., 2003. С. 102–104.

кой математике схему «определение — теорема — доказательство» как способную принести лишь вред и преподаванию, и практической деятельности¹, он ставит во главу угла именно прагматический аспект в истолковании предмета математики. Сам факт подобной критики указывает на то, что рассматриваемые аспекты математического знания могут входить в противоречие на определенных стадиях исторического развития.

Критическую оценку аксиоматической формы изложения математики разделяет другой крупнейший российский математик — С.П. Новиков². По даже эти авторитетные мнения ведущих современных ученых не в состоянии поколебать многовековой традиции, в соответствии с которой именно дедуктивное доказательство рассматривается как специфическая особенность математики, выделяющая ее среди других областей знания.

Яркую и образную характеристику специфики математического метода рассуждений дала С.А. Яновская: «Математик обязан точно указать несвойства определяемых им объектов и не имеет права пользоваться никакими свойствами их, не содержащимися в определении и не вытекающими из него. В последнем случае он должен уметь доказать (используя опять-таки только то, что ему дано, и применяя только заранее перечисленные, как позволенные ему, операции), что свойство, которым он воспользовался, действительно следует из свойств, непосредственно содержащихся в определении. В этом смысле он бывает иногда похож на игрока в кегли, который мог бы спокойно подойти и сбросить любое (из возможных) число кеглей руками, но который имеет право соинать их только издали и только катящимися по земле шарами, т.е. строго соблюдая все правила игры»³.

Главная особенность приведенной характеристики способа математических рассуждений состоит в том, что в соответствии с ней математик должен «добровольно» ограничивать свою связь с внешним опытом только формулировкой исходных положений и не требовать впоследствии дополнительного подтверждения собственных предложений сравнением с действительностью. Именно это отличает аксиоматический метод математики от принятого в физике и других науках гипотетико-дедуктивного способа рассуждений, обязательно завершающегося проверкой теоретических выводов экспериментом.

Существующий ныне стандарт требований к логической строгости сложился только к концу XIX в. Этот стандарт основан на теоретико-

¹ Арнольд В.И. О преподавании математики // Успехи математических наук. 1998. Т. 53. И... I. С. 232.

² Новиков С.П. Вторая половина XX века и ее итог: кризис физико-математического общества в России и на Западе // Историко-математические исследования. Вторая серия. М., 2002. Вып. 7 (42). С. 326–356.

³ Яновская С.А. Содержательная истинность и формально-логическая доказуемость в математике // Практика и познание. М., 1973. С. 247.

множественной концепции строения математической теории. С этой точки зрения любая математическая теория имеет дело с одним или несколькими множествами объектов, связанными между собой некоторыми отношениями. Все формальные свойства этих объектов и отношений, необходимые для развития теории, фиксируются в виде аксиом, не затрагивающих конкретной природы самих объектов и отношений. Теория может применяться к любой системе объектов с отношениями, удовлетворяющей положенной в ее основу системе аксиом.

В становлении аксиоматического метода В.Н. Молодший выделяет три основных периода: 1) период *содержательной* аксиоматизации; 2) период *полуформальной* аксиоматизации; 3) период *формальной* аксиоматизации¹. Принципы содержательной аксиоматики господствовали до середины XIX в. Полуформальный аксиоматический метод получил распространение в последней четверти XIX в. Датой рождения формализованного аксиоматического метода принято считать 1904 г., когда Д. Гильберт выдвинул основные принципы формализации математики.

В содержательной аксиоматике аксиомы описывают основные свойства, отношения и связи объектов из *одной* области объектов. Последние получают непосредственное определение до того, как задан список аксиом рассматриваемой теории, а используемые при доказательствах средства логики не получают какого-либо описания или уточнения (предполагается использование традиционной формальной логики).

Наиболее совершенное для своего времени содержательно-аксиоматическое построение геометрии как основы и методологии всей математики разработал Евклид в «Началах».

Фундамент «Начал» составляют определения, постулаты и аксиомы. Постулаты Евклида представляют собой требования возможности осуществления построений с идеальными геометрическими объектами. Вот их формулировка:

«Допустим:

1. Что от всякой точки до всякой точки <можно> провести прямую линию.
2. И что ограниченную прямую <можно непрерывно продолжить по прямой.
3. И что из всякого центра и всяким раствором <может быть> описан круг.
4. И что все прямые углы равны между собой.
5. И если прямая, падающая на две прямые, образует внутренние и по одну сторону углы, меньшие двух прямых, то продолженные эти две прямые неограниченно встретятся с той стороны, где углы меньше двух прямых».

Аксиомы (дословно — «общие мысли») содержат описания свойств любых величин и формулируются следующим образом:

¹ См.: Молодший В.Н. Очерки по философским вопросам математики. М., 1969. С. 245–285.

- «1. Равные одному и тому же равны и между собой.
2. И если к равным прибавляются равные, то и целые будут равны.
3. И если от равных отнимаются равные, то остатки будут равны.
4. И если к неравным прибавляются равные, то целые будут не равны.
5. И удвоенные одного и того же равны между собой.
6. И половины одного и того же равны между собой.
7. И совмещающиеся друг с другом равны между собой.
8. И целое больше части.
9. И две прямые не содержат пространства».

Вместе с формальной логикой аксиомы представляют логический компонент теории доказательства «Начал».

В полуформальной аксиоматизации математической теории ее объекты не получают непосредственных определений. Их заменяют аксиомы, описывающие отношения и связи между основными объектами. Кик и в случае содержательной аксиоматизации, при доказательствах теорем используются средства традиционной логики.

При полуформальной аксиоматизации математической теории ее аксиомы и теоремы справедливы для различных множеств объектов, с одинаковой, описанной в аксиомах, структурой отношений и связей между объектами. Каждую такую область называют моделью или интерпретацией аксиоматизированной теории.

Содержательный характер геометрической аксиоматики был поставлен под сомнение в первой половине XIX в. в связи с построением Лопчевским, Бойяи и Гауссом неевклидовых геометрий. Аксиомы оказались не абсолютными истинами, отрицание которых недопустимо, а гипотезами, истинность которых надо проверять опытным путем либо путем сведения к ранее установленным математическим истинам.

Трактовка цели и средств аксиоматизации математической теории существенно изменилась во второй половине XIX в., когда стало ясно, что каждая математическая теория допускает различные интерпретации. И згой связи была осознана целесообразность такого аксиоматического построения математических теорий, при котором любая из них выступала бы как общая теория, заключения которой верны для объектов любых ее интерпретаций.

Зарождение аксиоматического метода как самостоятельной теории нитруется 1899 г. — временем выхода классических «Оснований геометрии» Д. Гильберта, где этот метод на примере геометрии получил, по существу, исчерпывающую разработку.

Формальные аксиоматики разработаны для теорий, относящихся преимущественно к фундаменту теоретической математики. Они естественным образом получаются из полуформальных аксиоматик при помощи формализации традиционной логики, содержательным образом и» используемой в первых двух видах аксиоматик.

Теоретико-множественная концепция не только предоставила основной в настоящее время стандарт математической строгости, но и позволила в значительной мере разобраться в разнообразии возможных математических теорий и их систематизировать¹. Так, чистая алгебра определяется как наука о системах объектов, в которых задано конечное число операций, применимых (каждая) к определенному конечному числу объектов системы и производящих из них новый объект системы (например, в случае алгебраического поля — две операции (сложение и умножение) над двумя элементами каждая). Этим чистая алгебра отделяется от анализа и геометрии (в собственном смысле слова, предполагающем известную «непрерывность» изучаемых пространств), которые существенно требуют введения «пределных» отношений, связывающих бесконечное число объектов. Аксиоматическое изложение какой-либо специальной математической теории (например, теории вероятностей) не начинают на пустом месте, а пользуются ранее построенными теориями (например, понятиями натурального или действительного числа).

Теоретико-множественная переработка всех отделов математики при помощи идеи полуформальной аксиоматики позволила устранить неясности и разногласия относительно корректности определений и убедительности доказательств отдельных теорем. Обнаружившиеся в начале XX в. в самой теории множеств неясности и противоречия оказались связанными главным образом с теми ее областями, где понятию бесконечного множества была придана общность, излишняя для каких-то приложений и потому не могущая нанести существенного вреда основным разделам «работающей» математики. Однако следует иметь в виду, что теоретико-множественное построение всех основных математических теорий, начиная с арифметики натуральных и действительных чисел, требует обращения именно к теории бесконечных множеств, а последняя сама нуждается в логическом обосновании.

В начале XX в. в теории бесконечных множеств был обнаружен ряд парадоксов, поставивших под сомнение возможность ее непротиворечивого обоснования. Самый известный из них — парадокс Рассела — формулируется следующим образом. Пусть M — совокупность *всех* нормальных множеств, т.е. множеств, не включающих себя в качестве собственного элемента. Допустим, что M — само нормальное множество, тогда оно не содержит самого себя в качестве элемента и тем самым не может быть нормальным. Если, напротив, предположить, что M — ненормальное множество, то тогда оно должно входить в M , т.е. быть нормальным множеством.

С прагматической точки зрения этот парадокс, как отмечено выше, не представляет особой опасности. С философской же точки зрения он

¹ См.: Колмогоров А.Н. Математика // Колмогоров А.Н. Математика в ее историческом развитии / Под ред. В.А. Успенского. М., 1991. С. 67—68.

ЦОБМа неприятен. Распространенные в математике доказательства от противного неявно опираются на предположение о непротиворечивости математики. После того как теория множеств в конце XIX в. стала фундаментом всего математического знания, обнаружение противоречий и самых простых с логической точки зрения теоретико-множественных рассуждениях воспринимается довольно болезненно. Устранение парадоксов из математики составило важную задачу общенаучного характера. Попытки ее разрешения и ознаменовали рождение новой научной дисциплины — философии математики.

В настоящее время в философии математики имеются два основных направления — фундаменталистское и нефундаменталистское¹. Фундаменталистская философия математики подчиняет исследование математики одной целевой установке — выяснению проблемы сущности математики, не зависящей от ее конкретных исторических состояний. Именно эта цель преследуется при различных попытках редукции одних теоретических разделов математики к другим разделам и нахождения фундаментальных математических структур. Именно таким образом испе-дустся природа математических объектов и их соотносительность с миром природных объектов и объектов теоретического естествознания. Именно так осуществляется поиск единой сущности и непреходящих стандартов математического доказательства — стандартов, с которыми и равниваются реальные доказательства различных эпох.

Работы нефундаменталистского направления претендуют на постановку и решение проблем выявления концепций *развития* математики, поиска схем этого развития. Если для фундаменталистского направления в философии математики основными являются проблемы ее сущности, а не функционирования (исследование математики в «статике», а не в «динамике»), то нефундаменталистское направление считает возможным обратиться в законах реального функционирования древнейшей из наук Ос і окончательного решения проблем установления ее сущности.

Пионерской работой нефундаменталистской ориентации стала серия статей И. Лакатоса «Доказательства и опровержения. Как доказываются теоремы», в которой он предпринял попытку вскрыть общую схему развития математики на примере истории доказательства важного результата топологии — теоремы Эйлера о многогранниках.

Важной вехой в развитии нефундаменталистского направления явля-**Ичи** работа Р. Уайлдера «Математика как культурная система»², в которой математика рассматривается как подразделение культуры в целом. Указанное представление опирается на понятие «культурного элемен-

¹ См.: Барабашев А.Г. Будущее математики: методологические аспекты прогнозирования М., 1991. С. 79–96.

² Wilder R. Mathematics as a Cultural System. Oxford, 1981.

та», под которым автор понимает набор убеждений, инструментов, ритуалов (в широком смысле слова) и т.п., принадлежащих некоторым образом объединенной группе людей. На этой основе он строит типологию исторического взаимодействия различных частей математики, которая существенно отличается от привычного ее разделения на специальные теоретические дисциплины.

Значительным явлением в развитии нефундаменталистского направления стала также книга Ф. Китчера «Природа математического знания»¹, в которой делается попытка построения целостной и развернутой эмпирической концепции сущности и развития математического знания как представленного в деятельности коллективного субъекта — научного сообщества математиков.

В настоящее время можно выделить три различные ветви нефундаменталистского направления:

- историческая ветвь, полагающая развитие науки некумулятивным. Она восходит к концепции научных революций Т. Куна и применяет данную концепцию к математике. Идея исторического отбрасывания устаревших математических теорий развивается в большом числе публикаций и, в частности, в известной книге «Революции в математике»²;
- ветвь социальной детерминации, утверждающая зависимость содержания науки от социальных взаимоотношений, от региональных и национальных особенностей. В философии математики так появились взгляды об «арийской математике» (Л. Бибербах), о «китайской математике», о «буржуазной математике» в ее противопоставлении «пролетарской математике», о «европейской математике» и т.д. Наиболее основательно это течение развивается С. Рестиво и его последователями³;
- ветвь культурной детерминации, распадающаяся на течение когнитивно-культурной детерминации, когда формальные структуры, трансформирующиеся в исходные математические структуры конкретной исторической эпохи, считаются обусловленными формирующимися в данной культуре познавательными установками⁴, и течение деятельности-культурной детерминации, согласно которому сущность культуры составляют социальные эстафеты действия, обеспечивающие облик математики, приемлемые способы действия с математическими объектами и само понимание таких объектов как ролей соотношения

¹ *Kitcher Ph. The Nature of Mathematical Knowledge. N.Y., 1983.*

² *Revolutions in Mathematics / Ed. by D. Gilles. Oxford, 1992.*

³ См.: *Math Worlds. Philosophical and Social Studies of Mathematics and Mathematical Education / Ed. by S. Restivo, J.P. van Bendegem, R. Fisher. Albany, 1993.*

⁴ См.: *Барабашев А.Г. О прогнозировании развития математики посредством анализа формальных структур познавательных установок // Стили в математике: социокультурная философия математики / Под ред. А.Г. Барабашева. СПб., 1999.*

и Оошачений, воспроизводящих себя в соответствии с принципами Нормативных систем¹.

Отличительные черты нефундаменталистского (социокультурного) Нииравления в философии математики в его отношении к фундаментами ему сводятся в основном к следующим:

- главной является группа проблем функционирования математики (мшематики в ее динамике). Если при изучении сущности математики фундаментализмом вопросы ее функционирования оказываются оттесненными на задний план, то в данном случае на задний план отодвигается вы-ШЛение неизменной сущности математики, независимой от ее развития;
- нефундаменталистская философия математики смотрит на математику с более широких позиций, и поэтому она способна лучше адаптировать-гм к тем бурным изменениям, которые претерпевает сегодня математика, 14* отношения с другими науками, а также ее место и значение в культуре;
- нефундаменталистская философия математики ближе к современным исследованиям в математике и истории математики, что способствует ее плодотворному применению в обеих этих сферах.

Чан и маясь мировоззренческими проблемами математики, философия математики, естественно, представляет собой специальный раздел философии Юфского знания. Внутренняя проблематика философии математики (причем первоначально именно в ее фундаменталистском варианте) была порождена философией, которая, исследуя вопросы сущности и существования абстрактных и идеальных объектов, достоверность логических умозаключений, не могла не отметить такой важный частный случай, как магматические объекты (пифагорейская школа, Платон), и столь важный и эффективно разрабатываемый поколениями исследователей способ рассуждений, как математическое доказательство (доказательство от противного, часто связываемое с философией элеатов; доказательство по индукции и т.д.). Но специализация, неизбежно прогрессирующая во всех областях знания по мере их развития, не обошла стороной и философию. Из частного раздела философского знания философия математики постепенно превратилась в достаточно автономную область исследований; исконно философские вопросы (о природе субъективного и объективного и их взаимосвязи) применительно к математическим сущностям стали внутренними вопросами философии математики, поддерживающими ее автономное существование, требующими специализации и возбуждающими устойчивый интерес ученых.

Главными прикладными проблемами для философии математики пали вопросы, возникающие в математике и истории математики, причем историко-математические проблемы важны прежде всего для не-

¹ См.: *Rozov M.A. The Mode of Existence of Mathematical Objects // Philosophia Mathematica. Second Series. 1998. V. 4. № 2. P. 109.*

фундаменталистского направления. Спустя сто лет после открытия парадоксов теории множеств они по-прежнему остаются вызовом для всех работающих в области философии математики исследователей. Но не меньшую актуальность для философии математики сегодня приобрели и важнейшие открытые проблемы истории науки.

Вот их неполный перечень:

гВ какой мере допустима модернизация исторического источника (например, можно ли применять современную математическую символику и достижения современной математики при изучении и изложении «Начал» Евклида, «Арифметики» Диофанта, исследований Ньютона, Лейбница и т.п.)?

• Каковы принципы влияния культурной среды на развитие математики, насколько направление развития математики зависит от ее внутренних интенций и насколько — от внешних влияний (соотношение внутренних и внешних факторов развития математики)?

г Каким образом развивалась математика как социальный институт?

• Не оказывается ли нахождение исторической закономерности в действительности «опрокидыванием» в прошлое определенного видения современной математики?

• Какие направления в математике были основными в те или иные исторические периоды? Существуют ли революции в математике?

Все эти вопросы объединяет связь с проблемой поиска исторических закономерностей развития математики. Стремление ответить на них в процессе поиска и обоснования исторических закономерностей развития математики выступает как основа взаимопонимания современной истории науки и нефундаменталистской философии математики.

Аналогичным образом можно описать прикладную функцию нефундаменталистской философии математики по отношению к запросам со стороны математики. Проблема выявления закономерностей и тенденций развития современной математики распадается здесь на ряд «подпроблем», которые представляют интерес для любого серьезного специалиста:

• Какие разделы математики, новые идеи и методы наиболее перспективны, как они взаимодействуют между собой?

• Каковы тенденции развития математического доказательства (можно ли, например, использовать ЭВМ при доказательстве математических теорем и каким образом)?

• Как строить обучение математике?

• Каковы симптомы возможности получения прикладного эффекта от исследований в конкретной области теоретической математики?

• Как в будущем будут соотноситься «прикладные» и «теоретические» исследования и в каком смысле можно говорить об их единстве?

Попытки ответить на эти и подобные вопросы постоянно предпринимаются самими «работающими» математиками. Нетрудно видеть, что ука-

занные вопросы являются производными от одного, главного: каковы тенденции развития математики, каково ее будущее? Таким образом, нефундаменталистская философия математики под давлением со стороны математики вынуждена искать способы ответа на этот вопрос. Предвидение будущего математики является одной из важных и актуальных проблем нефундаменталистской философии математики, в русле которой ведется анализ развития математики, выявления закономерностей этого развития.

1.2. Философские проблемы возникновения и исторической эволюции математики в культурном контексте

Попытаемся продемонстрировать достоинства нефундаменталистской философии математики на примере проблемы возникновения теоретической дедуктивной математики.

Долгое время считалось, что аксиоматический метод является единственно приемлемой формой изложения математических результатов. Положение изменилось в XX столетии, когда было начато исследование общей картины развития научных знаний в странах Древнего и Средневекового Востока. Исследования математических достижений древних восточных цивилизаций, проведенные рядом ученых (особое значение имели труды О. Нейгебауэра и Дж. Нидэма), показали, что укоренившееся в научном мышлении представление об одновариантности развития математики является скорее данью традиции, нежели положением, покоящимся на твердом фундаменте исторических фактов. Ни в одной из восточных цивилизаций математика так и не была преобразована в науку, базирующуюся на немногих первичных определениях и аксиомах. И если в отношении Древнего Египта и Вавилона этот факт еще можно постараться объяснить угасанием данных цивилизаций ко времени расцвета эллинской культуры, то подобная аргументация по отношению к культурам Индии и Китая совершенно невозможна: в этих странах наивысшие достижения науки были еще впереди. В подобной ситуации напрашивается вывод о невозможности рассмотрения математики в качестве феномена, изолированного от культурных условий, сложившихся в рамках данной цивилизации. Уникальный феномен, который представляет собой дедуктивная математика, похоже, трудно отделить от других созданий эллинского гения. Осознание зависимости феномена дедуктивной математики от обстоятельств времени и места заставило современных историков науки обратить пристальное внимание на проблему ее зарождения.

Действительно, исследование математики восточных цивилизаций показало, что возникновение аксиоматического метода невозможно объяснить одним количественным ростом математического знания. Если бы

развитие математики определялось полностью количественными параметрами, то дедуктивный метод должен был возникнуть *всюду*, где объем математических сведений превысил некоторую «критическую массу». В частности, это должно было неизбежно произойти и в Китае, и в Индии, где (в отличие от Древнего Египта и Вавилона) математическая традиция не прерывалась, а объем знаний, накопленный в Средние века, был сопоставим с объемом знаний древнегреческой математики конца IV в. — времени возникновения аксиоматического способа построения знания. Тем не менее математика в этих странах так и не стала дедуктивной наукой.

Таким образом, традиционная схема возникновения дедуктивного метода, опирающаяся на вулгарный вариант закона «перехода количества в качество», плохо согласуется с реальной историей математики.

Недостаточность чисто «количественного» объяснения феномена дедуктивной математики свидетельствует о необходимости поиска специфических предпосылок, внешних по отношению к математике как таковой, без которых обретение математикой дедуктивной формы было бы невозможно. При этом необходимо, чтобы выбор тех или иных исторических предпосылок происходил не при помощи интуиции исследователя (которая может и подвести), а на основе объективного критерия, *внешнего* по отношению к истории как таковой. Такой критерий можно «извлечь» только из анализа самого дедуктивно-аксиоматического метода, точнее его «идеи».

Указанная «идея» содержится в принадлежащей С.А. Яновской характеристике математического метода рассуждений, приведенной в § 1.1. Наличие четко обозначенной тенденции *отталкивания от чувственно или мысленно созерцаемой реальности* в процессе построения системы знания (после фиксации ее предмета), содержащейся в этой характеристике, является достаточно строгим критерием различения дедуктивных и недедуктивных наук, позволяющим объективным способом выделить истинные предпосылки возникновения дедуктивно-аксиоматического метода. Этот способ опирается на анализ той роли, которую аксиоматический метод играет *в современном научном познании*.

Прежде всего следует выяснить, связан ли способ выведения фактов из определений и аксиом только с теоретическими науками (как это имеет место в геометрии) или же он может эффективно применяться и в практически ориентированной системе знаний.

Основной целью ученого, занимающегося теоретической наукой, является приращение имеющихся в данной науке знаний. Его деятельность исходит всегда из наличного знания и завершается получением нового знания, что может быть выражено следующей схемой: *понятие — дело — понятие*. В практической деятельности, напротив, человек нацелен на непосредственно значимый для него результат, и те или иные сведения интересуют его лишь постольку, поскольку способствуют достижению наме-

ченного результата. В этом случае знание вторично по отношению к поставленным целям и соответствующая деятельность подчиняется иной, нежели в предыдущем случае, схеме: *дело — понятие — дело*. Противоположность установок теоретической и практически ориентированной науки («знание ради знания» и «знание для конкретного дела») приводит к существенному различию принятых в этих науках критериев истинности.

Ложность системы правил, положенных в основу определенного вида практической деятельности, проявляется только тогда, когда фактический результат их выполнения оказывается отличным от ожидаемого. В случае соответствия фактического и ожидаемого результатов рассматриваемая система правил считается «практически истинной», хотя с точки зрения теории это может быть и не так. В теоретической системе знаний отсутствие противоречия между утверждением науки и реальностью само по себе еще не служит доказательством ее истинности. Важно, чтобы помимо соответствия внешней действительности это утверждение внутренне согласовывалось бы с остальными положениями теории. В отличие от теоретической науки, в практически ориентированной системе знаний соответствие ее утверждений действительности является не только необходимым, но и достаточным условием успешной деятельности, вследствие чего в ней отсутствует потребность в специальной проверке всех положений на внутреннюю согласованность.

Характерной особенностью дедуктивной науки является то, что содержательные представления относительно изучаемых ею объектов привлекаются лишь однажды, при формулировании начальных положений. В дальнейшем при доказательстве утверждений данной науки стремятся к тому, чтобы в процессе вывода не использовалось ничего сверх оговоренного ранее. Так как в дедукции представления, связанные с реальностью, должны использоваться лишь в той мере, в какой они отражены в исходных посылах, то в своих выводах подобная наука не может выйти за рамки содержания, имеющегося в неявном виде в ее основоположениях. Она и не может быть не чем иным, как систематическим развертыванием, выявлением этого содержания. Поскольку процесс логического вывода представляет собой получение нового знания из наличного знания, то в силу этого он является теоретической деятельностью. Весь вопрос в том, может ли теоретическая деятельность такого рода вызываться нуждами практики или же необходимо, чтобы объекты данной деятельности рассматривались как самостоятельные сущности, изучение которых представляет интерес независимо от практических приложений.

Выше уже говорилось, что проверка утверждений на соответствие их действительности естественным образом входит в любую практически ориентированную систему знаний. В этой связи требования дедуктивной теории, разрешающей обращение к опыту только при формулировке начальных ее положений, выглядят не просто неуместными, но чем-

то прямо *противоположным* по отношению к установке, разделяемой всеми прикладными науками. Этого противопоставления недостаточно, чтобы исключить возможность применения идеи аксиоматического вывода в практических целях, но вполне достаточно, чтобы исключить всякую возможность *возникновения* дедуктивного способа рассуждений в практически ориентированной системе знания.

Теперь важно выяснить, в рамках какой конкретной науки (или, возможно, одной из нескольких наук) мог зародиться аксиоматический метод. Заслуга подобной постановки вопроса принадлежит С.А. Яновской: «Почему в "Началах" Евклида геометрия строится аксиоматически, арифметика же нет? Почему вообще так поздно вошла в математический обиход система аксиом для арифметики натуральных чисел? Известно ведь, что наиболее распространенная теперь в литературе система аксиом Пеано была опубликована лишь в 1891 г., между тем как система аксиом Евклида стала общепотребительной в геометрии со времен древних греков»¹.

Для того чтобы аксиоматический метод мог с необходимостью возникнуть в некоторой области знаний, важно, чтобы утверждения о свойствах объектов данной предметной области не допускали иного способа проверки, кроме повторения процесса мысленного их конструирования в соответствии с заранее принятыми постулатами построения. Цель аксиоматического метода не может сводиться к максимальной краткости изложения или к возможно большей его доступности. Современные аксиоматические изложения геометрии или логики представляют значительные трудности для человека, не имеющего склонности к математике. Отказ от использования содержательных представлений после завершения формулировки основоположений дедуктивной науки оказывается осмысленным только при условии, если главной целью является получение гарантий того, что сложные утверждения теории обладают не меньшей степенью истинности, нежели ее исходные постулаты и аксиомы. Без этой «сверхзадачи» никакая наука не будет преобразована в форму аксиоматической теории. Откуда же может возникнуть потребность в столь жестком контроле за степенью достоверности получаемых утверждений науки?

Если, как, например, в физике или химии, существует «внешний» способ проверки истинности утверждения теории, не действующий всех использованных в его выводе гипотез и основоположений, то наличие каких-либо пробелов в выводе при его подтверждении данной проверкой не будет представлять серьезной опасности для его сохранения в

¹ Яновская С.А. Из истории аксиоматики // Историко-математические исследования. М., 1958. Вып. 11. С. 64. Изложение подхода С.А. Яновской с последующим развитием ее рассуждений см.: Молодший В.Н. Очерки по философским вопросам математики. М. 1969 С. 268–277.

составе науки, хотя согласие с «экспериментом» не свидетельствует само по себе о нежелательности устранения подобных пробелов внутритеоретическими средствами. При отсутствии «внешних» способов проверки дело обстоит иначе. В этом случае для устранения сомнений в правильности научного положения не остается ничего другого, как перепроверить шаг за шагом все ведущие к нему рассуждения.

«Внешняя» проверка утверждений теории возможна не только в естественных науках, где она предусмотрена, так сказать, по определению, но и в математических дисциплинах. Наиболее простой пример такого рода дисциплины составляет арифметика.

Формула $1 + 2 + 3 + \dots + n = n(n+1)/2$ допускает строго дедуктивное доказательство на основе аксиом Пеано, однако в смысле убедительности оно не только не превосходит, но даже уступает неформальному рассуждению, опирающемуся на расположение в противоположном порядке слагаемых из второго экземпляра искомой суммы под первым, после чего, ввиду равенства всех сумм подписанных одного под другим чисел, доказываемое соотношение становится очевидным. Чем же объясняется убедительность приведенного — заведомо недедуктивного — рассуждения?

Если число n невелико, то указанная выше процедура без труда может быть проделана с реальными предметами (например, камешками), замещающими отвлеченные числа. Так как операции счета с камешками тождественны в отношении результата аналогичным операциям с неименованными числами, то подобная процедура в состоянии убедить в справедливости рассматриваемой формулы для небольших n даже самого софистически настроенного оппонента. Поскольку рассуждение не зависит от величины параметра n , вскрывая по существу *причину* совпадения левой и правой частей равенства, то формула не может быть неверна и для остальных значений n . И здесь самому заядлому спорщику нечего было бы возразить.

Сходным образом обстоит дело и с другими, более сложными утверждениями теоретической арифметики. Каждое предложение, выводимое из аксиом формализованной арифметики, обладает и «содержательным» доказательством, как минимум не уступающим по степени убедительности формальной дедукции. Даже если для утверждения и не удастся найти краткого оригинального доказательства наподобие приведенного выше, на худой конец можно ограничиться преобразованием аксиоматического вывода в содержательное рассуждение с помощью интерпретации всех шагов вывода на «квазипредметной» модели. Последнее возможно по той причине, что сами законы счета, служащие прообразом аксиом формальной арифметики, не только обладают подобной интерпретацией, но и исторически могли быть осознаны лишь благодаря рефлексии над фактически осуществляемой деятельностью счета путем перевода этой деятельности в план мысленного созерцания и представления. Так как вопрос об истинности аксиом не обсуждается в рамках дедуктивной теории, то справедливость

любого формально выведенного арифметического утверждения обусловлена принятием (или непринятием) исходных основоположений, в то время как после «квазипредметной» интерпретации этот момент условности полностью исчезает. Последнее же означает, что переход на точку зрения аксиоматики не дает никакого выигрыша в отношении степени убедительности обоснования арифметических утверждений. Наличие независимой внешней проверки справедливости предложений теоретической арифметики лишает ее «внутреннего стимула» к преобразованию в дедуктивную форму. Вследствие этого арифметика ни при каких обстоятельствах и не могла стать первой дедуктивной дисциплиной.

Внешний по отношению к логической дедукции способ проверки существует и для некоторых геометрических теорем. Так, в равенстве углов при основании равнобедренного треугольника можно убедиться простым перегибанием чертежа вокруг прямой, соединяющей середину основания с противоположной вершиной (предварительное нахождение середины основания при этом излишне, поскольку она находится попутно в результате перегибания). Но уже теорема о том, что равенство углов влечет также и равенство смежных с ними углов, не может быть доказана с помощью подобных средств.

Стандартное школьное доказательство с использованием первого и третьего признаков равенства треугольников, имеющее реальный «предметный эквивалент», позволяет доказать совпадение лишь *ограниченных* частей смежных углов. Для того чтобы гарантировать равенство смежных углов как неограниченных частей плоскости, необходимо постулировать специальное свойство, логически эквивалентное однозначности продолжения прямой (у Евклида эту роль играет IV постулат о равенстве всех прямых углов). Только таким образом можно завершить указанное рассуждение, однако «цена» такого доказательства будет велика. Оно будет относиться уже не к реально проводимым линиям, имеющим ширину (даже самый совершенный в теоретическом отношении способ неограниченного продолжения прямой не может при фактическом исполнении приводить к одинаковым результатам), а к их мысленным прообразам, к *идеализированным* прямым, ибо только таким способом на место интуитивного представления о прямой может быть поставлено строгое понятие, пригодное в качестве основания для логических выводов.

Линии без ширины и точки, не имеющие частей, — вот подлинные объекты теоретической геометрии. Но тогда соединение точек прямой линией, ее продолжение до нужных пределов, проведение из любого центра окружности произвольного радиуса и нахождение при определенных условиях точки пересечения прямых не могут считаться заведомо выполнимыми операциями. Ссылки на реальную практику геометрических построений здесь не помогают, да и та, даже если отвлечься от различий между «физическими» и «математическими» объектами, не гаран-

рует всеобщности выполнения перечисленных операций. Выполнимость данных операций может быть только *постулирована*, причем лишь принятие этих допущений дает пропуск в царские врата геометрии.

Замене физических линий линиями математическими соответствует переход от реальной предметной деятельности к ее идеализированному аналогу — деятельности, осуществляющейся только в воображении. Геометрия не является в этом смысле чем-то исключительным среди математических наук.

В арифметике цифровые знаки играют ту же роль, что и чертежи в геометрии: заменяя фактические действия с пересчитываемыми или измеряемыми предметами, они способствуют переносу соответствующей деятельности в план представления и воображения. При известном навыке бумага и карандаш становятся при действиях с небольшими числами излишними, и счет в уме становится более быстрым способом достижения требуемого результата.

Имеются, однако, и различия. Самым важным с точки зрения рассматриваемой проблемы является то, что в арифметике действия с числами в уме, на бумаге или на счетах различаются между собой лишь по форме. Содержание всех этих действий одно и то же, что и позволяет, в конечном счете, производить независимую от всякой аксиоматики проверку арифметических утверждений. В геометрии, в отличие от арифметики, нарисованный на бумаге чертеж играет по отношению к мыслимому с его помощью содержанию роль сугубо вспомогательную, способствуя удержанию в голове сложного хода логической мысли. Различие между идеализированными и фактически проводимыми линиями приводит к тому, что мысленная деятельность с идеальными геометрическими объектами оказывается намного «богаче» ее реального прообраза, как это имеет место в случае теоремы о смежных прямолинейных углах.

В случае возникновения сомнений в истинности утверждений, касающихся свойств идеальных геометрических объектов, обращение к практике реальных построений ничего не даст в отношении прямых и окружностей без ширины. Единственный способ удостовериться в правильности геометрических предложений заключается в оценке приемлемости принятых постулатов и проверке корректности сделанных на их основе, а также при помощи общих аксиом заключений. Отсутствие возможности «внешней» проверки геометрических теорем и превращает аксиоматический метод в естественный способ построения науки о свойствах фигур и тел.

Актуальным доказательство теоретического предложения может стать только тогда, когда предмет утверждения будет удерживаться перед умственным взором силой воображения *независимо* от способа фактического его конструирования, который воссоздается уже позднее, в ходе реально проводимого доказательства. Предположение о равенстве суммы углов

треугольника двум прямым может быть выдвинуто на основе частного случая равнобедренных треугольников, например при замещении ими плоскости, и это будет достаточно весомым аргументом в пользу поиска доказательства для общего случая. Здесь важно то, что выдвинутый в качестве гипотезы факт удерживается нашим воображением как легко распознаваемое целое на всем протяжении рассуждений, направляя и организовывая их в качестве цели всех действий вплоть до завершения дедуктивного доказательства. Выдвигая предположение, мы мыслим фигуру расположенной в «обыденном» пространстве, но, проводя доказательство, переносим ее (подчас не отдавая себе в том полного отчета) в «идеализованное», математическое пространство, «отделенное» от своего чувственного прообраза определениями и постулатами, относящимися не к видимым, но лишь к *мыслимым* точкам, линиям и поверхностям.

Особая роль геометрии в историческом становлении идей аксиоматического метода как раз и объясняется парадоксальным сочетанием указанных противоположных обстоятельств: хотя свойства геометрических объектов в силу их особой наглядности и очевидности могут быть открыты и разъяснены независимо от какой бы то ни было аксиоматики и дедукции, *доказательство* их истинности в большинстве случаев невозможно без опоры на предварительно сформулированные аксиомы и постулаты. Существует ли еще хотя бы одна предметная область, утверждения об объектах которой удовлетворяли бы указанным выше свойствам геометрических предложений и теорем? Если бы никакая другая наука не могла обладать названными свойствами, это и означало бы, что геометрия является единственной теоретической дисциплиной, в лоне которой способен зародиться аксиоматический метод.

Двойственный характер объектов «первой дедуктивной науки», становящихся «идеальными» при окончательном изложении ее результатов, но в процессе их обоснования не противопоставляемых чувственной действительности и потому целиком принадлежащих ей, накладывает весьма жесткие ограничения на их возможную природу. В самом деле, они не могут существовать независимо от целесообразной человеческой деятельности (как это имеет место в отношении объектов оптики или астрономии), ибо в противном случае для утверждений теории нашелся бы внешний по отношению к дедуктивному выводу способ проверки. По той же причине объектами первой дедуктивной науки не могут быть и преобразованные трудом человека предметы природы. Только тогда, когда чувственно воспринимаемые объекты, будучи материальными предметами, существуют а таковом качестве как продукт целенаправленной деятельности, представляя собой формы деятельности, зафиксированные как вещь (или, иными словами, *опредмеченные представления*), только в этом случае при аксиоматическом изложении их «материальная оболочка» способна испариться без следа, сохранив в своем составе лишь те мыслительные действия, кото-

рые при соединении с веществом природы и приводят к созданию зримых осязаемых объектов, характерных для рассматриваемой науки на стадии открытия и поиска обоснования ее результатов.

Природный субстрат, в котором воплощены объекты данной дедуктивной науки, не играет существенной роли, так как помимо пригодности к выполнению указанной функции к нему не предъявляется никаких иных требований. По этой причине единственными свойствами рассматриваемых объектов, не зависящими от особенностей образующего их Вещества, являются их *пространственно-временные* закономерности (если бы в будущем и удалось обнаружить отличные от пространственно-временных универсальные характеристики телесных объектов некоторой Науки, то для этого было бы недостаточно одного только чувственного созерцания и пришлось бы оказывать какое-то воздействие на них как на Материальные тела; но тогда для проверки правильности найденных закономерностей существовал бы способ, опирающийся на это самое воздействие и отличающийся от чисто мысленной процедуры дедуктивного вывода). Так как своим существованием эти «чувственные образы» идеальных объектов дедуктивной науки обязаны только усилиям конструирующего ума, то преходящие свойства использованного при этом природного материала (бумаги или физических носителей магнитной «памяти» электронных дисков) являются тем, от чего необходимо полностью абстрагироваться. Поэтому при построении теории данные изменяющиеся природные предметы должны рассматриваться как «вечные». Вследствие чего упомянутые выше их пространственно-временные характеристики не могут быть связаны со временем и должны быть их *вечными* пространственными свойствами.

При отвлечении от формы пространственно расположенных тел существенной содержательной характеристикой остается их количество, однако, как указывалось ранее, арифметика ни в коем случае не смогла бы стать первой аксиоматической теорией. Если же в расчет принимается и *пространственная форма* объектов теории, то тогда такой теорией и оказывается геометрия — наука, изучающая свойства плоских фигур и фехмерных тел. Круг замкнулся: никакой иной подходящей предметной области для возникновения дедуктивного способа рассуждений, кроме геометрии, «в природе» не существует. Только теоретическая геометрия, как исторически это и произошло в Древней Греции VI — IV вв. до н.э., могла дать толчок становлению аксиоматического метода.

Какой же раздел теоретической геометрии с необходимостью требует от нас своего представления аксиоматического изложения? До тех пор, пока объектом рассмотрения остаются чертежи, занимающие *ограниченную* часть плоскости, нет особой надобности в умении неограниченно *протягивать* прямые линии, а следовательно, вполне допустимо оставаться в области геометрии, в которой все построения могут быть произведены с

помощью циркуля и линейки. Углы как неограниченные части плоскости с необходимостью появляются в процессе обоснования теоремы о сумме углов треугольника. Именно в процессе ее обоснования приходится формулировать сначала V и IV постулаты Евклида, а затем уже и первые три, поскольку требованиям IV и V постулатов могут удовлетворять только идеальные линии без ширины.

Для окончательного разрешения вопроса о причинах возникновения дедуктивного способа математических рассуждений в одной только Греции необходимо обратиться к конкретным сведениям исторического характера, что опять-таки органично лишь для нефундаменталистской философии математики.

Раздел геометрии, изучающий свойства углов, мог появиться в Древней Греции только в результате заимствования эллинами геометрических сведений у египтян. Практические геометрические знания, нужные египтянам для строительства полных пирамид, при переносе на греческую почву необходимо должны приобрести созерцательный (теоретический) характер, так как греки, как и вавилоняне, индийцы и китайцы, не строили полных пирамид. Дальнейшее преобразование теоретической геометрии в дедуктивную науку под воздействием диалектических споров¹ было уже фактически предопределено и не зависело от воли и сознания отдельных греческих математиков (хотя происходило и в соответствии с их субъективным волеизъявлением)².

1.3. Закономерности развития математики

Вопрос о закономерностях развития математики тесно связан с вопросом о природе математического знания. Ответ же на последний вопрос объективно труден. Дело в том, что математика — наука многоуровневая. Одному ее уровню (его иногда называют практической математикой) принадлежат вычислительные процедуры, предметом которых являются количественные характеристики вещей, вовлеченных в общественную практику. Возникая из практики, практическая математика именно в ней находит свое применение и в конечном итоге — оправдание своего существования. Другому, теоретическому, уровню при-

¹ Впервые эта концепция была предложена А.Н. Колмогоровым в статье «Математика», написанной для 1-го издания БСЭ. См.: *Колмогоров А.Н. Математика* // БСЭ. М., 1938. Т. 38. С. 359–402.

² Подробнее см.: *Бычков С.Н. Египетская геометрия и греческая наука* // Историко-математические исследования. Вторая серия. М., 2001. Вып. 6 (41). С. 277–284. В этой работе объясняется также, почему египетские геометры не могли испытывать потребности в аксиоматическом изложении своих результатов.

надлежат математические методы, целью которых является решение задач, прямо не связанных с практикой, но возникающих в сфере самой математики¹. На теоретическом уровне также целесообразно выделить два подуровня: теоретическая математика, не связанная с аксиоматизацией, и теоретическая математика, опирающаяся на аксиоматико-дедуктивный метод. В последнем случае мы имеем дело с дисциплиной, объекты которой носят идеальный характер.

Различие между уровнями или ветвями математики необходимо влечет и различие в используемых методах. В практической математике во главу угла ставится эффективность количественных методов при решении тех или иных конкретных специальных задач. При этом ценность того или иного метода подсчета совершенно не зависит от степени его общности (пусть метод эффективно работает в данной конкретной ситуации, в другой можно придумать иной метод), а чисто математическая строгость зачастую приносится в жертву, особенно в тех случаях, когда путем нестрогих рассуждений быстро получается практически значимый результат. В теоретической математике, напротив, стремятся обеспечить наивысшую степень общности развиваемых методов и соблюсти максимальную логическую строгость рассуждений, используя для этой цели аксиоматический метод.

Поскольку целевые установки практической и теоретической математики различны, вопрос о закономерностях развития математики как целого (включающего оба уровня) может быть решен только после ответа на принципиальный вопрос о том, как эти уровни соотносятся между собой. Последний же вопрос не может быть решен чисто умозрительным путем, без учета специфики того или иного конкретно-исторического этапа развития математики.

Прежде всего отметим, что практическая и теоретическая математика различны по происхождению. Практическая математика, обслуживающая хозяйственные операции, в той или иной форме возникает во всех древних цивилизациях (древневавилонской, египетской, китайской, индийской и др.), причем на весьма ранних ступенях их развития. Так, первые известные нам шумерские тексты экономико-математического содержания относятся к третьему тысячелетию до н.э. Что же касается теоретической математики, то ее доаксиоматическая ветвь возникает в целом ряде древних цивилизаций (например, древневавилонской или китайской) и связана с фактором социального характера — становлением специального математического образования («математика школы»). К этой ветви относятся, например, методы решения квадратных уравне-

¹ Отметим, что древние греки называли указанные уровни математики по-разному. Математикой они называли лишь теоретическую ее ветвь, а практическую звали логистикой (искусством вычислений).

ний, изучавшиеся в древневавилонских писцовых школах. Сами эти методы не имели практического применения, но служили средством проверки правильности вычислений при обучении. Что же касается аксиоматической ветви теоретической математики, то ее возникновение — явление уникальное, поскольку своим рождением она обязана особой культурно-исторической ситуации, сложившейся в V в. до н.э. в Древней Греции. Сказанное выше приводит нас к необходимости выделения нескольких исторических периодов в развитии математики, для каждого из которых характерны разные формы взаимоотношения ветвей математики, а значит, и свои закономерности развития.

Содержание первого периода — до появления математики теоретической — состоит преимущественно в разработке вычислительных процедур, относящихся к практической математике. В этот период развитие математики определяется влиянием внешних, в первую очередь экономических, факторов и говорить о его закономерностях можно лишь в связи с общими закономерностями социально-экономических изменений, специфических для той или иной цивилизации.

С появлением доаксиоматических форм теоретической математики начинается второй период, для которого характерно тесное взаимодействие практически ориентированных вычислительных методов с развитием в рамках системы образования теоретических методов решения собственных математических проблем.

Третий период в развитии математики связан с появлением на исторической сцене аксиоматической ветви теоретической математики, которой впоследствии было суждено существенно изменить взаимоотношения между практической и теоретической математикой¹. Этот период можно также разбить на два этапа. Первый, продолжавшийся в Европе примерно до середины XVII в., характеризуется относительно независимым развитием двух ветвей математики — практической и теоретической. Несмотря на начавшиеся еще в эллинистическую эпоху процессы контаминации и диффузии, как теоретическая, так и практическая математика (за исключением разве что арабской цивилизации) в целом оставалась самостоятельной дисциплиной, причем каждая из них развивалась по своим собственным законам. Практическая математика, как это свойственно ей, «отслеживала» особенности социально-экономического развития, достигая своих вершин в условиях, когда без нее невозможно было обойтись (как, например, в итальянских городах-государствах XV в. вследствие бурного развития торговли и банковского дела). Параллельно с ней, следуя потребностям школьного образования, развивалась

¹ В Древней Греции этот период продолжался до IV в. до н.э. В других культурах — китайской, индийской и др. — до XVII-XIX вв., когда восточная математика была «поглощена» математикой европейской.

неаксиоматическая ветвь теоретической математики. Что же касается аксиоматической ветви, то она с самого своего рождения (или даже чуть раньше, уже в пифагорейской школе) пристально внимала философско-религиозным императивам современной ей эпохи и в соответствии с ними развивала свои скрытые потенции. Отметим, что в рассматриваемую **•ПОХу** обособление одной из ветвей математики от другой отражалось и на математическом образовании. Практической математике обычно обучали в рамках того ремесла, в котором эта математика применялась (землемерие, строительство, банковское дело и т.д.), теоретической — в элитных учебных заведениях (Академии Платона, Лицее Аристотеля, средневековых университетах).

Второй этап взаимоотношений между практической и теоретической математикой оформляется в XVII в., когда в рамках теоретической математики появляются модели, служащие для количественного описания физического мира, а затем, с XIX в., и технических устройств. Начиная с **•ТОЮ** времени наблюдается устойчивая тенденция вытеснения практической математики (как самостоятельной дисциплины) и ее превращения в так называемую прикладную математику, т.е. раздел чистой математики, из которого черпаются модели для различных ее приложений¹.

Указанная тенденция приводит к тому, что развитие математики в этот период (продолжающийся и по сей день) сводится, по сути, к прогрессу математики теоретической. При этом сама «чистая» математика все более и более ориентируется на аксиоматико-дедуктивный метод. Последнее обстоятельство находит свое теоретическое (философское) выражение и обоснование в рамках различных форм априоризма, в конечном итоге восходящих к точке зрения на математику И. Канта. Согласно Канту, математика — точнее, один из ее разделов, составляющий своеобразное ядро этой науки, — обладает безусловной (аподиктической) достоверностью, т.е. в принципе не может подвергаться трансформациям, затрагивающим ее сущность. Отсюда с необходимостью следует, что развитие математики (или ее аподиктического ядра) не может носить революционного характера (как это свойственно физике), но сводится исключительно к накоплению результатов (кумулятивный рост) за счет внутренних причин. Две тенденции наличествуют в таком развитии математики: она приобретает все более общий характер (см.

¹ «Математика едина. Это положение означает, что деление математики на чистую и прикладную не может быть строго проведено, что чистая и прикладная математика являются частями единого целого, называемого математикой, что эти части невозможно отделить одну от другой» (Л.Д. Кудрявцев. Современная математика и ее преподавание. М., ИЧКО. С. 74). Далее автор пишет об общей сущности чистой и прикладной математики, «включающейся в изучении математических структур, в общности методов, применяемых /для изучения этих структур, о невозможности изучать прикладные математические науки (к I знанию понятий чистой математики...)» (Там же. С. 15).

выделение трех базисных математических структур у Н. Бурбаки¹) и одновременно разрастается вширь. Причем создание все более общих, абстрактных структур идет параллельно с поиском их (сугубо математических) интерпретаций (т.е. экстенсивным расширением математики). Оправданием для введения все более абстрактных идеализации становится возможность их истолкования в терминах идеализации более низкого уровня.

Ряд признаков свидетельствует, однако, о том, что указанный период в развитии математики, по-видимому, исчерпал свои внутренние потенции и что мы находимся в преддверии нового этапа, контуры которого можно очертить пока лишь весьма приблизительно. Дело в том, что идея редукции всей математики к ее чисто теоретической компоненте, а последней — к аксиоматико-дедуктивной форме, объективно ведет к увеличению разрыва между математикой и насущными потребностями экономического развития, с одной стороны, и математикой и образованием — с другой. Не имея возможности подробного обсуждения этой проблемы в рамках данной работы, укажем лишь на некоторые характерные явления, свидетельствующие о неблагоприятном положении в развитии математики (если взглянуть на нее не изнутри, глазами активно работающего математика, а «снаружи» — с точки зрения общества).

Первый факт относится к взаимоотношению математики и техники (под техникой мы будем понимать технологии вообще, в какой бы области они ни использовались). Еще в середине прошлого века, обсуждая этот вопрос, А.Н. Колмогоров писал: «Прямые... связи математики с техникой *чаще* (курсив мой. — Е.З.) имеют характер применения уже созданных математических теорий к техническим проблемам», подразумевая при этом, что «примеры возникновения новых математических теорий на основе непосредственных запросов техники» *редки*². Если 50 лет назад такое положение вещей еще не воспринималось как проблема (техника не развивалась столь стремительно и запас готовых математических моделей был достаточен для ее обслуживания), то в настоящее время ситуация изменилась. Стремительная смена технологий приводит к необходимости создания буквально «на ходу» новых адекватных методов анализа количественных параметров. Нарботанные за последние три столетия классические математические модели, созданные внутри самой математики, не всегда справляются с функцией математического обеспечения новых технологических процессов. В качестве примера можно привести современную теорию антикризисного управления, в которой ощущается острый недостаток адекватных математических ме-

¹ Бурбаки Н. Очерки по истории математики. М., 1963. С. 245—259, 252—253.

² Колмогоров А.Н. Математика (статья для БСЭ-2) // Колмогоров А.Н. Математика в ее историческом развитии. М., 1991. С. 27.

годов. Классические математические методы теории управления, развитые в XX в., в данной области чаще всего не удается применить.

Другая проблема, напрямую связанная с односторонним развитием математики как теоретической науки, возникает в сфере математического образования. Эта проблема не представляется особенно острой, когда речь идет о преподавании математики школьникам физико-математических школ и классов или о преподавании студентам-математикам. В этом случае учащийся просто обязан изучить лучшие образцы теоретической математической мысли с тем, чтобы, следуя этим образцам, быть в состоянии внести свой вклад в развитие данной дисциплины. Дело обстоит иначе, когда речь заходит о преподавании элементарной и высшей математики учащимся, для которых математика — в лучшем случае вспомогательный аппарат в основной профессии. Такие учащиеся с трудом воспринимают и осваивают математические формализмы. Причина состоит в том, что эти формализмы в связи с вышеуказанной тенденцией к поиску все более общих, простейших структур приобрели (особенно в настоящее время) столь абстрактный характер, что потеряли всякую связь с теми конкретными задачами, которые когда-то привели к их созданию.

Именно эту категорию учащихся, составляющих подавляющее большинство обучающихся математике в школе и в вузах, имеет в виду В.И. Арнольд, когда пересказывает историю, случившуюся с Ж.Ж. Руссо. Последний писал в своей «Исповеди», что долго не мог поверить в доказанную им самим формулу квадрата суммы, пока наконец не разрезал квадрат на два квадрата и два равных прямоугольника. Мораль этого примера проста. Единственный способ сделать осмысленным освоение математических формализмов (включая формализм арифметики) состоит в показе их предметных интерпретаций. Идея эта не нова. Еще на заре XX в. А. Пуанкаре предлагал обучать учащихся действиям с простыми дробями путем разрезания (хотя бы мысленно) либо круглого пирога, либо яблока. Такой метод преподавания позволяет избежать нелепых выводов, которые сплошь и рядом делают современные школьники, считая, например, что $\frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{2}{5}$.

Подобного рода педагогические идеи идут в разрез с тем стилем математического образования, который, следуя Бурбаки, ставит во главу угла обучение учащихся аксиоматике, на основе которой строятся эффективные, но малопонятные для них математические формализмы. С точки зрения Бурбаки, математика представляет собой иерархию структур на множествах, начиная с простейших (например, структура группы), и заканчивается сложными, состоящими из нескольких порождающих структур. В число последних попадает, в частности, классический анализ. Следуя этой логике, начинать обучение математике надо с простейших формализмов, а заканчивать — теориями уровня математического анализа.

Такой подход к обучению игнорирует тот факт, что в реальной истории развития математики все обстояло с точностью до наоборот. Сначала (в значительной степени под влиянием механики, т.е. материальной предметности) появились нестрогие методы дифференциального и интегрального исчисления, и лишь затем были развиты удовлетворяющие современным критериям строгости соответствующие структуры и формализмы. Но это еще не все. В работах последних лет, написанных в рамках социокультурной философии математики, показано, что изложение математики в соответствии со строгим аксиоматическим подходом органично связано только с одним ее разделом — теоретической геометрией. Был также раскрыт механизм возникновения самого дедуктивного метода. А именно было показано, что греческая математика превратилась из науки о количественных отношениях реальных предметов в науку об идеальных объектах по существу благодаря случаю (невозможности использования египетских строительных приемов в прикладных целях)¹.

И последнее. Восходящая к Канту идея о том, что математика имеет абсолютно достоверное ядро, в последнее время подвергается критике как со стороны философов (К. Поппер, И. Лакатос, Ф. Китчер, А.Г. Барабашев²), так и логиков и историков науки. В качестве примера последнего рода укажем на критику диагональной процедуры Г. Кантора, лежащую в основе многих разделов современной математики и до последнего времени считавшуюся логически корректной³.

Указанные выше обстоятельства — стремительная смена технологий, кризис математического образования и критика идеи кумулятивного развития математики — можно рассматривать как признаки того, что математику в недалеком будущем ожидает переход в новое качество. Поскольку развитие культуры, в том числе культуры математической, совершается в результате сознательных действий людей (а не в процессе естественной эволюции, как это происходит в природе), то не только теоретической, но и чисто практической проблемой становится обоснование стратегий роста математики, исходя из анализа ее исторического развития в целом и особенностей наблюдаемых сейчас кризисных явлений.

¹ См.: Бычков С.Н. Указ. соч. С. 277—284. Бурбакизм же, не видя социокультурной обусловленности аксиоматического метода, возводит его в ранг непререкаемой догмы, что и приводит к тяжелым последствиям для школьного и вузовского математического образования.

² См.: Барабашев А.Г. Будущее математики. Методологические аспекты прогнозирования. М., 1991.

³ См.: Бычков С.Н., Зайцев Е.А., Шашкин Л.О. Канторовская диагональная процедура: исторический и логический контекст // Историко-математические исследования. Вторая серия. Вып. 4 (39). М., 1999. С. 303–325.

1.4. Философские концепции математики

Философские концепции математики различаются тем, как они трактуют природу математических понятий и принципов, логику их происхождения и их связь с представлениями опытных наук. Вопрос о происхождении математических понятий является наиболее важным, поскольку он определяет представления о природе и методе математического мышления. Этот вопрос является и самым трудным в том смысле, что его решение тесно связано с глубокими и еще не вполне понятыми антитезами общей теории познания и прежде всего с традиционным противостоянием эмпиризма и рационализма в понимании норм мышления. Мы проведем здесь краткое описание основных воззрений на математику, имевших место в истории философии и методологии математики.

Первой ясно выраженной философией математики был пифагорейзм. Пифагорейцы отделяли мир чувственных предметов и явлений, в которых царит случайность, от космоса как идеальной основы мира, которая может быть понята только умозрительно, посредством самого разума. Все, высказываемое о чувственном мире, недостоверно, является только мнением, и лишь утверждения математики, относящиеся к космосу, выступают подлинным знанием, обладающим истинностью и неопровержимостью. Пифагорейцы, таким образом, отделяли математику от других наук по предмету, а также и по методу: математические утверждения опираются не на показания чувств, а на умозрение, т.е. на разум, который способен, как они полагали, непосредственно (без опоры на чувственный опыт) отражать глубинные законы мироздания.

Математика определяла и общее пифагорейское понимание реальности, которое выражалось в положении «Все есть число». Это положение выражало веру пифагорейцев в то, что всякая вещь содержит некоторую присущую ей меру, определенное гармоническое соединение частей, благодаря которому она и существует. Они были убеждены также в том, что вещь может быть познана в своей сущности только через раскрытие ее числа, ее внутренней пропорциональности. В соответствии с такой установкой они пытались соединить наиболее значимые для них вещи с числами, которые раскрывали бы их природу. Известно, что богатство и благо они соотносили с числом пять, согласие и дружбу — с числом четыре, вселенную — с числом десять и т.д. Положение «Все есть число» имело у пифагорейцев и другой, менее понятный для нас смысл. Как это видно из сочинений Аристотеля, они понимали число не только в качестве внутренней структуры вещей, но и в качестве их причины, т.е. они мыслили числа как некоторого рода идеальную основу мира, как особого рода субстанцию, определяющую само их возникновение. Можно сказать, что Пифагор и его последователи возводили числа в начало всех

вещей, ставили их на место природных стихий, из которых исходили первые греческие философы.

Пифагорейский взгляд на математику был господствующим в античной философии. Мы видим это в диалогах Платона, в особенности, в «Тее» и «Тимее». Платоновский Бог-демиург строит мир, опираясь на идею пропорционального соотношения всех его частей. «...Бог поместил между огнем и землей воду и воздух, после чего установил между ними возможно более точные соотношения, дабы воздух относился к воде, как огонь к воздуху и вода относилась к земле, как воздух к воде. Так он сопряг их, построив из них небо, видимое и осязаемое. На таких основаниях и из таких составных частей числом четыре родилось тело космоса, упорядоченное благодаря пропорции, и благодаря этому в нем возникла дружба, так что разрушить его самотождественность не может никто, кроме лишь того, кто сам ее сплотил»¹. Мы видим далее у Платона, что каждое из природных начал соединяется с одним из пяти правильных многогранников: огонь — с тетраэдром, земля — с гексаэдром, вода — с октаэдром, воздух — с икосаэдром. Космос как высшее совершенство имеет форму сферы². Здесь мы наблюдаем первые, еще очень наивные попытки использовать математические объекты для описания реальности, для выражения ее сущностных связей.

Первый удар по пифагорейской философии математики был нанесен развитием самой математики, а именно открытием несоизмеримых геометрических величин. Факт существования несоизмеримых величин подрывал гармонию между арифметикой и геометрией, которая для пифагорейцев была само собой разумеющейся, а также пифагорейскую идеологию в целом. Необходимо было признать в силу самой строгой логики, что при любом выборе единицы измерения найдутся величины неизмеримые и непредставимые отношением натуральных чисел, которые, таким образом, уже не могут быть поняты как соответствующие определенному числу. Но если число является недостаточным уже для описания геометрических величин, то его универсальность для выражения других, более сложных вещей становится в высшей степени сомнительной.

Другая причина постепенного ослабления пифагорейской философии математики состояла в развитии философии, в появлении более обоснованного и убедительного объяснения природы математических объектов. Огромная роль принадлежит здесь Аристотелю, в сочинениях которого дана широкая и в определенном смысле исчерпывающая критика пифагореизма. Хотя Аристотель — непосредственный ученик Платона, его мировоззрение отличается от платоновского радикальным образом. Аристотель скорее исследователь природы, чем умозрительный

¹ Платон. Тимей // Соч.: В 4 т. М., 1994. Т. 3. С. 435.

² Там же. С. 458—462.

философ, он ценит факты и логику больше, чем мифологические построения. Отношение Аристотеля к пифагорейцам отрицательное и даже пренебрежительное. Пифагорейская философия ложна прежде всего потому, что она не раскрывает причин вещей. «На каком основании, — спрашивает Аристотель, — числа суть причины? Есть семь гласных, гармонию дают семь звуков, семи лет животные меняют зубы, было семь вождей против Фив. Так разве потому, что число таково по природе, вождей оказалось семь или Плеяды состоят из семи звезд? А может быть, вождей было семь потому, что было семь ворот...»¹ Пифагорейские сопоставления для Аристотеля — простая игра с числами, основанная на случайных совпадениях и не имеющая значения для истинного объяснения явлений.

В философии Аристотеля появилось новое понимание математического мышления, которое известно сегодня под названием математического эмпиризма. В основе этой концепции лежит убеждение в первичности опытного знания. По мнению Аристотеля, математические предметы не являются чем-то существующим отдельно от вещей: они связаны с вещами и возникают как таковые из способности отвращения. «И лучше всего можно каждую вещь рассмотреть таким образом: полагая отдельно то, что отдельно не существует, как это делает исследователь чисел и геометр»². Смысл этого высказывания состоит в том, что человек, воспринимая вещи во всем многообразии свойств, отвлекается от них, оставляя лишь некоторые из них и исследуя их как отдельно (самостоятельно) существующие. Математика, по Аристотелю, является наиболее абстрактной наукой: если физик отвлекается от всех качеств тел, кроме их движения, то математик отвлекается и от движения, оставляя в сфере своего внимания только фигуры и числа. Математик строит особый идеальный мир, основанный на отвлечениях. Этот мир не является независимым от чувственных вещей, он берется как независимый лишь условно, для ясности и простоты рассмотрения интересующих нас свойств. Вещи первичны перед математикой и определяют ее содержание.

Аристотель высказал также ряд других идей, заслуживающих рассмотрения. Он выдвинул положение о том, что строгость математического рассуждения объясняется простотой ее предмета. Под простотой здесь имеется в виду не легкость усвоения математики, а специфическая абстрактность ее предмета, отсутствие разнородности качеств, которые присутствуют в физике и других, более конкретных науках. Им высказана также идея о глубинной связи математики с понятием прекрасного. Важнейшие виды прекрасного, считал Аристотель, — это слаженность, соразмерность и определенность, но именно эти стороны вещей и выявляет математика.

¹ Аристотель. Метафизика // Соч.: В 4 т. М., 1972. Т. 1. С. 365.

² Там же. С. 326.

Аристотелевская концепция математики является, конечно, более обоснованной и более соответствующей логике научного мышления. Значительное число ученых и в настоящее время придерживаются в своей сути аристотелевского воззрения на математику: они считают, что математика вторична перед физикой, что исходные математические объекты есть лишь абстрактные схемы реального бытия вещей. С этой точки зрения математика — абстрактная физика, отвлеченная от анализа сил и движений, одна из наук о природе, и именно по этой причине она с успехом прилагается к описанию природы.

Эмпирическое воззрение на математику встретилось, однако, с большими трудностями. Уже давно было замечено, что математические утверждения (теоремы) не подвергаются опровержению. Доказанное в математике — доказано навсегда, в то время как в физике нет ни одного утверждения, которое не стояло бы перед опасностью пересмотра и корректировки. Мы замечаем также, что математика в обосновании своих положений не использует никаких показаний опыта. Исследуя пространство, геометрия не обращается к опытному анализу пространственных отношений. Наконец, многие объекты, исследуемые в математике, в принципе не могут быть поняты в качестве абстракций из опыта. Затруднения возникают уже с отрицательными числами. Нельзя доказать положение: $(+5) (-5) = +25$, апеллируя к какому-либо опыту или к способности абстрагирования. Еще более проблематичны в этом отношении иррациональные и комплексные числа. Развитие математического анализа ввело в математику понятие бесконечности, которое не имеет коррелята в чувственном опыте. Развитие математики в Новое время выдвигало все новые и новые контрдоводы об отношении аристотелевской концепции математики и все настоятельнее ставило задачу ее понимания на некоторой принципиально новой основе.

Концепция математики, которая в какой-то степени решает эту задачу, сформировалась в XVII—XVIII вв. и получила наименование априоризма. Априоризм в определенной степени является возвращением к пифагорейскому делению знания на чувственное и умопостигаемое, ибо математика объявляется принципиально внечувственным знанием, основанным на специфической интеллектуальной или чистой чувственной интуиции. Декарт разделил все истины на вечные, данные в аподиктической очевидности, и чувственные, постигаемые на основе опыта. Математика снова стала пониматься как знание, радикально отличное от эмпирического знания, полученное на основе внечувственной очевидности. Близкое воззрение было сформулировано Г. Лейбницем. Он отличал необходимые истины (математические и логические) от истин случайных, основанных на опыте. По мнению Лейбница, необходимые истины являются аналитическими, т.е. строго выводимыми из некоторой системы простых тавтологических утверждений. И у Декарта, и у

Лейбница возникновение исходных понятий математики не связывается с опытом; эти истины рассматриваются как истины самого разума, покоящиеся на очевидности, имеющей внеопытную природу.

Учение об априорности математики получило дальнейшее развитие в философии И. Канта. Кант отказался от воззрения Лейбница на аналитичность необходимых истин. Аналитичностью, с его точки зрения, обладает только логика, остальные же виды априорных истин являются синтетическими. Синтетичность математики обусловлена наличием в нашем сознании чистой чувственности, чувственного, но неэмпирического созерцания, которое позволяет сформулировать положения априорные (независимые от опыта) и одновременно синтетические, не сводимые к тавтологиям типа $A = A$. Исходные положения геометрии опираются, согласно Канту, на чистое представление о пространстве, а истины арифметики — на чистое представление о времени. Чистые представления пространства и времени определяют, по Канту, как состав исходных принципов (аксиом) математики, так и логику математического мышления. Любое математическое доказательство самоочевидно в том смысле, что каждый его шаг может совершаться только на основе очевидного синтеза¹.

К важнейшим положениям кантовской философии математики нужно отнести также его положение о конструктивном характере математических объектов. Математика, по мнению Канта, содержит два типа объектов: объекты, непосредственно данные в чистом созерцании, и объекты, данные только своим правилом конструирования. Мы не можем созерцать тысячеугольник, говорит Кант, но мы имеем самоочевидную схему построения этой фигуры, и данное обстоятельство позволяет нам высказывать о ней истинные суждения, несмотря на отсутствие непосредственного зрительного образа этой фигуры.

Признание неевклидовых геометрий в XIX в. существенно поколебало истинность кантовского априоризма. Эти геометрии показывали возможность существования математических теорий, не обладающих априорной и самоочевидной основой. Аксиоматика геометрии Лобачевского и других неевклидовых геометрий не является очевидной, она обладает лишь логической определенностью. Анализ математических понятий показывал также, что многие из них не обладают и конструктивностью в кантовском смысле. Это свидетельствовало о том, что априористское воззрение на математику ограничено и не определяет ее истинного предмета и метода.

В конце XIX в. в связи с осмыслением статуса неевклидовых геометрий и теории множеств стала оформляться новая концепция математики, получившая название формалистской философии математики. Основные ее установки могут быть выражены в виде следующих положений:

¹ См.: Кант И. Соч.: В 6 т. М., 1963-1966. Т. 3. С. 402.

- математика не является наукой, исследующей аспекты реальности, она представляет собой лишь метод логической трансляции опытного знания и состоит из совокупности структур, пригодных для этой цели;

- основным требованием к аксиомам математической теории является не их очевидность и не их связь с опытом, а их непротиворечивость, которая необходима и достаточна для ее приложения к опытным наукам;

- к математике неприменимо понятие истинности в смысле опытного подтверждения. Математическая теория сама по себе не истинна и не ложна. Она становится таковой только после соединения ее понятий с понятиями опытных наук;

- если обоснование содержательной науки состоит в установлении ее истинности, то обоснование математической теории заключается только в доказательстве логической непротиворечивости ее аксиом.

Эти принципы оформились в конце XIX — начале XX в. в работах Г. Кантора, А. Пуанкаре и Д. Гильберта¹. Ясно, что, принимая этот взгляд на сущность математической теории, мы уходим от трудностей эмпирической и априористской философии математики. От математической теории не требуется больше ни наглядности, ни рациональной очевидности принципов, не требуется опытного происхождения и конструктивности понятий. Для математической теории объявляется существенным только одно требование, а именно требование ее непротиворечивости. Проблема обоснования математической теории понимается с этой точки зрения как строгое доказательство ее непротиворечивости. Философия математики XX в. развивалась в основном в русле этих принципиально новых идей, которые, безусловно, представляют собой более высокий этап в понимании природы математического мышления. Определенная трудность этой концепции состоит в том, что она рассматривает все математические теории как онтологически равноценные и не выделяет традиционных теорий как обладающих особым онтологическим статусом.

На протяжении XX в. появились новые воззрения на природу математики. Мы видим прежде всего некоторое возрождение эмпиризма. В этом плане получила известность концепция Ж. Пиаже, который в 50-х гг. прошлого века сформулировал операциональный подход к пониманию природы исходных математических понятий. По мнению Пиаже, необходимо различать два вида опыта: физический и логико-математический. Когда ребенок рассматривает камешки и сравнивает их по цвету, он находится в сфере физического опыта и физических абстракций, когда же он начинает считать эти камешки, то он отвлекается от всех их физических качеств и обращает внимание только на операции, необходимые

¹ См.: Кантор Г. Основы общего учения о множествах // Труды по теории множеств. М., 1985. С. 79—81; Гильберт Д. О бесконечном // Избр. труды. М., 1999.

для того, чтобы переложить их из одной кучки в другую. Исходные математические понятия, по мнению Пиаже, сформировались в опыте, но не в сфере физического, а в сфере логико-математического или операционального опыта, т.е. через наблюдение операциональной активности. Ошибка традиционного эмпиризма состояла в том, что он ставил своей задачей вывести исходные представления математики из физического опыта. Математика в своей сути — это наука о реальных и мысленных операциях, и, таким образом, она имеет предмет, определенный структурой операционального опыта¹.

Другой вариант эмпирического понимания математического мышления был предложен И. Лакатосом в его известной работе «Доказательства и опровержения», а также в ряде статей, посвященных философии математики². Эмпиризм Лакатоса можно назвать методологическим, ибо он направлен прежде всего на критику традиционных представлений о строгости математического доказательства и проектов логического обоснования математических теорий. Лакатос выдвинул положение, согласно которому идеально строгих доказательств не существует. Самое убедительное доказательство, по его мнению, содержит в себе систему скрытых допущений, неявных предпосылок, которые могут оказаться ошибочными или противоречивыми. Полное выявление такого рода допущений, считает он, ни в одном конкретном случае не может быть достигнуто. Даже если бы некоторое доказательство действительно оказалось полностью свободным от скрытых допущений, то мы все равно не могли бы доказать этого факта, т.е. его законченности. Лакатос убежден в том, что мы считаем доказательства строгими в соответствии с принятыми для данного времени критериями строгости, которые не являются неизменными. Абсолютно строгих доказательств, с этой точки зрения, не существует, ибо доказательство, удовлетворяющее критериям строгости одной эпохи, может оказаться нестрогим с точки зрения критериев другой эпохи³.

К математическому эмпиризму можно отнести также и концепцию математики Ф. Китчера, основанную на психологической теории познания. Одна из основных целей Китчера состоит в критике априоризма. По его мнению, всякая интуиция, в конечном итоге, есть продукт опыта, и не существует никакой особой интуиции, которая могла бы гарантировать полную надежность математического рассуждения⁴.

¹ См.: Пиаже Ж. Структуры операциональные и структуры математические // Преподавание математики. М., 1960. С. 30.

² См.: Лакатос И. Доказательства и опровержения. Как доказываются теоремы. М., 1967; Лакатос И. Бесконечный регресс и обоснования математики // Современная философия науки. М., 1996; Lakatos I. A Renaissance of Empiricism in the Recent Philosophy of Mathematics // Brit. Journ. for the Philos. of Sci. 1976. Vol. 27. № 3.

³ См.: Лакатос И. Доказательства и опровержения. С. 80.

⁴ См.: Kitcher Ph. The Nature of Mathematical Knowledge. N.Y., 1983. P. 50—53.

В последнее время появились также воззрения на математику, которые можно назвать неоприоризмом, поскольку они настаивают на априорности исходных принципов арифметики и евклидовой геометрии, трактуя остальные математические теории в духе формалистской концепции. Математика с этой точки зрения разбивается на две части: первичная, априорная математика, принципы которой обладают самоочевидностью и вторичная, формальная математика, созданная для внешних (прикладных) задач, удовлетворяющая только требованию непротиворечивости. Некоторые попытки восстановления математического априоризма мы видим в работах Я. Хинтикки и ряда других философов¹. Неоаприористское воззрение на природу математики представляется достаточно перспективным. Несомненно, что исходные математические теории, такие, как арифметика, геометрия и логика, имеют прямую связь с универсальной онтологией, они тесно связаны с категориальным видением мира и имеют значение для мышления вне их прикладной ценности. Безусловно, Кант был прав, связывая исходные математические представления с общей логикой человеческого мышления.

Краткий обзор основных воззрений на природу математики убеждает нас в том, что наряду со сдвигами в развитии самой математики происходит постоянное совершенствование философии математики. Мы видим здесь смену воззрений и возрождение старых точек зрения на основе новых фактов. Очевидно, что это диалектическое движение не может закончиться. В философии математики мы не достигаем последних пределов, как и в развитии самой математики.

1.5. Философия и проблема обоснования математики

Проблема обоснования математического знания сводится к решению двух вопросов, а именно к обоснованию строгости (законченности) математических доказательств и к обоснованию непротиворечивости математических теорий, составляющих фундамент математической науки, прежде всего таких теорий, как арифметика и теория множеств.

Эти вопросы были в центре внимания логиков и философов на протяжении всего последнего столетия. Хотя окончательное решение проблемы обоснования до сих пор не достигнуто, несомненно, имеется существенное продвижение в смысле более глубокого ее понимания и разработки средств, которые могут быть использованы для ее решения.

¹ См.: Хинтикка Я. Информация, дедукция и а priori // Хинтикка Я. Логико-эпистемологические исследования. М., 1980.

На вопрос о том, являются ли математические доказательства строгими, должен быть дан отрицательный ответ, если мы имеем в виду теории на стадии их становления, т.е. на стадии формирования понятий и логики рассуждения. Этот вопрос, однако, становится более трудным, если мы имеем в виду хорошо развитые математические теории, в которых выявлена система необходимых посылок и нет сомнений в характере используемых логических средств. Математик, конечно, не сомневается в том, что основные доказательства алгебры и элементарной геометрии безупречны. Их трудно поставить под сомнение хотя бы потому, что они образуют логически связанную систему положений и сомнение в надежности одного из них ставит под вопрос существование теории в целом. Но можем ли мы все-таки обосновать полную надежность какого-либо конкретного доказательства? Трудность положительного ответа на этот вопрос заключается в том, что рассуждение, доказывающее строгость какого-либо доказательства, само должно быть обосновано в своей строгости и т.д. Это значит, что мы должны получить заключение о строгости доказательства не на основе математического доказательства, а из некоторых содержательных соображений, обладающих полной надежностью. Но могут ли существовать содержательные и одновременно безусловно строгие рассуждения? Подавляющее число логиков и философов сомневаются в совместимости этих требований.

Длительная неопределенность в положительном решении вопроса побудила многих философов защищать противоположную идею, а именно настаивать на принципиальной нестрогости любого математического доказательства. Именно в этом плане И. Лакатос защищал положение, согласно которому идеально строгих доказательств не существует. Очевидно, что Лакатос исходит из эмпирического взгляда на формирование математических понятий. Никакое понятие, по его мнению, не свободно от интуиции опыта, которые несовершенны и могут проявить себя в виде скрытых лемм или парадоксов на некотором этапе развития математической теории. С точки зрения априористской теории познания эти заключения, конечно, не будут законными. Исходные понятия математики, данные в аподиктической очевидности, не могут содержать дефектов, и математическое доказательство, сведенное к системе аподиктически очевидных шагов, должно быть признано в качестве абсолютно надежного. Необходимо сделать выбор между этими двумя подходами. Это значит, что проблема строгости математических доказательств может быть решена только при прояснении природы элементарных очевидностей, лежащих в его основе. Она сводится, таким образом, к необходимости выбора между эмпиризмом и априоризмом как общими философскими воззрениями на природу математических понятий. Надо признать, что в настоящее время мы пока не имеем аргументации, позволяющей сделать здесь однозначный выбор или некоторым образом примирить диаметрально противоположные подходы.

Обоснование математики в плане обоснования непротиворечивости математических теорий имеет аналогичные трудности. Эта проблема, как известно, была поставлена под влиянием парадоксов, обнаружившихся в теории множеств и математической логике в начале XX в. Парадоксы поставили перед математиками две задачи. Первая из них состояла в том, чтобы найти общие причины этого явления и указать минимальные ограничения для логики математических рассуждений, которые были бы достаточными для устранения парадоксов. Вторая, более широкая задача состояла в том, чтобы сформулировать общие требования к математической теории, гарантирующие ее непротиворечивость. Первую задачу можно считать решенной. Уже в самом начале обсуждения проблемы Б. Рассел и Э. Цермело указали необходимые ограничения для аксиом логики и теории множеств, устраняющие все известные парадоксы. Метод, предложенный Расселом, состоял в разделении математических объектов по уровням абстрактности и в соответствующем ограничении области определения логических функций¹. Но являются ли эти ограничения достаточными для устранения любых парадоксов, в том числе и тех, которые могут появиться в будущем? Проведенные исследования пока не позволяют утвердительно ответить на этот вопрос, и есть основания считать, что при такой общей постановке проблема является неразрешимой.

В начале XX в. были намечены три программы обоснования математики: логицизм, интуиционизм и формализм. Программа логицизма была сформулирована немецким математиком и философом Г. Фреге еще до появления парадоксов. Суть этой программы состояла в том, чтобы свести понятия математики к понятиям логики и представить принципы математических теорий в качестве общезначимых логических истин. Поскольку классическая логика базируется на простой и предельно ясной системе понятий, то, согласно Фреге, мы имеем основания предполагать ее абсолютную непротиворечивость. При принятии этого допущения редукция математической теории к логике может рассматриваться как строгое доказательство ее абсолютной непротиворечивости, гарантированности ее от противоречий любого вида. А. Уайтхед и Б. Рассел в своем фундаментальном труде «Principia Mathematica» (Vol. 1—3. 1910—1913) предприняли попытку систематического анализа основных математических теорий в плане их редукции к логике. Общий вывод состоял в том, что при условии истинности аксиомы выбора и аксиомы бесконечности такая редукция может быть осуществлена для всех основных математических теорий. Однако К. Гедель в своей знаменитой статье «О неразрешимых предложениях "Principia Mathematica" и родственных систем» (1931) показал, что почти все математические теории, включая арифметику, если допустить их непротиворечивость, не являются полными. Неполнота математической

См.: Рассел Б. Введение в математическую философию. Новосибирск, 1998. Гл. 7.

теории означает, что она содержит в себе положения, истинные при некоторой интерпретации, но вместе с тем логически недоказуемые в теории. Отсюда следует, что использованные Уайтхедом и Расселом элементарные логические исчисления, поскольку они удовлетворяют требованию семантической полноты, в принципе недостаточны для адекватного представления арифметики и более сложных математических теорий как систем, не обладающих свойством полноты. В настоящее время признано, что исследования Гёделя показали бесперспективность логицизма как программы обоснования математики. Бесперспективность логицистской программы следует также и из более общих рассуждений, касающихся природы логических принципов.

Программа интуиционизма, родоначальником которой является Л. Брауэр, ставила задачу редукции математики к исходным представлениям арифметики, рассматривая последние в качестве необходимых и далее неразложимых интуиции сознания. При этом Брауэр существенно ограничил обычную логику математического рассуждения, изъяв из нее закон исключенного третьего и ряд других употребимых схем вывода. В качестве правильных и безусловно строгих принимались только конструктивные рассуждения, которые связывали любое утвердительное суждение об объекте с его предъявлением в качестве конструкции. Понятие актуального бесконечного множества полностью исключалось из математики как противоречивое по своей сущности. Все допустимые математические объекты, по мысли Брауэра, должны быть построены на основе натуральных чисел и интуитивно ясных операций с ними. В пределах возможностей такого рода конструктивной перестройки математики она, считал Брауэр, является абсолютно гарантированной от противоречий.

Многие математики были согласны с Брауэром в том, что конструктивная математика сама по себе не может содержать противоречий и что если бы Брауэру удалось свести к арифметике достаточно широкую область математики, то вопрос о ее обосновании был бы решен положительно. Этого, однако, не удалось сделать. Сам Брауэр вскоре увидел, что основные понятия математического анализа и даже некоторые принципы алгебры не поддаются такого рода конструктивному представлению. Последователи Брауэра построили интуиционистский анализ и интуиционистскую теорию множеств, но эта деятельность, будучи интересной и продуктивной в математическом плане, очевидно, не решала проблемы обоснования классической математики, которая является наиболее значимой для приложений. Интуиционистская программа обоснования математики оказалась, таким образом, несостоятельной вследствие своей узости.

Наиболее обоснованной теоретически была формалистская программа, предложенная Д. Гильбертом. Мы можем понять сущность программы Гильберта из его отношения к исследованиям Рассела и Брауэра. Гильберт считал, что обоснование математики, предложенное Расселом,

не является строгим, поскольку оно опирается на утверждения типа аксиомы сводимости и аксиомы бесконечности, которые могут быть поняты только как некоторого рода гипотезы. Он был категорически не согласен с подходом Брауэра, который, по его мнению, является разрушительным для математики. Вместе с тем он соглашался с Фреге и Расселом в том, что строгость математики может быть достигнута только через уточнение ее языка и через прояснение логической структуры теории. Гильберт, как это признано, взял у логицистов понятие строгой аксиоматизации и формализации математической теории. Отрицая интуиционизм как способ обоснования математики, он соглашался с Брауэром в том, что закон исключенного третьего неприменим к математическим утверждениям, связанным с бесконечностью. Как и Брауэр, он считал, что истинность математического суждения относительно бесконечного множества предметов не может быть проверена и вследствие этого строгая альтернатива, выражаемая законом исключенного третьего, не может быть применена к нему в качестве безусловной истины.

Исходя из этого положения, Гильберт сформулирует принцип финитизма, согласно которому оперирование с бесконечным может быть сделано надежным только через конечное¹. Финитизм Гильберта, однако, не столь радикален, как финитизм Брауэра: если Брауэр хотел устранить актуальную бесконечность из математики вообще как понятие, не имеющее смысла, то Гильберт считал возможным сохранить его в тех пределах, в которых оно допускает финитное обоснование.

Процедура обоснования математики, согласованная с этими общими установками, предполагает полную формализацию теории, заключающуюся в представлении ее аксиом в виде не имеющих содержания строчек символов. Математическая теория тем самым превращается в объект, подчиненный чисто внешним (формальным) манипуляциям, основанным исключительно на структуре ее формул. В плане классификации очевидностей можно сказать, что формализация представляет собой редукцию всех типов математической очевидности к предметной и логической очевидности.

Формализованная теория предполагает содержательную метатеорию, которая включает в себя описание структуры формализма, общие принципы логики и специальные правила преобразования (принцип индукции и т.п.), допустимые для действий в рамках формализованной теории. Метатеория, по замыслу Гильберта, должна быть безусловно истинной и достаточной для строгого обоснования непротиворечивости формализма, которое должно состоять в доказательстве того факта, что в его рамках в соответствии с правилами логики и правилами введения производных объектов не может быть получено выражение, имеющее вид « $0 = 1$ ».

¹ См.: Гильберт Д. Избр. труды. М., 1999. С. 448.

Целью формалистского анализа, как и всякого другого обосновательного рассуждения, являются, конечно, реальные математические теории, различающиеся по своему содержанию и методу. Специфика формалистского подхода состоит в том, что заключение о непротиворечивости реальной математической теории предполагается вывести из непротиворечивости ее формализованного аналога. Формалистское обоснование покоится на допущении, что непротиворечивость формализма, будучи доказанной, гарантирует полную надежность содержательной теории.

Успех формалистского обоснования обеспечивается, очевидно, надежностью метатеоретического доказательства. Гильберт формулирует ряд требований к метатеории, которые известны как принципы гильбертовского финитизма. Они могут быть сведены к положениям, согласно которым метатеория является:

1) *синтаксической* в том смысле, что она имеет дело только со знаковой структурой теории и с преобразованиями, допустимыми в этой структуре. Строгое метатеоретическое обоснование непротиворечивости теории — это обоснование, апеллирующее только к синтаксису теории и не использующее никаких допущений о содержании ее понятий и принципов;

2) *содержательной*, поскольку она относится к конкретному формализму как к своему единственному предмету и в своих внелогических предпосылках не выходит за пределы описания его самоочевидных свойств;

3) *финитной*, ибо она не имеет дела с операциями с бесконечными множествами и с математическими принципами, связанными с допущением актуальной бесконечности;

4) *конструктивной* в том смысле, что всякое утверждение о существовании объекта в ее рамках должно быть подтверждено процедурой его построения.

Легко видеть, что все эти требования являются необходимыми для метатеории с точки зрения понятия строгости, сформировавшегося в начале века под влиянием логицистского и интуиционистского анализа проблемы. Часто указывается, и в определенном смысле это верно, что Гильберт не дал полного определения метатеории, устраняющего всякие колебания относительно возможного ее содержания. Методологический замысел Гильберта, однако, совершенно ясен. Он состоит в том, чтобы ограничить метатеоретическое рассуждение таким образом, чтобы оно гарантировало его абсолютную достоверность. Метатеория должна быть способной доказывать непротиворечивость формализованных теорий, а следовательно, и непротиворечивость соответствующих им содержательных теорий, независимо от их содержания.

Гильберт также считал, что метатеория должна включать в себя только математически определенные понятия. Речь идет здесь о требовании, кото-

рое получило в дальнейшем название принципа отделения оснований от философии. Это положение означает, что выделение принципов метатеории должно совершаться только на основе математических критериев. Принимая факт априорности элементарной математики, Гильберт отождествляет априорность с финитностью и формулирует требование финитности в качестве основного критерия для метатеории. Мотив этой замены ясен: требование финитности является математическим и предположительно более определенным, чем философское понятие априорности. Гильберт не допускает в рамках метатеории принципов и терминов философского характера, не имеющих адекватного математического представления.

Программа Гильберта была поставлена под сомнение теоремой Гёделя о непротиворечивости. Согласно этой теореме, если некоторая теория непротиворечива и неполна, то доказательство ее непротиворечивости не может быть получено средствами, формализованными в этой теории. Иными словами, мы не можем доказать непротиворечивость арифметики, не прибегая к некоторым средствам, выходящим за пределы арифметики. Ясно, что это противоречит исходному замыслу Гильберта, который надеялся обосновать сложные математические теории некоторыми достаточно простыми средствами, включенными в метатеорию.

Провал программ обоснования математики привел к устойчивому скептицизму относительно возможностей разрешения этой проблемы вообще. Многие современные математики и философы склонны считать, что убеждение в непротиворечивости математических теорий базируется исключительно на практике их использования, которая подтверждает их достаточную надежность в различных областях науки и техники. В этом случае мы должны признать, что математика, как и другие науки, обосновывается в конечном итоге только из опыта и не имеет никаких оснований для утверждения своей полной надежности. Существуют, однако, и другие, более оптимистичные концепции обоснования, предполагающие возможность новых подходов к обоснованию непротиворечивости математических теорий, которые не связаны с трудностями классических программ¹.

Один из возможных подходов состоит в гносеологической реабилитации логических средств, запрещенных в рассмотренных программах обоснования математики. В гильбертовской программе обоснования, как мы это видим, все зависит от дедуктивных возможностей метатеории, которая ограничена определенной системой требований. Но в какой мере являются оправданными эти требования? Современные исследования все с большей определенностью приводят нас к выводу, что эти требования могут быть существенно смягчены без ущерба для строгости метатеоретического рассуждения. Одним из требований к метатеоретическому рассуждению

¹ См.: Ершов Ю.Л., Самохвалов К.Ф. О новом подходе к методологии математики // Закономерности развития современной математики. М., 1987. С. 85—105.

является требование конструктивности, которое сводится к недопущению в системе логических норм закона исключенного третьего и классического (нефинитного) истолкования квантора общности. Логические исследования, проведенные в течение последнего столетия, свидетельствуют, однако, о полной надежности классической логики. Здесь достаточно напомнить об исследованиях А.Н. Колмогорова, которые показывают, что теории, использующие закон исключенного третьего, могут быть переведены в систему рассуждений, не опирающуюся на этот закон. Об этом же говорит и теорема Гёделя, согласно которой классическая арифметика является столь же непротиворечивой, как и арифметика интуиционистская. С точки зрения этих и многих других результатов представляется правомерным вывод о полной надежности классической логики и о неправомерности брауэровской критики закона исключенного третьего. Но если верно, что закон исключенного третьего не имеет тех дефектов, которые приписывает ему интуиционистская критика, то мы можем отказаться от требования конструктивности метатеоретических рассуждений. Можно настаивать лишь на требованиях содержательности и конкретности метаязыка, которые представляются действительно существенными. Анализ показывает, что такая либерализация метатеории, будучи теоретически оправданной, привела бы к строгому обоснованию арифметики, математического анализа и существенной части теории множеств.

Аналогичная критика представляется справедливой и в отношении некоторых других требований к метатеории. Современный анализ логики математического мышления позволяет утверждать, что семантические средства должны быть признаны в качестве законного элемента обосновательных рассуждений, несмотря на то, что они не могут быть включены в метатеорию в ее гильбертовском понимании. Сторонники строгого гильбертовского подхода ставят здесь неоправданные запреты. Э. Мендельсон пишет о непротиворечивости принятого им варианта формализованной арифметики (системы S): «Если мы признаем стандартную интерпретацию моделью теории S , тогда мы должны признать и факт непротиворечивости этой системы, однако семантические методы, включающие в себя, как правило, известную долю теоретико-множественных рассуждений, по мнению некоторых математиков, являются слишком ненадежной основой для доказательства непротиворечивости»¹. Если философский и методологический анализ математического рассуждения позволяет обосновать надежность семантических средств, по крайней мере в известных пределах, то все доказательства непротиворечивости, опирающиеся на такого рода качественную семантику, должны быть признаны законными, обладающими абсолютной достоверностью. Представляется, что разделение доказательств на семантические и синтаксические, безразличное для обычной математической

¹ Мендельсон Э. Введение в математическую логику. М., 1972. С. 108.

практики, должно быть признано безразличным и для сферы обосновательных рассуждений. В настоящее время уже имеются убедительные с математической точки зрения доказательства непротиворечивости математических теорий с использованием семантических соображений. Здесь можно указать на доказательство непротиворечивости арифметики, данное Н.М. Нагорным, которое исходит из понятия реализуемости¹.

Гносеологический анализ показывает, что слишком сильным и не вполне оправданным является также общее требование Гильберта к структуре метатеории, предусматривающее полное исключение из нее определений, не относящихся к математике. Несомненно, что метатеоретическое рассуждение может прибегать к аподиктически очевидным (интуитивно ясным) представлениям, не имеющим строгого математического определения. Мы можем, к примеру, принимать некоторые логические и общие математические принципы как априори истинные, без математического уточнения понятия априорности. Разумеется, что эта стратегия должна быть обоснована в рамках гносеологического анализа априорности.

Современный логический и гносеологический анализ свидетельствует, что мы можем отказаться не только от ограничений на логику метатеории, но в определенной мере и от требования финитности. Этот последний шаг, будучи обоснован, обеспечил бы принятие известных доказательств непротиворечивости арифметики, проведенных с использованием принципа трансфинитной индукции.

Из сказанного можно сделать следующий вывод: проблема обоснования математики в настоящее время пока не может считаться решенной ни в положительном, ни в отрицательном смысле и есть все основания полагать, что возможности ее положительного решения не так ограничены, как это представляют себе скептики, опирающиеся исключительно на факт провала традиционных программ обоснования. У нас нет абсолютных запретов на появление других более успешных программ, которые будут исходить из более адекватных представлений о природе математического мышления и об условиях его строгости. Мы должны хорошо осознавать то обстоятельство, что наше продвижение к строгому обоснованию математики зависит от нашего понимания природы математического мышления, которое находится в процессе постоянного совершенствования.

¹ См.: Нагорный Н.М. К вопросу о непротиворечивости классической формальной арифметики. Вычислительный центр РАН. М., 1995.

1.6. Философско-методологические и исторические проблемы математизации знания

Логическая автономность математики не означает автономности функциональной: математика развивается не для самой себя, а в ориентации на запросы научного знания. Особенности развития математического знания могут быть в полной мере поняты только с учетом этой внешней связи. Развитие математики в Новое время, конечно, не было автономным, оно было продиктовано развитием техники, промышленности и теоретического естествознания. Развитие математического анализа, как известно, самым тесным образом связано с проблемами механики и теоретической физики в целом. Расширяющееся приложение математики к нематематическим наукам составляет суть процесса, который мы называем математизацией знания.

Общая схема математизации знания предельно проста и сводится в конечном итоге к интерпретации математической теории через понятия теории содержательной или, если идти со стороны содержания, к выявлению математических связей и отношений, отражающих определенные аспекты реальности, зафиксированные в содержательной теории. Классическим примером эффективной математизации является применение математики к проблемам механики. Это применение основано на структурном тождестве математических и содержательных законов. Мы замечаем, что если дана формула, выражающая зависимость пройденного пути от времени, то производная от этого выражения по времени будет соответствовать величине скорости движения, а вторая производная — величине ускорения. Это замечательное соответствие математических и физических понятий позволяет все понятия и связи механики записать в виде математических функций и установить между этими функциями четкие, чисто математические связи. Проблемы механики переводятся таким образом в чисто математическую плоскость, точно таким же образом, как проблемы геометрии были в свое время преобразованы Декартом в проблемы алгебры благодаря выявлению соответствия между геометрическими и алгебраическими понятиями. В процессе математизации, однако, математическая теория интерпретируется не в понятиях другой математической теории, а в понятиях теории содержательной.

Важно заметить, что процесс математизации зависит как от развития математики, так и от зрелости содержательной науки. Математизация механики не состоялась бы, если бы не была разработана в достаточной мере теория дифференциального исчисления, но, с другой стороны, она не состоялась бы без ясного определения таких понятий, как масса, ускорение, количество движения и т.д. Без этих понятий мы не сформулировали бы в ясной форме законов механики и не смогли бы выявить их

собственно формальную или математическую структуру. Математика применяется к тем областям знания, которые достигли достаточно высокой степени структуризации своего объекта. Практика показывает, что далеко не все науки способны к ясной структуризации предмета, обеспечивающей использование математического метода.

Пример механики позволяет нам ввести важное понятие классической или полной математизации. Мы будем называть математизацию теории полной, если:

- качественные характеристики объектов теории допускают адекватную меру;
- все основные понятия и принципы теории поддаются выражению в математических понятиях;
- математическая теория позволяет осуществить достаточно точные предсказания в области действия (приложения) этой теории.

Очевидно, что классическая механика уже в XVIII в. достигла степени полной математизации. Не только исходные понятия теории, какими являются сила, масса и ускорение, определены через строгие формальные отношения к другим понятиям, но и все производные понятия выведены на основе исходных. То же самое относится и к единицам измерения. Исходные величины, а именно величины массы, длины и времени определены через общезначимые эталоны, производные же величины — через исходные на основе теоретических связей между ними. Полная математизация имеет место также и в других физических теориях, таких, как термодинамика, электродинамика, квантовая механика и теория поля. Принципы этих теорий имеют адекватное математическое представление, все их внутренние величины определены через исходные, и эти теории обладают высокой адекватностью отражения реальности в том смысле, что они способны давать точные предсказания и описания процессов, протекающих в природе и в различного рода технических устройствах.

Для математизации научной теории принципиально важным является допустимый в ней способ измерения величин. Мы должны различать адекватные и неадекватные меры. Мере величины можно назвать адекватной, если мы убеждены, что большей величине соответствует большая мера, равным величинам — равные меры и при увеличении величины в некоторое число раз ее мера увеличивается в то же самое число раз. Адекватная мера предполагает наличие способа измерения, прежде всего, единиц измерения, зафиксированных в виде устойчивых эталонов. Все физические величины обладают в этом смысле адекватной мерой, поскольку они выражаются в конечном итоге через меры длины, массы и времени, которые фиксируются с предельной определенностью.

Основной недостаток теорий за пределами физики заключается в отсутствии адекватных мер, и поэтому приходится прибегать, как правило, к условным мерам, которые мало пригодны для точного выражения функ-

циональных связей. У нас нет адекватной меры для определения величины грамотности общества, и мы вынуждены пользоваться для выражения с такими условными характеристиками, как среднее число лет, которое затрачивается в данной стране на обучение ребенка, уровень финансирования системы образования и т.д. Конечно, мы имеем качественные признаки, позволяющие отличить развитую экономику от менее развитой, но не существует единого показателя, позволяющего дать точное количественное выражение качества экономической системы. Условность измерения ведет к условности устанавливаемых функциональных связей и к ограничению теоретического анализа в смысле точности предсказаний.

Существенное отличие современной математизации от классической состоит в том, что она не является полной. Она фрагментарна в том смысле, что математическому моделированию поддаются лишь некоторые частные процессы, исследуемые теорией, но не теория в целом. Мы строим здесь модель для некоторого процесса, не имея математического представления об основных понятиях и принципах теории. Примером такой частичной математизации является математическая модель сосуществования хищников и жертв в биоценозе, предложенная В. Вольтерра. Интуитивно ясно, что увеличение числа зайцев в лесу как потенциальных жертв ведет к увеличению числа волков как особей, потребляющих зайцев в пищу, и что слишком бурное размножение волков должно привести к уменьшению числа зайцев и, в конце концов, к сокращению числа волков. Намечается, таким образом, некоторое взаимодействие двух линий развития во времени. Эта ситуация может быть записана в следующих уравнениях:

$$\frac{dN}{dt} = rN - aCN; \quad \frac{dC}{dt} = kaCN - gC,$$

где N — число жертв, C — число хищников, a, r, k, g — коэффициенты, характеризующие взаимодействие хищников и жертв, устанавливаемые на основе опыта. Эти уравнения допускают уточнение и в принципе могут служить для предсказания тенденций увеличения или уменьшения основных видов в биоценозе. Известно, что математическое моделирование процессов в биоценозе дает неплохие результаты в прогнозах вылова различных пород рыб по сезонам в замкнутых водных бассейнах¹.

Этот пример показывает особенности неклассической (фрагментарной) математизации. Такая математизация не захватывает принципов на-

¹ Детальный анализ уравнений Вольтерра см.: Тутубалин В.Н., Барабашева Ю.М., Григорян А.А., Деяткова Г.Н., Угер Е.Г. Математическое моделирование в экологии. Историко-методологический анализ. М., 1999.

уки в целом, она относится исключительно к некоторым выделенным, изолированным фрагментам. Важно также то, что такого рода математизация не опирается на адекватные меры и не обеспечивает точного предсказания. Математизация знания за пределами физики является фрагментарной и неточной из-за отсутствия адекватно измеряемых величин. Имеются серьезные доводы в пользу того, что математизация за пределами физики не имеет шансов стать полной и адекватной математизацией в определенном выше смысле. Ни одна гуманитарная наука, конечно, не может достичь такой законченной аксиоматической структуры изложения, которую приобрела механика уже на ранней стадии своего развития. Опыт науки последних десятилетий показывает, однако, что несмотря на указанные недостатки фрагментарной математизации, она завоевывает все новые и новые области, демонстрируя таким образом свою полезность. Все говорит о том, что гуманитарные науки по мере своего развития будут требовать все более широкого использования математических методов.

В философском плане основная проблема математизации состоит в прояснении ее онтологической основы, ее обусловленности сложностью предмета науки. История науки ясно показывает, что математической обработке поддаются только те теории, в которых могут быть выявлены модели, пригодные для количественной обработки и для определения в точных понятиях. Математизация знания зависит, таким образом, в первую очередь от внутренних особенностей самого этого знания, от его способности к внутренней определенности, от наличия в нем достаточно определенных и вместе с тем достаточно содержательных схем. Научные теории сильно различаются по своей способности к строгому определению понятий и в разной степени способны к представлению своих законов в математических понятиях. Проблема состоит в уяснении условий, обуславливающих возможность математизации знания, в установлении требований, позволяющих понять возможную сферу эффективности математического метода. В настоящее время мы не имеем здесь сколько-нибудь ясных представлений, и можно сказать, что существующая теория математизации знания ограничивается пока лишь анализом ее истории и сравнением типов задач и используемого математического аппарата.

Современная математизация знания отличается от классической и в том смысле, что она тесно связана с развитием вычислительной техники и в этом плане может быть квалифицирована так же, как его компьютеризация. Это обстоятельство объясняется прежде всего тем, что модельный и приближенный характер современной математизации требует совершенствования (подгонки) модели к условиям реальности. Такого рода совершенствование модели не может быть достигнуто средствами традиционного теоретического анализа, но во многих случаях легко достигается на основе вычислительного эксперимента. Можно сказать, что вычислительный эксперимент позволяет преодолеть самый существенный

Недостаток фрагментарной математизации — отсутствие адекватных мер и точности предсказания. Известно, что достаточно точные модели поведения объектов могут быть построены и в тех случаях, где еще не достигнуто адекватного теоретического описания и даже нет ясного понимания процесса. Продвижение математических методов в психологию и гуманитарные науки было бы невозможным, если бы мы должны были опираться здесь только на достигнутое теоретическое понимание процессов и на строгую дедукцию из принципов. Современная математизация обладает, таким образом, некоторой независимостью от теории, что является одним из ее преимуществ перед математизацией классической.

Для понимания математизации знания и общего механизма соотношения математики и опыта в процессе развития науки важно также пояснить такие относящиеся к ней явления, как математическое предвосхищение и математическая гипотеза. Явление математического предвосхищения состоит в применении к описанию реальности математических понятий и теорий, созданных первоначально исключительно из теоретических соображений, без прямой связи с опытом. Так, математическая теория групп, созданная Лежандром, Абелем и Галуа, нашла и прошлом столетии использование в квантовой механике и теории элементарных частиц, а неевклидовы геометрии — в теории относительности. Аналогичным образом обнаружилась тесная связь с опытом абстрактных топологических пространств и даже закономерностей распределения простых чисел, которые открывались, конечно, без всякой связи с запросами теоретического естествознания. А. Эйнштейн в статье о Кеплере высказывал восхищение загадочной гармонией природы и мысли, благодаря которой геометрические фигуры, придуманные древними, а именно эллипс и гипербола, нашли в Новое время реализацию в орбитах небесных тел¹. Н. Бурбаки также усматривает проблему в том, что некоторые аспекты экспериментальной действительности «как будто в результате предопределенности» укладываются в некоторые из существующих математических форм². Конечно, здесь не следует усматривать какой-либо мистики. Эти факты показывают, однако, наличие глубинных связей между развитием математики и опытных наук, которые не сводятся к простому взаимовлиянию структур и которые нам предстоит еще понять в процессе методологического анализа.

Явление математической гипотезы состоит в том, что чисто формальные, иногда даже непреднамеренные изменения математических уравнений, описывающих определенные стороны реальности, приводят к закономерностям, описывающим другие стороны реальности или существ-

¹ См.: Эйнштейн А. Физика и реальность. М., 1965. С. 109.

² См.: Бурбаки Н. Архитектура математики // Бурбаки Н. Очерки по истории математики. М., 1963. С. 258.

венно расширяющим поле использования первоначальной теории¹. Впечатляющим примером такой формальной вариации является уравнение Шрёдингера, полученное в результате модификации классического волнового уравнения. Этот путь привел в конечном итоге к прояснению принципов квантовой механики и широкого поля ее приложений. Особенностью этого пути является то, что математический аппарат теории появляется раньше его адекватной содержательной интерпретации. Некоторые исследователи методологии науки видят в этом новую форму взаимодействия между математикой и научной теорией, появившуюся в XX в., которая характеризуется тем, что математика начинает играть ведущую и решающую роль в становлении физической (содержательной) теории².

Математическая гипотеза родственна математическому предвосхищению, так как в том и другом случае речь идет об активной и опережающей роли математики в развитии содержательной теории. Но тут есть и существенное различие: говоря о математическом предвосхищении, мы фиксируем некоторого рода исторически реализующуюся тенденцию, способность математики готовить форму для новых физических теорий, в то время как в случае с математической гипотезой мы говорим о сознательном использовании этой особенности развития математики, т.е. о некотором методе, основанном на этом свойстве математической теории. Можно сказать, что математическая гипотеза является методологической реализацией, предвосхищающей способности математического мышления.

Современная математизация знания в методологическом плане представляет собой сложное, противоречивое и во многих отношениях еще не вполне понятное явление. Мы ясно видим, что, хотя усложнение объекта исследования создает почти непреодолимые затруднения для математического представления теории, спрос на математику со стороны науки, в том числе и наук за пределами физики, постоянно растет. Вопрос о перспективах математизации знания, таким образом, остается открытым. Для понимания этих перспектив необходимо иметь более определенные знания об условиях применения математики к таким объектам, как объекты биологии, психологии и социальной науки. Достаточно полной методологической теории, отвечающей на эти вопросы, мы пока не имеем.

Вопросы для самопроверки

1. Что общего и в чем состоит существенное различие в подходе к методологическим проблемам математики в рамках фундаменталистского и нефундаменталистского направлений в современной философии математики?

¹ См.: Кузнецов И.В. Избранные труды по методологии физики. М., 1975. С. 85–101.

² См.: Визгин Вл.П. Проблемы взаимосвязи математики и физики. Историко-математические исследования. М., 1975. Вып. XX; Кяйин М. Математика. Утрата определенности М., 1988. Гл. 13.

2. В чем состоит особая роль геометрии как теоретической науки в становлении дедуктивной формы изложения математического знания?

3. Каким образом закономерности развития математики связаны с различием теоретической и практической математики?

4. Укажите основные расхождения между эмпирическим и априористским в толковании математических понятий.

5. Что значит обосновать математическую теорию с логицистской, интуиционистской и формалистской точки зрения?

6. В чем состоят особенности современной математизации знания?

Темы рефератов

1. Место математики в культуре.
2. Абстракции и идеальные объекты в математике.
3. Взгляды математиков на методологические проблемы науки (Г. Кантор, Д. Гильберт, А. Пуанкаре, Г. Вейль, Н.Н. Лузин, А.Н. Колмогоров, В.И. Арнольд, (.11. Новиков).
4. Математика и физика в их историческом взаимодействии.
5. Логика и интуиция в математике.
6. Проблема бесконечности в математике.
7. Особенности развития математики.
8. Эмпиризм в философии математики.
9. Априористская концепция математики.
10. Аксиоматический метод в математике.
11. Математическое предвосхищение и математическая гипотеза.
12. Проблема обоснования математики.
13. Методологические особенности современной математизации знания.
14. Философские проблемы теории вероятностей.
15. Роль компьютеров в развитии современной математики.
16. Социокультурные концепции развития математики (работы К. Поппера, И. Лакатоса, Ф. Китчера, А.Г. Барабашева).
17. Развитие математики и проблемы математического образования (работы И. И. Арнольда, А.М. Абрамова, по колмогоровской реформе и др.).

Литература

- Абрамов А.М. О педагогическом наследии А.Н. Колмогорова // УМН. 1988. Вып. 6. Т. 43. С. 39–74.
- Арнольд В. И. Математическая дуэль вокруг Бурбаки // Вестник РАН. 2002. Г. 72. № 3.
- Барабашев А.Г. Будущее математики. Методологические аспекты прогнозирования. М., 1991.
- Бурбаки Н. Очерки по истории математики. М., 1963.
- Бычков С.Н. Египетская геометрия и греческая наука // Историко-математические исследования. Вторая серия. М., 2001. Вып. 6 (41).

8. Психосоматическая проблема в медицине XX в.
9. «Социальная медицина» в XX в.
10. Здоровье, заболеваемость и смертность как социальная проблема.
11. Проблемы морали и биоэтики в современной медицине.
12. Субъективный фактор в медицине и здравоохранении.
13. Право, медицинская наука и охрана здоровья в XX в.
14. Экология, медицинская наука и здравоохранение.
15. Медицина и здравоохранение в условиях глобализации общества.
16. Современная философия истории и футурология: сценарии будущем > >» человечества и перспективы развития медицины и здравоохранения.

Литература

- Анохин А.М. Проблемы знания в медицине: методологические аспекты М 1995.
- Анохин А.М. Теоретическое знание в медицине. М., 1998.
- Иванюшкин А.Я. Профессиональная этика в медицине. Философские очерки М., 1990.
- Лисицын Ю.П. Теории медицины на стыке веков — XX и XXI. М., 1998.
- Лисицын Ю.П., Сахно А.В. Здоровье человека — социальная ценность М 1988.
- Максимов А.Г., Максимова Т.Г., Максимов Г.К. Доказательная медицин. и здравоохранение. СПб., 2001.
- Мухин А.П. Философия человека и медицина. СПб., 2001.
- Петленко В.П., Корольков А.А. Философские проблемы теории нормы в (нш логики и медицине. М., 1977.
- Саркисов Д.С., Пальцев М.А., Хитрое Н.К. Общая патология человека М 1998.
- Философия здоровья. М., 2001.
- Царегородцев Г.И., Ерохин В.Г. Диалектический материализм и теоретически. основы медицины. М., 1986.

[, ФИЛОСОФИЯ ТЕХНИКИ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК*

Философские проблемы техники

1.1.1. Философия техники и методология технических наук

ИсхННКа в XX столетии становится объектом изучения самых разных Дисциплин, как технических, так и естественных и общественных, как §бших, так и частных, причем не только целые отрасли техники, но и отдельные аспекты этих отраслей становятся предметом исследования ршичных технических наук, все возрастающая специализация стиму-ДИрует противоположный процесс развития общетехнических дисциплин. Однако все эти и частные, и общие дисциплины концентрируют Щос внимание или на отдельных видах, или на некоторых срезах техники. Многие естественные науки в связи с усилением влияния техники на (рироду делают технику предметом специального исследования со сво-й особой, например физической, точки зрения, а без технических устройств невозможно проведение современных естественно-научных экспериментов. В силу проникновения техники практически во все сферы Общества многие общественные науки, прежде всего социология и психология, обращаются к специальному анализу технического развития, |ысвечивая в ней какой-либо один аспект. История техники как особая Историческая дисциплина растекается по ее отдельным отраслям или втидиям и, кроме того, не рассматривает ее современного состояния и Перспектив. Заполнить образовавшийся пробел в осмыслении техники в целом и пытается философия техники.

Философия техники исследует феномен техники в целом, причем не Только ее внутреннее развитие, но и место в общественном развитии, а также принимает во внимание широкую историческую перспективу.

* Материал подготовлен по проекту РФФИ 03-06-80028а «Философия техники в России и Германии (сравнительный анализ)».

Она имеет отличный от технологии и технической науки объект и предмет: техника, техническая деятельность и техническое знание как феномен культуры — это объект, а развитие общественного технического сознания, рефлектирующего данный объект, — это предмет философии техники. Главная же ее задача — исследование технического отношения человека к миру, т.е. технического миропонимания.

Философия науки и философия техники настолько же тесно связаны между собой, как сами наука и техника. Соотношение науки и техники и исторически существовавших культурах различно. Первые этапы исторического развития человечества характеризуются синкретизмом знания, когда еще нет четкого разграничения научного и технического знания. В Древнем мире техническое знание и действие были тесно связаны с магическим действием и мифологическим миропониманием. Искусство живописца, литейщика и скульптора оценивается прежде всего как принадлежность культа, т.е. в рамках религиозного мирозерцания. Первые механизмы были связаны с культом, например служили для возжигания священного огня, прежде чем стали употребляться для других общественно полезных целей. Вся техника этой эпохи была религиозной, традиционной и местной, а наука — еще неспециализированной, недисциплинарной и неотделимой от практики. В античной культуре математика и физика не заботились о каких-либо приложениях в технике, развитие науки и техники шло практически независимо друг от друга, а *технэ* античного ремесленника ближе искусству, чем науке. Античная наука были комплексной по своему стремлению достичь максимально полного охвата осмысляемого теоретически и обсуждаемого философски предмета научного исследования. Специализация еще только намечалась и, во всяком случае, не принимала организованных форм дисциплинарности. Понятие *технэ* охватывает и технику, и техническое знание, и искусство, но оно лишено теории — это практическое знание, которое необходимо для осуществления конкретного дела и неразрывно связано с ним. Античная техника всегда была склонна к рутине, сноровке, навыку, поэтому у древнегреческих философов, например Аристотеля, нет специальных трудов о *технэ*. В античной культуре наука (*эпистеме*) и техника (*технэ*) рассматривались как принципиально различные виды деятельности, теоретическое знание и практическое ремесло четко разграничивались.

Техника и ремесло, в конечном счете, намного старше, чем естественное знание. В древнекитайском обществе, несмотря на слабое развитие математической и физической теорий, ремесленная техника была весьма плодотворна. Многие тысячелетия, например, обработка металла и врачебное искусство развивались без какой-либо связи с наукой. В Средние века архитекторы и ремесленники полагались в основном на традиционное знание, которое держалось в секрете и лишь незначительно изменялось со временем. Вопрос соотношения между теорией и практикой ре-

аля в моральном аспекте — например, какой стиль в архитектуре является более предпочтительным с божественной точки зрения.

В эпоху Ренессанса и Новое время наука все более опирается на технический эксперимент, а затем и сама техника — на науку. Именно инженеры, художники и практические математики Возрождения сыграли решающую роль в принятии нового типа теории, ориентированной на практику. Изменился и сам социальный статус ремесленников, которые достигли высших уровней ренессансной культуры, много сделали для пользы общества и науки. В эпоху Возрождения тенденция к всеохватывающему рассмотрению предмета выразилась в идеале энциклопедически развитой личности ученого и инженера. В науке Нового времени наблюдается стремление к специализации и вычленению отдельных аспектов и сторон предмета, как подлежащих систематическому исследованию экспериментальными и математическими средствами. Одновременно выдвигается идеал новой науки, способной решать теоретическими средствами инженерные задачи, и новой, основанной на науке техники. И хотя они существуют сначала лишь как идеал, именно этот идеал привел к формированию дисциплинарной организации науки и техники. В социальной сфере это было связано со становлением профессий ученого и инженера и с повышением их статуса в обществе.

Таким образом, техническое знание и действие постепенно отделяются от мифа и магического действия, но первоначально еще опираются не на научное, а лишь на обыденное сознание. Это видно из описания технической рецептуры в многочисленных пособиях по ремесленной технике, направленных на закрепление и передачу технических знаний новому поколению мастеров. В рецептах этого времени уже нет ничего мистически-мифологического, хотя это еще не научное описание, да и техническая терминология еще не устоялась. В связи с усложнением техники возникает настоятельная необходимость подготовки военных, морских, путейских инженеров в технических школах, которые почти одновременно возникают в России, Германии и Франции. Это уже не просто передача накопленных предыдущими поколениями навыков от мастера к ученику, а налаженная и социально закрепленная система передачи технических знаний и опыта через систему профессионального образования.

Положение изменилось коренным образом лишь в XX столетии, когда техника и промышленность действительно были революционизированы наукой. Для современного этапа характерны возрастающая гуманизация, гуманитаризация и экологизация техники, поэтому для ее создания и использования необходимы не только естественно-научные и математические, но во все большей мере социально-гуманитарные знания. Именно в это время становится очевидной необходимость тесной связи между философией науки и философией техники, что является условием проведе-

ния плодотворного методологического анализа. Философия науки представляет философии техники выработанные в ней на материале естественно-научного, прежде всего физического, познания, средства методологического анализа, а философия техники дает новый материал – технические науки – для такого анализа и дальнейшего развития этих методологических средств. Философия техники имеет в данном случае сходные задачи по отношению к технике, что и философия науки по отношению к науке, причем роль философии техники возрастает при переходе от простых систем к сложным, от специализированных видов технической деятельности к системным, от практических к теоретическим исследованиям и видам проектирования. Это и есть пункт пересечения философии техники и философии науки, важнейшим компонентом которых является методология исследования и проектирования.

В сущности, исследование и проектирование, т.е. познавательная и проектная функции, характерны для любого вида человеческой деятельности, да и в самой науке можно выделить не только научное исследование, но и своего рода проектирование на основе построения различных моделей. Мы можем также экстраполировать эти функции и на историю науки и техники, анализируя, например, средневековое ремесленное производство или методы строительства древнеегипетских пирамид, но делать это следует с осторожностью, учитывая особенности древних культур, которые имели иные идеалы и нормы, нежели современная техногенная цивилизация. Инженерная деятельность и проектирование являются конкретными историческими явлениями и развились в сформировавшиеся социальные институты лишь к началу XX столетия.

В центре внимания философии техники находится проблема смысла, сущности и понятия техники. Однако в ней можно насчитать несколько толкований техники, поэтому, чтобы разобраться в них, следует обратиться к разграничению «технического» и «нетехнического».

Смысл и сущность техники в качестве средства человеческой деятельности заключаются в усилении органов и потенций человека, в том числе интеллектуальных. Мы окружены миром технического, но не в онтологическом, а в методологическом смысле. Конечно, вокруг нас разбросаны в изобилии различные артефакты – сооружения, машины, дорожные покрытия, полученные в результате вековой селекции растения и животные, наша собственная одежда, жилье и т.д., но не это определяет смысл технической цивилизации, а способы ее воспроизведения. Без постоянного повторения одних и тех же по сути процедур поиска средств достижения заранее определенных целей все эти артефакты постепенно превратятся в руины, а затем будут вообще неотличимы от природного ландшафта, не затронутого человеческой деятельностью, как погребальные курганы, предстающие перед нами творениями рук человеческих только после реконструкции археологов. Таким образом,

суть «технического» заключается не в результатах технической деятельности, а в ее процедурах, не в продукте, а в способе действия.

Техника – это то, чему можно учить и научиться, и то, что можно многократно воспроизводить самому или другому. Кроме того, техника – это первая форма рефлексии деятельности. Для того чтобы сделать и воспроизвести однажды выполненное действие, надо продумать, осознать, каким-либо образом ее описать и сформулировать в виде предписания к конкретной деятельности.

В современной философии техники, особенно в связи с задачами оценки последствий научно-технического развития, ставится проблема формулировки деятельностного подхода к определению понятия «техника». При этом подчеркивается, что исходным пунктом для анализа техники должна стать не субстанциальная – артефакты, а процедурная, деятельностная сторона техники – способы, методы, т.е. «технология» деятельности, имея в виду регулярность и повторяемость действия. Тогда техника становится понятием, объемлющим не только практику технических разработок и производства артефактов, а также ее использования, но и практическую деятельность по изъятию отработавшей техники из употребления. Техника – это организованная в форме технических правил схема деятельности, в которой центральным является отношение «цель – средство». Такое понимание техники как деятельности, причем коллективной деятельности, предполагает наличие в ней критической рефлексии, т.е. осознания ею самой собственной истории, современного состояния и перспектив развития, оценки возможных последствий и даже критики того или иного пути технического развития с точки зрения социально-политических, социально-экономических, социально-психологических, социально-экологических целей и задач современного общества. Деятельностный подход к определению сущности «технического» является наиболее репрезентативным и конструктивным, поскольку позволяет учесть не только технологические и естественно-научные, но и социальные характеристики техники, а также инструментализировать полученные знания о научно-техническом развитии в целях выработки рационально приемлемых стратегий устойчивого развития современного общества, немыслимого без солидного технического базиса. При этом техническая деятельность понимается прежде всего как мыслительная деятельность.

Принцип деятельности позволяет по-новому взглянуть на природу технического и определить сущность техники, обратившись к систематическому анализу технической деятельности как предметно-орудийной и предметно-преобразовательной деятельности с учетом наработанных в философии, психологии, эргономике и других смежных с ними дисциплинах методологических средств.

Техника – это совокупность артефактов, от отдельных простейших орудий до сложнейших технических систем; различных видов техниче-

кой деятельности по их созданию, от научно-технического исследования и проектирования до изготовления на производстве и эксплуатации, от разработки отдельных элементов технических систем до системного исследования и проектирования; многообразных технических знаний, от специализированных рецептурно-технических до теоретических научно-технических и системотехнических знаний. Причем к сфере техники относится не только использование, но и производство научно-технических знаний, которые воплощаются как в разного рода технических устройствах, так и в статьях, книгах, учебниках и т.д., поскольку процесс применения научных знаний в инженерной практике связан не только с приложением уже имеющихся, но и с получением новых знаний. Таким образом, современная техника и прежде всего техническое знание неразрывно связаны с развитием науки.

Если мы говорим об объекте исследования и проектирования, то речь идет об объекте предметно-практической деятельности человека. Понятие объекта научного познания приписывается два значения: с одной стороны, под ним понимаются вещи, предметы, природные продукты, доступные чувственному восприятию или инструментальному воздействию, а с другой — его используют для обозначения абстрактно-теоретических конструкций, поскольку в своей познавательной деятельности человек имеет дело с двумя объектными уровнями. Это различие абстрактных объектов и объектов практической деятельности является предпосылкой для постановки теоретико-познавательной проблемы соотношения знания и объективной реальности. В нем коренится также различие между объектом и предметом исследования, проводимое в философии науки.

Объект исследования — это часть реальности, которая может стать предметом исследования самых разных наук, выделяющих в нем интересные и значимые для их собственных исследовательских целей аспекты и характеристики. Каждый реальный объект может быть систематически реконструирован и представлен лишь с помощью комбинирования разнообразных точек зрения (предметов исследования), поскольку они включены в определенные контексты исследовательской деятельности. Такие предметы — теоретические объекты — не являются в этом смысле объектами нашей повседневной социальной деятельности, а согласуются с ними только с помощью определенной научной картины мира. Именно таким образом эти теоретические объекты могут быть поставлены в соответствие с объективными свойствами, связями и отношениями природных объектов. Здесь возникает вопрос: какова же специфика объектов научного исследования в технических науках? Несомненно, это объекты инструментальной технической деятельности. Но и объекты исследования естественных наук, в конечном счете, включены в особую инструментальную деятельность — экспериментальную научную деятельность, которая также имеет дело с технически преобразованными природными объектами в специально подготовленных

экспериментальных ситуациях. Таким образом, технические и естественные науки и в генетическом плане, и в плане постановок проблем, а также методологически тесно связаны друг с другом.

Инженерная деятельность предполагает регулярное применение научных знаний для создания технических систем — сооружений, устройств, механизмов, машин и т.п., в чем и заключается ее главное отличие от технической деятельности, которая основывается более на опыте, практических навыках, догадке. Инженерную деятельность нельзя отождествлять с деятельностью лишь инженеров, а необходимо рассматривать независимо от того, кем она реализуется — специально для этого подготовленными профессионалами, учеными или просто самоучками, поскольку инженеры зачастую осуществляли не только техническую, но и научную деятельность, а ученые обращались к изобретательству, конструированию, проектированию, т.е. занимались кроме научной и инженерной деятельностью.

Возникновение инженерной деятельности как одного из важнейших видов трудовой деятельности связано с появлением мануфактурного и машинного производства. В Средние века еще не существовала инженерная деятельность в современном понимании, а была техническая деятельность, органически связанная с ремесленной организацией производства. Инженерная деятельность как профессия впервые появляется в эпоху Возрождения, когда формируются ценностные ориентации, хотя на первых порах она еще несет на себе такие черты ремесленной технической практики, как, например, непосредственный контакт с потребителем, ученичество в процессе осуществления самой этой деятельности и т.п. Ориентация на применение науки хотя и провозглашается, но еще не реализуется в полной мере. Первые инженеры в эпоху Возрождения — это одновременно художники-архитекторы, консультанты-инженеры по фортификационным сооружениям, артиллерии и гражданскому строительству, алхимики и врачи, математики, естествоиспытатели и изобретатели из среды ученых, занявшихся разработкой новой техники, или ремесленников-самоучек, приобщившихся к науке.

Знание в это время рассматривается как вполне реальная сила, а инженер — как обладатель этого знания. Однако, в сущности, такие инженеры были выходцами из цехового ремесла, которые, правда, признавали абсолютную необходимость науки для своих технических работ, но были еще недостаточно научно образованными: они ориентировались на научную картину мира, хотя не в полной мере использовали науку в повседневной практике. Быстрое развитие техники потребовало коренного изменения ее структуры, поскольку дальнейшее продвижение становится просто невозможным без ее насыщения наукой, систематизации технических знаний и в подведении под них общего теоретического основания. Если цель технической деятельности — непосредственно задать и организовать изготовление артефакта, то цель инженерной деятельности заключается в

том, чтобы сначала определить материальные условия и искусственные средства, влияющие на природу в нужном направлении и заставляющие ее функционировать так, как это необходимо для человека, и лишь потом на основе полученных знаний задать требования к этим условиям и средствам, а также установить способы и последовательность их обеспечения и изготовления. Инженер, таким образом, так же как и ученый-экспериментатор, оперирует идеализированными представлениями о природных объектах, но использует эти знания для создания технических систем, ученый же создает экспериментальные устройства для обоснования и подтверждения такого рода представлений.

С развитием экспериментального естествознания, превращением инженерной профессии в массовую в XVIII и XIX вв. возникает необходимость систематического научного образования инженеров. Именно появление высших технических школ, которые с самого начала выполняли не только учебные, но и исследовательские функции в сфере инженерной деятельности, чем способствовали становлению технических наук, знаменует следующий важный этап в развитии инженерной деятельности. К началу XX столетия инженерная деятельность уже представляет собой сложный комплекс различных видов деятельности — изобретательской, конструкторской, проектировочной, технологической и т.п., которые обслуживают разнообразные сферы техники — машиностроение, электротехнику, химическую технологию и т.д. На первых этапах своего научного развития инженерная деятельность была ориентирована на применение знаний естественных наук, главным образом физики и математики, и включала в себя изобретательство, конструирование опытного образца и разработку технологии изготовления новой технической системы, однако с течением времени структура ее усложняется, а разделение труда неизбежно ведет к специализации инженеров.

Без налаженного механизма продуцирования, накопления и передачи знаний никакое техническое развитие в современном обществе было бы невозможно, однако сначала технику обслуживают не научные, а квазинаучные технические знания, представленные в мифологической форме. Тем не менее они обеспечивают воспроизводимость и трансляцию технических знаний и действий от поколения к поколению. Лишь значительно позже они уступают место рациональным описаниям приемов технической деятельности и сопутствующих им — может быть, наивных с современной точки зрения, но уже не мифологических — объяснений. Поэтому философия техники является своеобразной археологией технических знаний, если она обращена в прошлое, в особенности когда письменная традиция еще не была достаточно развита, и методологией технических знаний, если она обращена в настоящее и будущее.

Историческое развитие техники рассматривается как переход от канонической традиционной культуры к проектной культуре, в которой гос-

подствуют, как отмечает В.С. Степин, совершенно различные универсалии культуры в качестве мировоззрения определенного типа общества в соответствующей исторической ситуации. Если в европейской культуре человек как действующий субъект располагается в центре Космоса, то в культурах Древнего Востока выдвигался идеал внутреннего совершенства и порядка в универсуме. Поэтому важно различать динамику европейского цивилизационного развития и иные культурные образцы, а также проследить, что вызвало к жизни те формы научного и технического знания и деятельности, которые стали парадигмой современного культурного развития. Технические знания существовали задолго до возникновения технических наук и даже естествознания и возникли в качестве первоначальной оценки и обобщения навыков, понятий и представлений, которые составляли человеческую предметно-практическую деятельность.

Роль и значение техники в современной культуре оцениваются в зависимости от философской позиции, принятой исследователем. В самом начале возникновения философии техники для нее были характерны две крайние позиции — технический оптимизм и технический пессимизм, которые восходят к двум историческим формам осознания техники — агрессивному и приспособительному образам техники, возникшим еще в древних культурах: (1) «философии» развития техники на пути овладения богатствами природы, приспособления окружающей среды к человеческим нуждам и (2) «философии» развития техники на основе идеи поддержания существующего общественного и природного порядка и стремления к гармонии общества и природы. Сегодня, однако, эти основные направления стихийно возникшей «философии» в технике не должны рассматриваться как альтернативные. Они сочетаются в переосмысленном виде в концепции устойчивого развития. Стихийная «философия» в технике должна быть не только эксплицирована философами, но и преобразована в сознательную «философию техники».

«Философия» в технике как внутренняя стихийная саморефлексия над техникой возникает в рамках самой техники и первоначально связана с формированием человеческого отношения к миру как технического освоения природы. Использование естественных орудий, т.е. сил природы (ветра, воды и огня), а также одомашненных животных, для лучшего приспособления человека к окружающей среде, и попытки создания первых искусственных орудий приводят к осознанию техники как средства защиты от природной стихии. Переход же в хозяйственной деятельности человека от охоты и собирательства к примитивному производству (скотоводство и земледелие, аграрная революция) означал принципиально новый подход: не приспособление человека к окружающему миру, а приспособление окружающей природной среды к человеческим, общественным нуждам и целенаправленное изменение этой среды, создание второй, искусственной природы. Плановое вмешательство в природу, изменение и

приспособление окружающей реальности в соответствии с потребностями и интересами человека первоначально не носило агрессивного характера, это был «органический стиль техники». Одновременно в обществе формируется целенаправленная деятельность по производству орудий как общественная потребность, сознательное создание орудий для производства орудий, что, в конечном счете, приводит к формированию «инструментального ящика», воспроизводимости самих орудий и опыта их создания.

Постепенно формируются особые социальные, прежде всего мифологические, механизмы накопления и передачи знаний о технике, причем мифология выполняет двоякую функцию по отношению к технике — объяснительно-учебную и проективную, выступая как способ осознания и организации мира. В сознании ремесленника органически соединяются в нераздельное целое практические процедуры оружейной деятельности с магически-ритуальными действиями. Древний человек не просто осуществлял конкретные операции над исходным материалом, преобразуя его в конечный продукт, но и совершал целый ряд ритуальных действий, тесно связанных через мифологическую картину мира с космическими процессами, религиозными представлениями и верованиями, воспринимающимися им как единое целое. Миф выступает как зародыш проекта — первичная ступень примитивной «философии» техники в первобытной культуре — как принципиально нового, универсального, технического способа освоения природы человеком, приспособления природы к себе в отличие от животных, которых естественный отбор приспособливает к окружающей среде. Однако миф для первобытного человека был не только картиной мира или зародышем проекта, он был реальным пространством — в этом пространстве он вырос и здесь разворачивались все его мысли и действия. Сам материал, с которым он работал, не был пассивным, и, чтобы он слушался его, необходимы были особые ритуальные действия и точно воспроизводимые заклинания, унаследованные им зачастую вместе со всем арсеналом орудий и технических приемов от далеких предков.

Таким образом, в истории развития общества складываются два основных образа и пути осознания техники в древних культурах при нераздельности религии, техники и искусства.

Первый из них основывается на идее поддержания существующего общественного и природного порядка и связан с развитием практической техники в Древнем Китае, а также со стремлением к гармонии общества и природы в Древней Индии. Существовавшие в Китае основные философские направления — конфуцианство, ориентированное более на социальные нужды, и даосизм, нацеленный на изучение природы, — были неинтервенционистскими, обращенными на поддержание существующего изначального порядка и гармонии в обществе и природе. Даосисты, например, утверждали, что природа должна быть предоставлена самой себе, естественному ходу вещей, учили человека приспосабливаться к уни-

версуму, им не приходила в голову мысль подчинить его себе. Однако многие такие изобретения, как компас, порох, шелк, бумага, глазурь, фарфор и т.п., пришли в западноевропейскую культуру именно из Китая. Еще более рельефно стремление к гармонии с природой и поддержанию равновесия природы и общества демонстрирует понимание техники в древнеиндийской культуре, выразившееся в попытке органического соединения «естественного» и «искусственного». Предпосылкой этого образа техники является видение мира как нуждающегося в постоянном поддержании хода событий ритуальными действиями. В этой слитности естественного и искусственного, природного и сверхъестественного и состояла особенность мифологического мышления, выступающего в данном случае как способ упорядочения мира. Тогда всякая техническая операция наполнялась выходящим за пределы простого прагматического действия смыслом, объединяя в себе реальные природные процессы и мифологические образы, рациональные моменты и иррациональные переживания, искусственные орудия и естественные объекты, безжизненное и одухотворенное, богов и людей. Естественные объекты одновременно являются искусственными орудиями, и в то же самое время они персонифицированы. Любой процесс выступает здесь не как одностороннее воздействие деятеля или исследователя на пассивный материал, а как взаимодействие, причем и сама природа уподобляется духовному миру. Человек вписан в Космос и един с ним, а через управление своей собственной психикой жрец воздействует и на внешний мир, настолько же духовный, как и мир внутренний. Поэтому главную роль в корпусе приобретаемых знаний играют, в конечном счете, не знания о внешнем мире, которым можно обучиться у любого учителя, а те знания, которым каждый учитель учит по-своему, не как готовым знаниям, а как создающимся в процессе мышления.

Второй образ техники — «война» с природой, нападение на нее с целью завладеть ее богатствами, т.е. путь агрессии. Именно такой агрессивный подход к овладению природой с помощью организованной человеческой техники характерен для древнеегипетской, древневавилонской, ассирийской и других культур, что выразилось прежде всего в создании тоталитарной военной машины государства. Если в окружающей природе нечто отсутствовало, это можно было создать искусственно, поскольку нет ничего невозможного для всемогущих правителей, им подчиняются люди и сама природа. Одним из важнейших технических достижений египтян и народов Междуречья было создание оросительной системы земледелия, т.е. строительство дамб и каналов, системы распределения и регулирования воды, а также фиксации и воспроизведения границ отдельных земельных владений. Важным было не только создание этой системы, но и ее поддержание и обновление. Древние народы обустроивали свое жизненное пространство согласно своим религиозно-мифологическим представлениям, уходящим корнями в далекое

прошлое. Шумеры, вероятно, были переселившимся в Междуречье горным народом, и боги, а следовательно, и святилища богов на их прародине должны были располагаться на вершинах гор. На юге Месопотамии не было горных вершин, значит, следовало изменить окружающую среду в соответствии с традиционными представлениями. Миф здесь отчетливо играет роль своеобразного проекта. Технические знания носили, однако, религиозный и практически-культовый характер. Например, удивительным месопотамским изобретением были мощные дороги из известковых плит с подложкой из плоского кирпича, скрепленного смесью известняка, песка и асфальта, но эти дороги служили в первую очередь для передвижения религиозных процессов. Изобретение восковой свечи этрусками, когда кусок веревки несколько раз опускался в горячий воск, в качестве религиозной принадлежности не предполагало ее использования в повседневной жизни для целей освещения.

Первоначально развивались эзотерические формы накопления, сохранения и передачи знаний. Знание выступало как тайна и сила господства избранных над обществом и природой при ориентации на сохранение и воспроизведение традиций. Создание пирамид, например, основывалось на традиции, в течение многих веков выработанной культовым зодчеством, сама логика их построения была подчинена культовым целям и представлениям древних египтян о загробном мире. Религиозно-мифологические представления для древних техников и ремесленников играли в то время такую же роль, какую сегодня играют научно-теоретические модели для современных инженеров. В Древнем Египте была развита особая «философия» техники — манипулирования людьми как средствами механизированной деятельности, когда каждый выполняет лишь предписанные ему механические функции и выступает в качестве составного элемента системы, производящей механическую работу, например, по поднятию тяжестей при строительстве пирамиды, что стало прообразом будущей механической техники.

Эти образы техники в истории культуры находят свое выражение, с одной стороны, в каноничности средневековой культуры, а с другой — в формировании предпосылок новой проектной философии техники. Для канонической культуры характерно приписывание авторства изобретений и нововведений авторитету или богу. Боясь конкуренции, средневековые цехи, например, были противниками всяких новшеств, а сами изобретения воспринимались как нечто отвратительное, нарушающее их привилегии. Вместе с тем уже в Средние века происходит изменение отношения к ручному труду.

Если в Античности тяжелый ручной труд приравнивался к труду несвободному, рабскому и считался недостойным свободного человека, то в период европейского Средневековья под влиянием монашества ручная работа осознается не только как средство, получения хозяйственных ре-

зультатов или даже не как средство, служащее умерщвлению плоти, но как форма служения Господу. Приобщение монахов к грязной ручной работе одухотворяло, очищало ее, а уважение к работающему монаху изменяло и ценностные ориентации по отношению к повседневному труду крестьянина и ремесленника, что, в конечном счете, меняло и установку с созерцательно-теоретической на деятельностно-практическую, но проявляется все это пока еще как тенденция, а нововведения прячутся под одеждой улучшений в процессе приспособления к новым условиям технических заимствований из других регионов и культур. Это имело следствием, во-первых, стремление к облегчению тяжелой и однообразной работы, недостойной служителя Бога, за счет использования природных сил и, во-вторых, — к внедрению деятельностно-практической установки в сферу интеллектуальной деятельности, поскольку монахи были первыми интеллектуалами, которые не боялись испачкать руки грязной работой. Меняется и отношение к опытной науке, которая теперь рассматривается как дающая совершенное знание, имеющая преимущества перед другими науками, поскольку она обладает удивительной пользой. Такое понимание прямо противоположно аристотелевской классификации наук, согласно которой лучшей считается наименее полезная наука.

Переход от канонической к проектной культуре окончательно происходит в контексте осознания деятельной сущности человека в культуре и философии Возрождения, когда постижение божественного замысла начинает трактоваться в познавательном плане, как выявление в науке законов природы, а построение в соответствии с законами природы технического действия — как практический акт. Для инженеров Возрождения характерно стремление не канонизировать недостижимые образцы, не делать их достижением узкого круга мастеров данного ремесленного цеха, а усовершенствовать существующие образцы, улучшать их, вносить в них свое «я» и делать их всеобщим достоянием, обнародовать под своим именем, которое эти изобретения могут прославить. Апофеозом формирования этой принципиально новой «философии» техники и началом ее теоретического осмысления становятся работы Галилея.

До Галилея научное исследование по античному образцу мыслилось как получение знаний об объекте, который всегда рассматривался как неизменный, и никому не приходило в голову практически изменять изучаемый реальный объект. Галилей соотнес геометрическую схему с физической реальностью и одновременно сопоставил их с конструктивной схемой физического эксперимента, т.е. с технической реализацией этой схемы, что позволило ему моделировать на искусственных механических моделях естественные процессы. Он не только создал модель технически подготавливаемого эксперимента, но и показал, как строить научное знание, чтобы его можно было использовать в технических целях. В своей новой науке Галилей действует с природными объектами

как современный инженер, но в сфере мышления, вырабатывая новую философию основанной на науке техники.

Одновременно формируется и новое понимание научного и технического прогресса, знание начинает рассматриваться как производительная сила, а природа — как мастерская ремесленника-техника. Это новое понимание связи науки и техники, научно-технического развития, с одной стороны, имело позитивный резонанс в обществе, поскольку человек осознал свои возможности приспособлять природу для человеческих целей, и из этого мировоззренческого сдвига выросла практическая идея замены человеческой работы промышленным использованием природных сил. С другой стороны, человеческий род, осознав себя господином природы, получил исключительное право распоряжаться ею по собственному усмотрению, откуда выросла идеология технократии и экспертократии. В XVII—XIX столетиях формируется понимание научно-технического прогресса как бесконечного совершенствования человеческого общества и самой природы на основе всевозрастающего объема научных знаний о мире. Вплоть до середины XX в. эта иллюзия и сопутствующие ей космические и естественно-научные технические утопии приводят к потере границ человеческого познания и технического действия, к развитию научно-технического оптимизма относительно возможностей с помощью достижений науки и техники осчастливить человечество. Возникает иллюзия того, что если техника сделала из животного человека, то в сочетании с наукой она может сделать из него Бога, творца не только артефактов, но и самой материи, природы и живого, создающего «земной рай» с помощью промышленности, техники и науки. Такой супероптимизм в отношении науки и техники окончательно формируется к концу XIX — началу XX в.

Однако и в те времена уже раздавались голоса, критикующие опасность отстранения научно-технического прогресса от моральных, общественных и природных ограничений. В России, например, эту точку зрения отстаивал Н.А. Бердяев, хотя его голос и не был услышан в эпоху всеобщей эйфории от поступательного научно-технического и хозяйственного развития. Бердяев подчеркивает основной парадокс нашей цивилизации — без техники культура является невозможной, но вступление культуры в техническую эпоху ведет к ее гибели. Человек оказывается орудием производства, а продукт производства — вещь — становится над человеком. Техника творит новую действительность и отрывает человека от природы. В этом контексте весьма интересна критика теории прогресса, данная С.Н. Булгаковым¹ еще в 1902 г. Он подчеркивает, что теория прогресса является гораздо большим, чем любая отдельная научная теория, поскольку представляет собой теодицею, призванную заменить ре-

лигию и метафизику средствами позитивной науки, и пытается не только вселить убеждение в несомненном наступлении счастливого будущего царства на земле, но и научно предусмотреть и предсказать его. Ради достижения этой цели одни поколения должны страдать, чтобы другие были счастливы, но строить свое счастье на несчастье других, по меньшей мере, безнравственно. Техника начинает господствовать над человеком, а не служить на благо человека, делает его не счастливым, как думал, например П.К. Энгельмейер¹, а несчастным.

Характерная черта технического оптимизма — идеализация техники, переоценка возможностей ее развития: техника рассматривается как единственный или как первостепенный детерминирующий фактор социального прогресса. Технический пессимизм характеризуется отрицанием, демонизацией и мистифицированием техники. Представители этого направления рассматривают технику как врага человечества и причину всех его бед, полагая, что именно современная техника является причиной обезчеловечивания, деперсонализации культуры и самого человека. В сущности, оба направления исходят из той посылки, что техника представляет собой самостоятельную — или демоническую, или божественную — силу, которая может автоматически разрешить многие социальные и индивидуальные человеческие проблемы или же, напротив, погубить общество и самого человека, вытеснив и подчинив его своей самодовлеющей власти. Более конструктивный подход к обсуждению проблем техники, преодолевающий эти крайности, отвергает технократические концепции техники, но не саму возможность прогрессивного научно-технического развития.

Выделим следующие ступени рационального обобщения в технике: частные и общая технологии, технические науки и системотехника.

Первая ступень рационального обобщения в ремесленной технике по отдельным ее отраслям была связана с необходимостью обучения в рамках каждого отдельного вида ремесленной технологии. Такого рода справочники и учебники еще не были научными, но уже вышли за пределы мифологической картины мира. Они включали в себя практические сведения и рецепты, почерпнутые у ремесленников и из собственной многогранной инженерной практики, относящиеся к производству металлов и сплавов, к вопросам разведки и добычи полезных ископаемых и многим другим техническим вопросам. Дальнейшее развитие шло уже по пути научного обобщения. Инженеры ориентировались на научную картину мира, но в реальной технической практике господствовал мир «приблизительности», образцы точного расчета демонстрировали ученые при разработке научных инструментов, которые лишь впоследствии попадали в сферу производственной практики. Взаимоотношения науки и

См.: Булгаков С.Н. Основные проблемы теории прогресса // Булгаков С.Н. Философия хозяйства. М., 1990.

¹ См.: Энгельмейер П.К. Философия техники. М., 1912.

техники в это время определялись еще во многом случайными факторами, и вплоть до середины XIX в. наука и техника развиваются обособленно, обладая собственным языком, стилем и интересами, своими особыми ценностями. Технические училища все еще были ориентированы на практическую подготовку, и научная подготовка в них значительно отставала от уровня развития науки, а методика преподавания носила скорее характер ремесленного ученичества. Однако постепенно положение меняется, поскольку в связи с настоятельной необходимостью регулярной научной подготовки инженеров возникает потребность научного описания техники, систематизации научно-технических знаний.

Вторая ступень рационального обобщения техники заключалась в обобщении всех имеющихся областей ремесленной техники, что было осуществлено в «Общей технологии» немецкого ученого И. Бекманна. Этот труд стал первой попыткой дать обобщенное описание не столько машин и орудий как продуктов технической деятельности, сколько самой этой деятельности, т.е. всех существовавших тогда технологий — ремесел, производств, устройства заводов, а также используемых в них машин, орудий, материалов и т.д. Если частная технология рассматривает каждое техническое ремесло отдельно, то формулируемая Бекманном общая технология систематизирует различные производства в технических ремеслах, чтобы облегчить их изучение. Классическим выражением стремления к такого рода синтетическому описанию является «Энциклопедия» французского философа Д. Дидро как компендиум всех известных тогда наук и ремесел, которая представляет собой попытку собрать все знания, рассеянные по Земле, ознакомить с ними современников и передать их тем, кто придет после них. Этот проект, по словам ее создателя, должен опрокинуть барьеры между ремеслами и науками, дать им свободу. Однако все эти попытки, независимо от их претензии на научное описание, были, по сути дела, лишь рациональным обобщением на уровне здравого смысла.

Следующая ступень обобщения техники выражается в технических науках как теоретическом осознании отдельных областей технического знания в различных сферах техники прежде всего в целях научного образования инженеров при ориентации на естественно-научную картину мира. Техническое знание было вырвано из вековых ремесленных традиций и привито к науке, а техническое сообщество и техническая литература начинают строиться по образцу научного сообщества и научной литературы. Ремесленник был заменен в авангарде технического прогресса новым поколением ученых-практиков, а устные традиции, переходящие от мастера к ученику, — обучением в высшем техническом учебном заведении. Техника стала научной не только в том смысле, что следует предписаниям науки, но прежде всего потому, что выработали особые технические науки, которые первоначально формировались как

приложение различных областей естествознания к определенным классам инженерных задач, а к середине XX в. образовали уже особый класс научных дисциплин, отличающихся от естественных наук как по объекту, так и по внутренней структуре.

Наконец, высшую ступень рационального обобщения в технике представляет собой системотехника как попытка комплексного теоретического обобщения всех отраслей современной техники и технических наук при ориентации не только на естественно-научное, но и гуманитарное образование инженеров и системную картину мира. Системотехника представляет собой особую деятельность по созданию сложных технических систем, в которой научное знание проходит полный цикл функционирования — от его получения до использования, но главным является умение применять все имеющиеся научные и технические знания для решения двух основных системотехнических задач:

- 1) обеспечения интеграции частей сложной системы в единое целое и
- 2) управления процессом создания этой системы.

Поэтому в системотехнике основное внимание уделяется системным и кибернетическим дисциплинам, позволяющим инженеру-системотехнику овладеть общими методами исследования и проектирования сложных технических систем независимо от их конкретной реализации и материальной формы. Особое значение в ней приобретает деятельность, направленная на организацию, научно-техническую координацию и руководство всеми видами системотехнической деятельности, а также на стыковку и интеграцию частей проектируемой системы в единое целое. Именно эта деятельность является ядром системотехники и определяет ее специфику и системный характер.

Две последние ступени научного обобщения техники — технические науки и системотехника представляют особый интерес для философского анализа, поскольку именно на этих этапах прослеживается поистине глобальное влияние техники на развитие современного общества.

Таким образом, представления о технике эволюционировали от мифологического осмысления в древних обществах до научного изучения техники в современном мире. Техника возникла вместе с появлением человека разумного и долгое время развивалась независимо от всякой науки. Параллельно формировались первые формы протонауки, связанные с необходимостью осознания внешнего мира, его устройства, расчленения этого мира на отдельные компоненты и названия их. Однако на раннем этапе своего развития как протонаучные, так и технические знания были органично вплетены в религиозно-мифологическое мировосприятие и еще не отделялись от практической деятельности. В античной культуре наука и техника рассматривались как принципиально различные виды деятельности, хотя реально в технической деятельности научные знания, несомненно, применялись (достаточно вспомнить, например, Архимеда).

Формирование научно-технического знания и деятельности можно отнести лишь к этапу становления инженерной деятельности.

В современной литературе по философии техники существует несколько основных подходов к решению проблемы изменения соотношения науки и техники.

Линейная модель рассмотрения техники в качестве простого приложения науки и даже как прикладной науки долгое время была одной из наиболее распространенных, которая, правда, подверглась серьезной критике как слишком упрощенная. Такая модель взаимоотношения науки и техники, когда за наукой признается функция производства знания, а за техникой лишь применение знания, вводит в заблуждение, поскольку научные и технические цели часто преследуются одновременно или в различное время одними и теми же людьми или институтами, пользующимися одними и теми же методами и средствами. Наука и техника составляют различные сообщества, каждое со своими целями и системами ценностей. Когда школа, академия или профессиональная организация называет себя научной или технической, это еще ничего не значит, поскольку, если наука обладает более высоким социальным статусом, чем техника, профессиональная организация является лишь эффективным инструментом достижения и сохранения такого статуса. Подобная упрощенная модель, постулирующая линейную траекторию от научного знания к техническому изобретению и инновации, признана сегодня неадекватной большинством философов техники.

Процессы развития науки и техники часто рассматриваются как автономные, независимые друг от друга, но скоординированные, и тогда провозглашается, что наука и техника используют друг друга инструментально на определенных стадиях своего развития, поскольку технический прогресс руководствуется прежде всего эмпирическим знанием, полученным в процессе его собственного развития, а не теоретическим знанием, привнесенным в него из науки. В таком случае при исследовании технического прогресса следует исходить не из анализа роста знания, а из исследования этапов решения технической проблемы; если задача науки состоит в увеличении нашего знания с помощью изобретения все лучших теорий, то техника преследует цель создания новых артефактов, поэтому их цели и средства различны, а прогресс техники нельзя рассматривать в качестве придатка научных открытий. Такая точка зрения действительно является односторонней, но не менее односторонним выступает и постулирование лишь эмпирического характера технического знания, поскольку современная техника немыслима без глубоких теоретических исследований, которые проводятся сегодня не только в естественных, но и в технических науках.

В эволюционной модели соотношения науки и техники выделяются три взаимосвязанные, но самостоятельные сферы: наука, техника и произ-

водство, или — более широко — практическое использование. Внутренний инновационный процесс в каждой из этих сфер происходит по эволюционной схеме, но в технике речь идет не об изменяющейся популяции теорий или понятий, а — инструкциях, проектах, практических методах, приемах изготовления и т.д. Новая идея в технике часто ведет, как и в науке, к появлению совершенно новой технической дисциплины, однако, если критерии отбора успешных вариантов в науке являются главным образом внутренними профессиональными критериями, в технике они зачастую будут внешними. Для их оценки важны не только собственно технические критерии, например эффективность или простота изготовления, но и оригинальность, конструктивность и отсутствие негативных последствий. Кроме того, важную роль в скорости нововведений в технике играют социально-экономические факторы. Таким образом, в данном случае философы науки пытаются перенести модели динамики науки на объяснение развития техники, однако для этого требуется специальное обоснование.

Согласно другой точке зрения, научное исследование развивается, ориентируясь на разработку технических аппаратов и инструментов, а наука представляет собой ряд попыток исследовать и систематизировать способ их функционирования. Действительно, теория магнита базировалась на использовании компаса, а возникновение термодинамики было связано с изобретением и совершенствованием парового двигателя, открытия Галилея и Торичелли основывались на практике инженеров, строивших водяные насосы, поэтому если говорят, что наука является базисом техники, то можно точно так же сказать, что и техника создает основы для науки. Именно в эпоху Возрождения механика была впервые признана наукой, а природа стала исследоваться в условиях эксперимента с помощью технических моделей. Прогресс науки в значительной степени зависел от изобретения научных инструментов, причем многие технические изобретения были сделаны до возникновения экспериментального естествознания. И хотя, без сомнения, прогресс техники ускоряется наукой, наука также пользуется инструментальной техникой. Это, однако, не значит, что развитие науки определяется развитием техники, и к современной науке скорее применимо противоположное утверждение.

Существует точка зрения, которая основывается именно на этом утверждении. В соответствии с ней техника науки — измерение и эксперимент — во все времена обгоняет технику повседневной жизни. Например, в этом случае оспаривается тезис, что наука Галилея представляет собой не что иное, как продукт деятельности ремесленника или инженера, и, напротив, подчеркивается, что Галилей и Декарт никогда не были людьми ремесленных или механических искусств и ничего не создали, кроме мыслительных конструкций. Не Галилей учился у ремесленников, а, напротив, он научил их многому, поскольку создал первые действительно точные научные инструменты — телескоп и маятник, представ-

лявшие собой результат его теоретических размышлений. При создании своего телескопа он не просто усовершенствовал голландскую подзорную трубу, а исходил из оптической теории, пытаясь сделать наблюдаемым невидимое, и математического расчета, стремясь достичь точности в наблюдениях и измерениях. Измерительные же инструменты его предшественников были еще ремесленными орудиями. Таким образом, новая наука заменила расплывчатые и качественные понятия аристотелевской физики системой твердых и строго количественных понятий, а обыденный опыт — основанным на математике и технически организованным экспериментом. Эта наука имела огромное значение и для техников, и для инженеров, поскольку на смену миру «почти» в создании ремесленниками различных технических сооружений и машин приходит мир точности и расчета новой науки. Согласно этой точке зрения, инициатива исходила не от инженеров-изобретателей, а от ученых. Однако и этот взгляд является односторонним. Хорошо известно, что, например, ни Максвелл, ни Герц не имели в виду технических приложений развитой ими электромагнитной теории. Герц ставил естественно-научные эксперименты, подтвердившие теорию Максвелла, а не конструировал радиоприемную или радиопередающую аппаратуру, изобретенную позже.

Наиболее реалистической и исторически обоснованной является точка зрения, согласно которой до конца XIX в. не было регулярного применения научных знаний в технической практике, характерного в настоящее время для технических наук. Именно в течение XIX в. формируется научная техника в результате трансформации техники наукой и технизации науки. Большую часть своей истории техника была мало связана с наукой, технические устройства делались часто без понимания того, почему они работают именно так. В то же время естествознание до XIX столетия решало в основном собственные задачи, хотя зачастую отталкивалось от техники. Инженеры, провозглашая ориентацию на науку, в своей практической деятельности руководствовались ею незначительно. Ремесленная техника могла развиваться и развивалась независимо от науки, что сегодня просто немыслимо. Лишь в XX в. наука становится главным источником разработки новых видов техники и технологии, прежде всего благодаря развитию технических наук.

Для определения того, что представляет собой философия техники, необходимо исследовать не только ее соотношение с философией науки, но и с историей науки и техники. Историческое развитие техники традиционно считается предметом исследования истории техники. При этом обычно различают историю разных областей техники и различных периодов ее развития. Современные же тенденции и направления развития техники в данном случае выпадают из поля зрения исследователя. Если рассматривать историю техники не просто как скрупулезное описание совокупности приборов и устройств в разные периоды времени, а как целостную историю со-

циокультурного развития технической и инженерной деятельности, то связь ее с философией техники становится очевидной. Философия техники выступает в этом случае как часть культурологии, а история техники — как часть истории культуры. Однако, в отличие от истории техники, философия техники призвана также выполнять прогностические функции, которые реализует методология технических наук и проектирования.

Методолог изучает исследовательскую и проектную деятельности как бы со стороны. В принципе такую позицию может занять и любой ученый или инженер, если он не только выполняет профессиональную деятельность в определенной конкретной области науки или техники, но и пытается рефлексировать свою собственную деятельность. Обычно эти две различные позиции в науке и технике разведены, но между ними существует отношение рефлексии, которая служит орудием критики и выводит мышление за пределы наличных форм знания. Между методологом и ученым или инженером располагается еще одна важная позиция — историка науки и техники. В этом случае имеют место два уровня рефлексии. Задача философии науки и техники учитывать обе эти рефлексивные позиции.

В зависимости от уровня такого рода методологической рефлексии следует различать философскую, общенаучную и конкретно-научную методологию, которая может иметь нормативную или дескриптивную направленность, а также методическую деятельность, разрабатывающую конкретные методические указания и предписания к выполнению определенной профессиональной деятельности. Именно на пересечении философии науки и философии техники выделился в относительно самостоятельную область методологический анализ технических наук и научно-технического знания наряду и под влиянием философско-методологического анализа естествознания, прежде всего физики. Эти исследования, в свою очередь, оказались полезными для выяснения отношения теории и практики, познания и проектирования, науки и техники, фундаментального и прикладного исследования, что имеет, несомненно, важное значение не только для техники и технических наук, но для науки в целом, не только для философии техники, но и для философии науки, например для понимания механизмов генезиса и эволюции современных научных теорий.

Таким образом, методологическая рефлексия характерна сегодня не только для естествознания, но и для других областей науки и техники, в частности для инженерной, проектной и вообще всякой инновационной деятельности. В этом случае, однако, методология выходит за рамки научного исследования и становится методологией проектирования, понимаемого в самом широком смысле. Отчетливая методологическая ориентация становится важнейшей особенностью современного междисциплинарного технического исследования и системного проектирования, что часто находит воплощение в конкретных методических предписаниях, оказывающих непосредственное влияние на практику.

Это поднимает роль и одновременно повышает ответственность методологии науки и методологического компонента философии техники относительно конкретных методологических исследований.

3.1.2. Техника как предмет исследования естествознания

Между естественнонаучными экспериментами и техническими процессами нет большой разницы, поскольку первые являются артефактами, а вторые — видоизмененными природными процессами. Осуществление эксперимента — это деятельность по производству технических эффектов, которая отчасти может быть квалифицирована как инженерная, т.е. как попытка создать искусственные процессы и состояния с целью получения новых научных знаний о природе или подтверждения научных законов, а не исследования закономерностей функционирования и создания самих технических устройств. Поэтому, указывая на инженерный характер физического эксперимента, не следует упускать из виду тот факт, что и современная инженерная деятельность была в значительной степени видоизменена под влиянием развитого в науке Нового времени мысленного эксперимента. Естественно-научный эксперимент — это не столько конструирование реальной экспериментальной установки, сколько прежде всего идеализированный эксперимент, оперирование с идеальными объектами и схемами, результатом которых могут стать новые контролируемые лабораторные ситуации, необходимые для наблюдения естественных явлений, слабо различимых в природе. Одна из задач физики заключается в том, чтобы изолировать теоретически предсказанное явление, получить его в чистом виде в технически подготовленном эксперименте, поэтому физические науки открыты для технического применения, а технические устройства могут быть использованы для экспериментов в физике.

Многие первые научные теории были, по существу, теориями научных инструментов, которые ничем не отличаются от технических устройств. Физическая оптика — это теория микроскопа и телескопа, пневматика — теория насоса и барометра, а термодинамика — теория паровой машины и двигателя. Аналогичным образом и для решения инженерных задач средствами математики технические системы необходимо объективировать — рассмотреть в виде естественных объектов, независимо от человеческой деятельности, т.е. переформулировать инженерную задачу в естественно-научную проблему. Галилей, анализируя в «Механике» простейшие технические системы, например винт, рассматривает в первую очередь их природу. По его оценке, из всех созданных человеком орудий винт занимает первое место по своей полезности, поэтому ученый пытается дать ясное объяснение его происхождения и природы, для чего переходит к рассмотрению естественных движений тяжелых тел, на некоторое время не при-

нимая в расчет того, что речь идет, в сущности, об искусственном объекте. Экстраполируя результаты наблюдения за поведением жидких тел на твердые тела, он утверждает, что основное естественное свойство движения тяжелых тел состоит в том, что, будучи свободными, они стремятся двигаться по направлению к центру, если только случайные и внешние помехи не препятствуют этому. Именно эти помехи и могут быть устранены искусственным путем, например полированием. Таким образом, на тщательно выровненной поверхности шар, изготовленный из подходящего материала, будет оставаться между покоем и движением, но малейшей силы достаточно, чтобы привести его в движение. Переходя от описания функционирования технической системы к естественному движению природного объекта, Галилей конструирует идеализированный объект физической теории, а на его основе — экспериментальную ситуацию, созданную искусственным путем, которая позволяет ему вывести естественно-научную закономерность: тяжелые тела, если удалить все внешние и случайные помехи, можно перемещать самой незначительной силой. Однако, чтобы заставить тяжелое тело двигаться по наклонной плоскости вверх, потребуются большие усилия, поскольку в этом случае движение осуществляется в противоположном направлении. Наконец, Галилей возвращается к винту, утверждая, что тот представляет собой треугольник, обернутый вокруг цилиндра, поэтому винт с более частыми спиралями обращается плоскостью менее наклонной. В заключение ученый формулирует обобщение, важное для создания любых механических орудий: насколько больше их выигрыш в силе, настолько же они проигрывают во времени и в быстроте. Таким образом, ученый-естествоиспытатель обращается с естественными объектами как инженер-теоретик, перестраивающий их с целью обнаружения общего принципа действия, а с искусственными процессами — как ученый-практик, обнаруживающий в них всеобщий закон.

Задавшись вопросом, почему в проливах течение быстрее, чем на открытых местах, Галилей начинает с наблюдения за функционированием инженерных сооружений — каналов, преследуя при этом не инженерные, а естественно-научные цели. Он стремится понять причину сильных течений, возникающих в узком проливе, а в конечном счете, и доказать вращение Земли. При этом как ученый-естествоиспытатель он переносит полученные при наблюдении искусственных сооружений выводы на природные процессы, но не просто разрабатывает более строгие научные понятия, а конструирует мысленный эксперимент как проект реального эксперимента, т.е. особое идеализированное представление природных объектов, которое затем может быть практически реализовано с помощью устранения побочных влияний и помех техническими средствами. Таким образом, в экспериментальном естествознании ученый должен не только построить логически удовлетворительную теоретическую схему, объясняющую и предсказывающую ход развития того

или иного природного явления и процесса, но и сконструировать практическую экспериментальную ситуацию, воспроизводящую это явление искусственно в наиболее чистом виде, отвлекаясь от второстепенных черт, и проверяющую достоверность выбранной теоретической схемы.

Работы Галилея и его последователей создали почву для формирования образцов инженерного мышления и деятельности, уже не только в сфере теории, но и на практике. Х. Гюйгенс, например, на основе точного расчета и сознательного применения научного знания соотнес математическую схему (циклоиду — геометрическую кривую, по которой движется маятник (в его часах), описание физического процесса качания маятника и конструкцию часов. Исходя из технического требования, предъявляемого к функционированию маятника, и знаний механики, он определил конструкцию часов, которая может удовлетворять данному требованию. Сформулированный и продемонстрированный Галилеем и Гюйгенсом путь использования технических знаний в естествознании и применения естественно-научных знаний в технике, является краеугольным камнем современной естественной науки и одновременно условием возникновения технических наук.

Наиболее рельефно это выразилось в творчестве Г. Герца, эксперименты которого по распространению электромагнитных колебаний не только послужили блестящим подтверждением теории Фарадея—Максвелла, но и положили начало развитию новой технической науки и сферы инженерной практики — радиотехники. Работы Галилея и Герца содержат много общего, несмотря на различные предметы исследования, поскольку заложили методологические основы теоретического осмысления феноменов техники. Однако если Галилей положил начало естественно-научной теории, ориентированной на технически спланированный эксперимент, то Герц заложил основы технической теории, выросшей как приложение естественно-научной теории к вновь создаваемой области техники. История становления и развития естествознания и техники связана с постоянным обменом опытом между этими двумя сферами и движением то от техники к естествознанию, то, наоборот, от естествознания к технике.

Таким образом, современное естественно-научное исследование с самого своего возникновения опосредовано техникой для моделирования природных процессов в доступном для наблюдения виде, абстрагируясь от побочных влияний, и часто трудно определить, что исследует ученый: естественные или искусственные процессы. Точнее сказать, ученый-естествоиспытатель исследует естественные процессы в идеализированных искусственно созданных условиях, имея дело с технической системой, замещающей природный объект, и переносит полученные в результате экспериментирования с ней знания на этот объект. Как побочные для него, но очень важные для технического развития общества следствия, появляются технические приложения, полученные в ходе

разработки нового экспериментального оборудования, которые в качестве образцов, в конечном счете, попадают в сферу техники.

В экспериментальном естествознании и в инженерной деятельности устанавливается взаимосвязь между миром природным и миром искусственным, поэтому понятия «естественного» и «искусственного», развитые еще в античной философии, играют важную роль для разграничения естествознания и техники. Первоначально естественное как принцип развития или внутренняя сила, обуславливающая именно данный, а не иной ход природного процесса, рассматривалось античными натурфилософами как антитеза сверхъестественному. Платон различает существующее согласно природе и по закону, т.е. искусное, то, что приобретается старанием, упражнением, обучением, что противно природе. Для него искусство — *технэ* — божественное или человеческое стоит выше природы. По Аристотелю, естественное — это то, причина чего заключена в самой вещи, что происходит по определенному закону либо всегда, либо по большей части. Естественное противопоставляется у него также насильственному: естественное движение — это движение по природе к своему естественному месту. Кроме того, он различает возникающее от природы и образованное искусством.

Со становлением экспериментального естествознания проблема соотношения естественного и искусственного переосмысливается. Для Декарта всякое различие между естественным и искусственным с необходимостью исчезает, поскольку мир, природа трактуется им как машина, поэтому все искусственные предметы вместе с тем являются естественными: часам не менее естественно показывать время с помощью колесиков, из которых они составлены, чем дереву, выросшему из семян, приносить плоды. Такое понимание естественного и искусственного прямо противоположно аристотелевскому представлению, согласно которому природное противопоставлялось созданному человеком, а физика — механике как искусству, а не науке. По Декарту же, механика является частью физики, изучающей трубы и пружины, вызывающие действия природных вещей. Галилей рассматривает эти понятия в нескольких контекстах: естественный ход вещей противопоставляется им сверхъестественному — чуду, а естественное как необходимое является для него антитезой насильственному и случайному, наконец, природное, врожденное, самопроизвольное отличается им от человеческого, рукотворного, изобретенного. Но главное его достижение заключается в соотнесении этих двух понятий. В отличие от Аристотеля, Галилей рассматривает естественное движение в искусственных условиях. Говоря, например, о плавающих телах, он утверждает, что понять их причину легко, поскольку в любом искусственно приготовленном сосуде можно наблюдать эти явления естественно происходящими. В то же время он говорит и о природе механических орудий, рассматривая их естественный компонент, критикуя, например, ме-

хаников, стремящихся применить машины к действиям, невозможным по самой своей природе. Именно таким перенесением искусственного в естественное и естественного в искусственное были заданы идеалы и нормы экспериментального естествознания и инженерной деятельности.

Двойственная ориентация инженера на научные исследования природных явлений и на воспроизведение замысла искусственным путем в целенаправленной деятельности заставляет его взглянуть на свой продукт иначе, чем это делает ремесленник, для которого такой продукт представляет собой изделие рук человеческих, или ученый-естествоиспытатель, видящий в нем прежде всего природный объект. Для инженера всякое создаваемое им техническое устройство выступает как «естественно-искусственная» система, представляя собой, с одной стороны, подчиняющееся естественным законам явление природы, а с другой — орудие, механизм, машину, сооружение, которые необходимо искусственно создать. Непонимание роли естественных законов для решения технических задач характерно лишь для доинженерного технического мышления. По меткому замечанию Галилея, думающие обмануть природу неразумные инженеры действуют как ремесленники. Если для технического мышления действительно характерна «искусственная» позиция, то для инженерного — «естественно-искусственная».

В широком понимании каждый вид человеческой деятельности имеет свою технику, в узком же — под техникой имеется в виду только деятельность человека, работающего в области техники. Техника, по определению Энгельмейера, — это искусство вызывать намеченные полезные явления природы, пользуясь известными свойствами природных тел. Современная техника принадлежит к искусствам, т.е. к объективирующей деятельности, и в то же время руководствуется естествознанием, поэтому важно отличать техника от ремесленника, который создает свои произведения исключительно путем усвоения раз навсегда выработанной рутины. Но еще более важно провести различие между техником и инженером: инженер осуществляет творческую и направляющую деятельность, на долю техника выпадает исполнение. Сочетание в инженерной деятельности естественной и искусственной ориентации обуславливает необходимость для инженера опираться, с одной стороны, на науку, в которой он черпает знания о естественных процессах, а с другой — на существующую технику, откуда он заимствует знания о материалах, конструкциях, их технических свойствах, способах изготовления. Совмещая эти два рода знания, он находит те точки природы, в которых природные процессы действуют так, как это необходимо для функционирования создаваемой технической системы. Задача инженера — создать с помощью искусственных средств материальные условия для запуска непрерывной цепи процессов природы. Именно выяснению этой природной связи служат полученные учеными естественно-науч-

ные знания о характере и особенностях протекания различных природных процессов.

Итак, суть научного метода в технике состоит в том, чтобы поставить природные тела в такие обстоятельства, когда их действие, происходящее в соответствии с законами природы, будет одновременно соответствовать нашим целям. Когда эту задачу начали выполнять сознательно, возникла новейшая научная техника. Переход к научной технике был, однако, не однонаправленной трансформацией техники наукой, а их взаимосвязанной модификацией, поскольку не только наука повлияла на становление норм современного инженерного мышления, но и инженерная деятельность оказала заметное влияние на формирование нового идеала научности. Под влиянием инженерной деятельности, например, меняется представление о научном опыте и его содержании, куда входит уже не только простое наблюдение, но и инженерно подготавливаемый эксперимент. Галилей употребляет понятие «опыт» как в смысле ежедневного опыта, обычного наблюдения за ходом природных явлений и за функционированием искусственных сооружений, так и в плане инженерного опыта, или эксперимента, который он разделяет на мысленный (на чертеже или без чертежа, технически осуществимый или неосуществимый) и реальный. Реальный эксперимент заключается в разработке и создании специального экспериментального оборудования, проведении на нем планомерных опытов и наблюдений за его функционированием. В этом и состоит подлинное научное объяснение природных явлений с помощью искусственного воспроизведения их внешнего действия. При этом опыты должны производиться не случайно, а, по словам Декарта, тщательно готовиться проницательными людьми, способными правильно их произвести. В результате формируется новая фигура ученого-экспериментатора. Одним из первых таких ученых был Р. Гук, который в «Трактате об экспериментальном методе» неизменно восхваляет большую научную роль приборов и инструментов и прежде всего как средства против ошибок чувственного опыта, превознося «верную руку» и «добросовестный глаз» и подчеркивая необходимость знакомства ученого со всевозможными ремеслами и искусствами.

Влияние инженерного мышления сказалось не только на экспериментальной деятельности ученых, но и на самих научных представлениях. Чтобы осуществить эксперимент, необходимо уметь искусственно вызывать явления в возможно простом и чистом виде. Такой подход связан с идеализированным искусственно-естественным представлением, свойственным именно инженерному мышлению. Для эксперимента необходимо создать искусственные условия, которые не наблюдаются в природе. Например, Галилей не просто наблюдает за происходящими в природе процессами, а сначала строит искусственную идеализированную ситуацию, отвлекаясь от ее выполнимости техническими средствами, но принципиально реализуемую, хотя и не имеющую места в природе. Затем он разра-

батывает проект технически реализуемой экспериментальной ситуации, скажем маятника, где сила тяжести отделена от приложенной к телу силы, и, наконец, на основе этого проекта может быть проведен реальный эксперимент. В свою очередь, искусственно созданные в эксперименте ситуации сами должны быть представлены и описаны в научном плане как определенные естественные процессы. Рассуждая о механиках-практиках, Ньютон, к примеру, пишет, что тяжесть рассматривалась ими не как сила, а как грузы, движимые машинами, а его самого как ученого-естествоиспытателя, исследующего не ремесла, а учение о природе, интересуют не усилия, производимые руками, а силы природы, другими словами, в науке искусственно воссозданным экспериментальным ситуациям должен быть придан естественный модус. Без этого полученные в эксперименте результаты нельзя считать научными. Следовательно, даже в эксперименте главный акцент должен делаться на естественном, в то время как в инженерной деятельности — на искусственном, хотя им обоим присуща «естественно-искусственная» позиция. Это объясняется различием задач экспериментальной и инженерной деятельности: основная цель эксперимента — обосновать с помощью искусственных средств теоретически выведенные естественные законы, цель же инженерной деятельности, учитывая эти законы, создать искусственные технические средства и системы для удовлетворения определенных человеческих потребностей. В этом и выражается сходство и взаимовлияние экспериментального естествознания и инженерной деятельности, выполняющих вместе с тем различные функции в современной культуре и имеющих разную направленность.

Таким образом, инженерно-проектная установка проникает в сферу научных, в том числе физических, исследований, считающихся носителем господствующего до сих пор в сознании многих ученых образа науки. Это относится не только к классическому, но и к современному неклассическому естествознанию, которое демонстрирует тесную связь теоретического исследования не только с экспериментом, но и с техническими применениями. Именно современная неклассическая физика продемонстрировала, какое огромное влияние на технические приложения может оказать математизированное естествознание. Например, развитие ядерной физики непосредственно привело к практическим техническим результатам как в военной сфере, так и в области мирного использования атомной энергии, где эксперимент непосредственно перерастает в отрасль промышленности. Да и сам эксперимент представляет собой сложнейшую область не только науки, но и техники. В США до Второй мировой войны в инженерном образовании господствовала преимущественная ориентация на практическую, а не теоретическую подготовку инженеров. В новых же областях техники, развившихся преимущественно во время войны (техника сантиметровых волн, импульсная и компьютерная техника и т.п.), где практический опыт не компенсировал теоретических знаний, например квантовой механики.

основной вклад в их развитие сделали физики. Они не имели опыта работы в области техники, но были достаточно основательно подготовлены в теоретической физике и математике.

Связь теоретической науки с промышленностью, инженерными приложениями является благотворной не только для техники, но и для самой науки. Очевидным подтверждением этому тезису служат космические исследования и космическая техника. Широкое использование компьютерной техники во всех областях науки и техники сопровождается перенесением принципов, например самоорганизации, обобщенных в кибернетике, на системы неживой природы, причем способ функционирования таких систем подчиняется одним и тем же основополагающим принципам, независимо от того, относятся они к области физики, химии, биологии или даже социологии. Например, такие процессы самоорганизации вблизи лазерного источника света описываются лазерной физикой, причем лазер — это технический прибор, созданный именно на основе представлений неклассической физики.

Часто влияние техники на естествознание связывается с критикой механистических объяснений, причем утверждается, что, например, процессы саморегулирующегося гомеостаза, характерные для живого, невозможно объяснить механически. Однако в настоящее время описание саморегулирующихся гомеостатических устройств стало общим местом в кибернетике. Механистическое объяснение, если его понимать как описание механизма природных явлений, не следует отождествлять с представлением мировой механики в виде пружинных часов с классическим передаточным механизмом. С помощью такого рода аналогий, конечно, сегодня не могут быть научно объяснены природные явления, но ведь и современные часы выглядят иначе — они стали электронной схемой с микропроцессором. Важно не отождествлять описание механизма природных явлений с редукцией их к одному-единственному основополагающему уровню (например, физико-химическому или атомному), признавать сложность связей элементов и взаимодействий в анализируемой системе и не считать приведенный на данном уровне развития науки список таких механизмов исчерпывающим.

3.1.3. Естественные и технические науки

При выявлении специфики технических наук зачастую их отождествляют с прикладным естествознанием. Однако такое отождествление в условиях современного научно-технического развития не соответствует действительности. Технические науки представляют собой особый класс научных дисциплин, отличающихся от естественных наук, хотя между ними и существует достаточно тесная связь. Технические науки действительно воз-

никали в качестве прикладных областей исследования естественных наук, используя и при этом значительно видоизменяя их теоретические схемы, развивая их знания. Кроме того, это не был единственный способ их воification, поскольку важную роль сыграла и математика. Конечно, известное пересечение между техническими и прикладными науками существует, поскольку результаты фундаментальных исследований рано или поздно применяются, поэтому можно считать, что уже в рамках фундаментального исследования осуществляется поиск определенных законом природы с ориентацией на возможность их использования для человеческих целей. Однако и с этой поправкой речь идет о теоретической, а не о практической деятельности, хотя и с выходом на практическую перспективу. Вообще противопоставление так называемых чистой и прикладной наук, строго говоря, является некорректным. Обозначая техническую науку в качестве прикладной, исходят обычно из того, что целью чистой науки провозглашается познание, т.е. объяснение природных законов, а прикладная наука служит руководством к действию, используя готовые результаты чистой науки для практических целей.

Такой подход не позволяет определить специфику технических наук, поскольку и естественные, и технические науки могут быть рассмотрены как с точки зрения выработки в них новых знаний, так и с позиции приложения этих знаний для решения каких-либо конкретных, в том числе и технических задач. Сами естественные науки также могут быть рассмотрены как сфера приложения, например математики. В то же время существует большой разрыв между действительным применением результатов технической науки на практике и занятием самой этой наукой. Таким образом, разделение наук по сфере практического применения является весьма относительным, поскольку всякое исследование, в конечном счете, ориентировано на удовлетворение определенного рода потребностей.

Иногда полагают, что разделение наук на чистую и прикладную имеет определенный смысл для объяснения различий в точке зрения и мотивации между исследователем, который ищет новый закон природы, чтобы лучше понять существующее положение вещей, и исследователем, который применяет уже открытые законы к проектированию полезных устройств, пытаясь с помощью имеющихся в науке знаний усовершенствовать мастерство изготовителя. Иначе говоря, если цель чисто познавательная, получается чистая наука, если же преимущественно практическая — прикладная. В то же время рассматривать технические науки как прикладные или просто как отрасли приложения, например физики, исторически неверно. Как показывают конкретные исторические исследования взаимодействия техники и науки, часто бывает трудно отделить использование научных знаний от их создания и развития. Инженеры применяют не столько готовые научные знания, сколько научный метод. Кроме того, в самих технических науках постепенно формируется мощный слой фунда-

ментальных исследований с прикладными целями, которые проводятся в интересах техники. Это показывает условность границ между фундаментальными и прикладными исследованиями, поэтому следует говорить о различии фундаментальных и прикладных исследований и в естественных, и в технических науках, а не о противопоставлении фундаментальных и прикладных наук, относя к первым из них естественные, а ко вторым — технические науки.

Технические и естественные науки должны рассматриваться как равноправные научные дисциплины. Каждая техническая наука — это научная дисциплина, направленная на объективное, поддающееся передаче знание. Она, конечно, обслуживает технику, но не равна ей. Становление технических наук связано со стремлением придать инженерному знанию научную форму, которое было характерно для XIX столетия, что выразилось в формировании профессиональных обществ, подобных тем, которые существовали в науке, основании научно-технических журналов, создании исследовательских лабораторий и приспособлении математической теории и экспериментальных методов науки к нуждам инженерной деятельности. Таким образом, инженеры заимствовали из науки не только результаты научных исследований, но также методы и социальные институты, с помощью которых они смогли сами генерировать специфические и необходимые для их сообщества знания. Работа ученых, которые заняты созданием новой техники, и инженеров, которые работают как ученые, например в технических университетах, и не выполняют практических обязанностей, является по сути дела чистой наукой, хотя свои научные результаты они публикуют в технических журналах.

Точка зрения, что фундаментальная наука генерирует все знания, которые специалист в области техники затем применяет, устарела и не соответствует статусу современной техники. Действительно, сегодня множество исследователей, получивших инженерное образование и работающих в отраслевых промышленных лабораториях, связаны с созданием специфического теоретического знания, а не только с применением уже полученного в естественной науке знания, а ученые, работающие в университетах или академических центрах, приходят к важным технологическим результатам. Поэтому технические науки должны рассматриваться не как придаток естественных наук, а как самостоятельные научные дисциплины. Вместе с тем они существенно от них отличаются по специфике своей связи с техникой. Занимая одну и ту же предметную область инструментально измеримых явлений, они могут исследовать одни и те же объекты, но делают это по-разному.

Технические науки к началу XX в. составили сложную систему знаний — от систематически организованных наук до собрания правил в инженерных руководствах. Некоторые из них строились непосредственно на науке, как, например, сопротивление материалов и гидравлика, и часто

рассматриваются в качестве отраслей физики, другие же, как, например, кинематика механизмов, развились из инженерной практики.

Именно из естественных наук в технические были транслированы исходные теоретические положения, способы представления объектом исследования и проектирования и основные понятия, а также заимствован идеал самой научности. В то же время в технических науках все заимствованные из естествознания элементы претерпели существенную трансформацию, в результате чего и возник новый тип организации теоретического знания. Кроме того, технические науки со своей стороны в значительной степени стимулируют развитие естественных наук, оказывая на них обратное влияние.

Однако утверждение, что основой всех технических наук является лишь точное естествознание, некорректно. В настоящее время научно-технические дисциплины представляют собой широкий спектр различных дисциплин от самых абстрактных до весьма специализированных, которые ориентируются на использование не только знаний естественных наук, причем не только физики, а также химии, биологии и т.д., но и общественных наук, как, например, инженерно-экономические исследования или инженерная психология. Относительно некоторых на учно-технических дисциплин вообще трудно сказать, принадлежат ли они к чисто техническим наукам или образуют какое-то иное, более сложное единство науки и техники. Кроме того, некоторые области технических наук могут иметь характер фундаментального, а другие — прикладного исследования, что справедливо и для естественных наук. Поэтому для определения специфики технического знания и технических наук необходимо анализировать их строение.

Фундаментальные исследования в технических науках часто отождествляются с теоретическими исследованиями в технике, которые находятся между математическими, естественно-научными теориями, с одной стороны, и инженерной практикой — с другой, и даже включают в себя элементы дедуктивно-аксиоматических теорий. Действительно, большинство технических наук имеет свои теории, а инженер должен описывать сложную техническую реальность также и теоретически. Поэтому очень важно четко определить, что такое фундаментальные исследования в технических науках и чем они отличаются от прикладных исследований в них.

Прикладное исследование адресовано производителям и заказчикам и направляется их нуждами или желаниями, фундаментальное — другим ученым. С методологической точки зрения исследование в технической науке не сильно отличается от естественно-научного исследования. Технические науки также могут быть рассмотрены как академические дисциплины, поскольку для инженерной деятельности требуются не только краткосрочные исследования, направленные на решение специальных задач, но и широкая долговременная программа фундаментальных исследований в

лабораториях и институтах, специально предназначенных для развития технических наук. В то же время современные фундаментальные исследования более тесно связаны с приложениями, чем это было раньше. Таким образом, в научно-технических дисциплинах необходимо четко различать исследования, включенные в инженерную деятельность независимо от того, в каких организационных формах они протекают, и теоретические исследования, которые мы будем дальше называть технической теорией.

Для того чтобы выявить особенности технической теории, ее следует сравнить с естественно-научной теорией. Различие между физической и технической теориями заключается в характере идеализации. Физик концентрирует внимание на простых случаях, например элиминирует трение, сопротивление жидкости и т.д. Техническая же теория не может элиминировать сложное взаимодействие физических факторов, имеющих место в машине. Техническая теория является менее абстрактной, она тесно связана с реальным миром техники. Например, Б. Франклин подчеркивал, что законы Бойля и Мариотта не давали возможности описать действительный ход парового двигателя, и потому он ввел в законы науки инженерные принципы, которые не содержали утверждений о природе, а были правилами проектирования искусственного объекта. Техническая теория отличается от физической тем, что связана с искусственными устройствами, а не непосредственно с природой, имеет дело с идеализированными описаниями и представлениями технических устройств.

Однако противопоставление естественных и искусственных объектов не дает реального основания для различения, поскольку почти все явления, изучаемые современной экспериментальной наукой, являются технически воссозданными в лабораториях и в этом смысле искусственными. Чтобы преобразовать электромагнитные уравнения Максвелла в форму, применяемую инженерами, потребовались огромные творческие усилия инженера О. Хэвисайда, поскольку информация от сообщества ученых может перейти к сообществу инженеров только после серьезной переформулировки и развития результатов естествознания. Для этого требуются «ученые-инженеры» или «инженеры-ученые», принадлежащие к обоим сообществам и развивающие особую техническую теорию, как, например, ученый-инженер В. Рэнкин, ведущая фигура в создании термодинамики и прикладной механики, связавший практику построения паровых двигателей высокого давления с научными законами. Рэнкин доказывает необходимость развития промежуточной формы знания между физикой и техникой, заключающейся в единстве теории и практики. Действия машины должны основываться на теоретических понятиях, а свойства материалов — выбираться исходя из твердо установленных экспериментальных данных. В паровом двигателе изучаемым материалом был пар, а законы действия были законами создания и исчезновения теплоты, покоящимися на формальных теоретических понятиях. Поэтому

его работа в равной мере зависела и от свойств пара, устанавливаемых практически, и от состояния теплоты в этом паре. Законы теплоты влияют на свойства пара, но и свойства пара могут изменить действие теплоты. Такой анализ действия расширения пара позволил Рэнкину открыть причины потери эффективности двигателей и рекомендовать конкретные мероприятия, уменьшающие негативное действие расширения. Модель технической науки, предложенная ученым, обеспечила применение теоретических идей к практическим проблемам и привела к образованию новых понятий на основе объединения элементов науки и техники.

И естественно-научные, и научно-технические знания являются знаниями о манипуляции природой, но между ними существует фундаментальное отличие, которое заключается в том, что в технической теории важнейшее место занимают проектные характеристики и параметры. Артефакты, изучаемые в естественной науке, изолированы от технологического контекста, в то время как артефакты, изучаемые технической наукой, анализируются именно с этой точки зрения, поскольку в них технологическая функция должна быть описана и объяснена с позиций проектирования и конструирования. В технической науке теория представляет собой не только ориентир для дальнейшего исследования, но и основу предписаний для осуществления оптимального технического действия.

Технические теории оказывают, в свою очередь, влияние на физическую науку и даже на физическую картину мира. Например, теория упругости стала генетической основой модели эфира, а гидродинамика легла в основу вихревых теорий материи. Исследование соотношения и взаимосвязи естественных и технических наук направлено также на то, чтобы при анализе технических наук обосновать возможность использования методологических средств, развитых в философии науки в процессе исследования естествознания. Однако за последние десятилетия возникло множество технических теорий, которые основываются не только на физике и могут быть названы абстрактными техническими теориями, например системотехника, информатика или теория проектирования, для которых характерно включение общей методологии в фундаментальные инженерные исследования. Поэтому рассмотрим сначала генезис технических теорий в классических технических науках и их отличие от физической теории и лишь затем перейдем к особенностям теоретико-методологического синтеза знаний в современных научно-технических дисциплинах.

Поскольку первые технические теории строились по образцу физических теорий, а анализ строения физических теорий всегда был и остается в центре внимания философии науки, то для разъяснения специфики технических наук важно показать сходства и отличия физической и технической теорий. В структуре и естественно-научной, и технической теории наряду с концептуальным и математическим аппаратом важную роль играют теоретические схемы, образующие своеобразный внутренний скелет

теории и представляющие собой совокупность абстрактных объектов, ориентированных, с одной стороны, на применение математического аппарата, а с другой — на мысленный эксперимент, т.е. на проектирование возможных экспериментальных ситуаций. Они являются особыми идеализированными представлениями — теоретическими моделями, которые часто, в особенности в технических науках, выражаются графически, как, например, электрические и магнитные силовые линии, введенные Фарадеем в качестве схемы электромагнитных взаимодействий, которые, по меткой характеристике Максвелла, позволяют воспроизвести точный образ исследуемого предмета. Герц использует и развивает эту теоретическую схему Фарадея для осуществления и описания своих знаменитых опытов, называя такое изображение наглядной картиной распределения силовых линий, которая призвана описать процесс их отщуривания от вибратора, что, с одной стороны, стало решающим для передачи электромагнитных волн на расстояние и появления радиотехники, а с другой — позволило ему проанализировать распределение сил для различных моментов времени. В технической теории такого рода графические изображения играют еще более существенную роль, поскольку оперирование схемами является особенностью инженерного мышления.

Теоретические схемы выражают видение мира под определенным углом зрения, заданным в теории, и, с одной стороны, отражают интересующие данную теорию свойства и аспекты реальных объектов, а с другой — являются ее оперативными средствами для идеализированного представления этих объектов, которое затем может быть практически реализовано в эксперименте. Например, применяемые Герцем теоретические понятия имеют четкое математическое выражение — поляризация, смещение, количество электричества, сила тока, период, амплитуда, длина волны и т.д., но имеется в виду и соотносительность математического описания с опытом. Производя же опыты, он постоянно обращается к математическим расчетам. Абстрактные объекты, входящие в состав теоретических схем математизированных теорий, представляют собой результат схематизации экспериментальных объектов или, в более широком контексте, любых объектов предметно-орудийной, в том числе инженерной, деятельности. В технических науках эксперимент замещается инженерной деятельностью, в которой и проверяется адекватность теоретических выводов технической теории и черпается новый эмпирический материал.

Абстрактные объекты технической теории обладают целым рядом особенностей, например, собраны из некоторого фиксированного набора блоков по определенным правилам сборки: в электротехнике — это емкости, индуктивности, сопротивления; в теоретической радиотехнике — генераторы, фильтры, усилители и т.д., в теории механизмов и машин — различные типы звеньев, передач, цепей, механизмов. С одной стороны, это обеспечивает соответствие абстрактных объектов стандартизованным

конструктивным элементам реальных технических систем, а с другой создает возможность их дедуктивного преобразования на теоретическом уровне. В теоретических схемах технической науки задается образ исследуемой и проектируемой технической системы. Специфика технической теории состоит в том, что она ориентирована не на объяснение и предсказание хода естественных процессов, а на конструирование технических систем. Научные знания и законы, полученные естественно-научной теорией, требуют доводки для применения их к решению практических инженерных задач, в чем и состоит одна из функций технической теории, поскольку теоретические знания в технических науках должны быть донесены до уровня практических инженерных рекомендаций. Выполнению этой задачи служат правила перехода от одних модельных уровней к другим, а проблема интерпретации и эмпирического обоснования в технической науке формулируется как задача реализации, поэтому в ней важную роль играет разработка операций перенесения теоретических результатов в область инженерной практики, установление четкого соответствия между сферой абстрактных объектов технической теории и конструктивными элементами реальных технических систем, что соответствует теоретическому и эмпирическому уровням знания.

Эмпирический уровень технической теории образуют конструктивно-технические и технологические знания — эвристические методы и приемы, разработанные в самой инженерной практике и являющиеся результатом обобщения практического опыта при проектировании, изготовлении, отладке и т.д. технических систем. Конструктивно-технические знания преимущественно ориентированы на описание строения технических систем как совокупности элементов, имеющих определенную форму, свойства и способ соединения, но включают также знания о технических процессах, в них протекающих, и параметрах их функционирования. Технологические знания фиксируют методы создания технических систем и принципы их использования. Конструктивно-технические и технологические знания ориентированы на обобщение опыта инженерной работы и отображаются на теоретическом уровне в виде многослойных теоретических схем различных уровней. Однако эмпирический уровень технической теории содержит в себе и особые практико-методические знания, т.е. рекомендации по применению научных знаний, полученных в технической теории, в практике инженерного проектирования. Эти знания представляют собой не результат обобщения практического опыта инженерной работы, а продукт теоретической деятельности в области технической науки, сформулированы они в виде рекомендаций для еще не осуществленной инженерной деятельности.

Теоретический уровень научно-технического знания включает в себя три слоя: функциональные, поточные и структурные теоретические схемы.

Функциональная схема, которая совпадает для целого класса технических систем, фиксирует общее представление о технической системе независимо от способа ее реализации и является результатом ее идеализации на основе принципов, заданных данной технической теорией. Блоки этой 'схемы фиксируют только те свойства элементов технической системы, ради которых они включены в нее для выполнения общей цели. Совокупность такого рода свойств, рассмотренных обособленно от нежелательных свойств, которые привносит с собой элемент в систему, и определяют функциональные элементы таких схем. Они могут выражать обобщенные математические операции, а функциональные связи между ними — определенные математические зависимости. На функциональной схеме проводится решение математической задачи с помощью стандартной методики расчета, типовых способов решения задач и на основе применения ранее доказанных теорем. Для этого функциональная схема по определенным правилам преобразования приводится к типовому виду. Для описания такого рода упрощающих преобразований специально доказываются эквивалентность некоторых типовых схем и особые теоремы, позволяющие получать более удобные для расчета схемы. Это дает возможность упрощать схему, а следовательно, и последующий ее математический расчет. В классической технической науке функциональные схемы всегда привязаны к определенному типу физического процесса, т.е. к определенному режиму функционирования технического устройства, и всегда могут быть отождествлены с какой-либо математической схемой или уравнением. Однако они могут выражаться в виде простой декомпозиции взаимосвязанных функций, направленных на выполнение общей цели, предписанной данной технической системе. С помощью такой схемы строится алгоритм функционирования системы и выбирается ее конфигурация.

Поточная схема, или схема функционирования, описывает естественные процессы, протекающие в технической системе, исходя из естественно-научных, например физических, представлений, и связывающие ее элементы в единое целое. Блоки таких схем отражают различные действия, выполняемые над естественным процессом элементами технической системы в ходе ее функционирования. Однако она имеет дело не с огромным разнообразием конструктивных элементов технической системы, отличающихся своими характеристиками, принципом действия, конструктивным оформлением и т.д., а со сравнительно небольшим количеством идеальных элементов и их соединений, представляющих эти идеальные элементы на теоретическом уровне. Для применения математического аппарата требуется дальнейшая идеализация, причем в зависимости от режима функционирования одна и та же схема может быть построена по-разному. Режим функционирования технической системы определяется прежде всего тем, какой естественный процесс через нее протекает. В зависимости от этого и элементы цепи на схеме функционирования меняют вид. Для

каждого вида естественного процесса применяется наиболее адекватным ему математический аппарат, призванный обеспечить эффективный анализ поточной схемы технической системы в данном режиме ее функционирования. Поточные схемы в общем случае отображают не обязательно физические (электрические, механические, гидравлические и т.д.), но и химические, биологические и вообще любые естественные процессы, а в предельно общем случае — вообще любые потоки субстанции — вещества, энергии, информации, причем в частном случае эти процессы могут быть редуцированы к стационарным состояниям, рассматриваемым как вырожденный частный случай процесса.

Структурная схема технической системы фиксирует те узловые точки, на которые замыкаются потоки — процессы функционирования и которыми могут быть единицы оборудования, детали или даже целые технические комплексы, представляющие собой конструктивные элементы различного уровня, входящие в данную техническую систему, отличающиеся по принципу действия, техническому исполнению и ряду других характеристик. Такие элементы обладают, кроме функциональных свойств, свойствами второго порядка, т.е. теми, которые приносят с собой в систему определенным образом реализованные элементы, в том числе и нежелательные. Структурная схема фиксирует конструктивно! расположение элементов и связей данной технической системы и предполагает определенный способ ее реализации, но является результатом некоторой идеализации, теоретическим наброском структуры будущей технической системы, который может помочь разработать ее проект, а не скрупулезным описанием, по которому может быть построена техническая система. Это исходное теоретическое описание технической системы с целью ее теоретического расчета и поиска возможностей для усовершенствования или разработки на ее основе новой системы. На структурных схемах указываются обобщенные конструктивно-технические и технологические параметры стандартизированных конструктивных элементов, необходимые для проведения дальнейших расчетов, например, их тип и размерность в соответствии с инженерными каталогами, способы наилучшего расположения и соединения. При этом следует отличать структурную теоретическую схему от различного рода изображений реальных, встречающихся в инженерной деятельности схем, например монтажных схем, описывающих конкретную структуру технической системы и служащих руководством для ее сборки на производстве. Структурные схемы в классических технических науках отображают в технической теории именно конструкцию технической системы и ее технические характеристики. Они позволяют перейти от естественного модуса рассмотрения технической системы, который фиксируется в поточной схеме, к искусственному модусу, поэтому в частном случае структурная схема в идеализированной форме отображает техническую

реализацию физического процесса. В классической технической науке такая реализация всегда является технической и осуществляется в конкретном определенном типе инженерной деятельности и вида производства. В современных человеко-машинных системах подобная реализация может быть самой различной, в том числе и не технической. В этом случае речь идет о конфигурации системы, ее обобщенной структуре.

В технической теории на материале одной и той же технической системы строятся несколько оперативных пространств, в которых используются разные абстрактные объекты и средства оперирования с ними и решаются особые задачи, которым соответствуют различные теоретические схемы. Их четкая адекватность друг другу и структуре реальной технической системы позволяет транспортировать полученные решения с одного уровня на другой и на уровне инженерной деятельности. Функционирование технической теории осуществляется итерационным путем: сначала формулируется инженерная задача создания определенной технической системы, затем она представляется в виде идеальной структурной схемы, которая преобразуется в схему естественного процесса, отражающую функционирование технической системы, наконец, для расчета и математического моделирования этого процесса строится функциональная схема, отражающая определенные математические соотношения. Инженерная задача переформулируется в научную проблему, а затем в математическую задачу, решаемую дедуктивным путем. Таким образом осуществляется анализ теоретических схем, а их синтез позволяет на базе идеализированных конструктивных элементов по определенным правилам дедуктивного преобразования синтезировать новую техническую систему, рассчитать ее основные параметры и проимитировать функционирование. Решение, полученное на уровне идеальной модели, последовательно трансформируется на уровень инженерной деятельности, где учитываются второстепенные — с точки зрения идеальной модели — инженерные параметры и проводятся дополнительные расчеты, а также даются поправки к теоретическим результатам. Полученные теоретические расчеты должны быть скорректированы в соответствии с различными инженерными, социальными, экологическими, экономическими и т.п. требованиями. Это может обусловить введение новых элементов в состав теоретических схем, которые следует рассматривать как дополнительные сопутствующие признаки и одновременно ограничения, накладываемые на эти схемы их конкретной реализацией, что может привести к необходимости многократного возвращения на предыдущие стадии, составления новых поточных и функциональных схем, проведения дополнительных эквивалентных преобразований и расчетов.

Нижний слой абстрактных объектов технической теории непосредственно связан с эмпирическими знаниями и ориентирован на использование в инженерном проектировании. Одна из основных задач функциони-

рования развитой технической теории заключается в тиражировании типовых структурных схем для всевозможных инженерных требований и условий, формулировки практико-методических рекомендаций проектировщику, изобретателю, конструктору. В этом состоит конструктивная функция технической теории, ее опережающее развитие по отношению к инженерной практике, поскольку ее абстрактным объектам обязательно должен соответствовать класс гипотетических технических систем, которые еще не созданы. Поэтому в технической теории, в отличие от естественной науки, акцент делается не на анализе, а на синтезе теоретических схем, хотя эти задачи являются сходными, поскольку синтез новой технической системы, как правило, связан с анализом уже существующих аналогичных систем, а в практической инженерной деятельности синтез в чистом виде встречается редко. Определенные параметры технической системы и ее элементов заданы в условиях задачи, и синтез сводится к модернизации старой системы, при этом требуется определить лишь некоторые неизвестные параметры вновь проектируемой системы. В условиях массового и серийного производства технические системы создаются из стандартных элементов, поэтому и в теории задача синтеза заключается в связывании типовых идеализированных элементов в соответствии со стандартными правилами преобразования теоретических схем.

В конечном счете, функционирование технической теории направлено на аппроксимацию полученного теоретического описания технической системы, его эквивалентное преобразование в более простую и пригодную для проведения расчетов схему, сведение сложных случаев к более простым, для которых существует готовое решение. Сущность метода аппроксимации заключается в компромиссе между точностью и сложностью расчетных схем: точная аппроксимация обычно приводит к сложным математическим соотношениям и расчетам, а слишком упрощенная эквивалентная схема технической системы снижает точность расчетов. Причем для одного режима функционирования технической системы может оказаться предпочтительнее один вид аппроксимации, для других режимов — иные виды. В технической теории нормируются правила соответствия функциональных, поточных и структурных схем, их эквивалентные преобразования, правила преобразования абстрактных объектов в рамках каждого такого слоя, причем структурные схемы, описывающие в идеализированной форме конструкцию технической системы, играют в технической теории ведущую роль, поскольку именно через них полученные теоретически результаты решения инженерных задач транслируются в область инженерной практики. В естественной науке эти схемы выполняют вспомогательную роль обобщенного описания экспериментальных ситуаций и в процессе систематического изложения теории, например в учебниках, или совсем опускаются, или приводятся лишь в качестве иллюстративных примеров.

Как и в естественной науке, в технических науках можно выделить частные и общие теоретические схемы, первые из которых соответствуют отдельным исследовательским направлениям или областям исследования, вторые — научно-техническим дисциплинам или даже семействам таких дисциплин, группирующихся вокруг какой-либо одной базовой технической науки. В последнем случае обобщенная теоретическая схема становится универсальной относительно данного класса технических систем за счет введения процедуры синтеза, позволяющей проецировать эту схему на класс потенциально возможных технических систем. Примером такой универсальной для исследования различного рода механизмов теоретической схемы может служить математизированная теория механизмов, разработанная В.В. Добровольским и И.И. Артоболевским на базе единой классификации механизмов в соответствии с общими законами их структурного образования, что позволило получать новые конструктивные схемы механизмов дедуктивным способом, проецировать теоретическую модель на класс гипотетических технических систем определенного типа. Предложенный метод структурного анализа, по словам Артоболевского, дает возможность обнаружить огромное число новых механизмов, до сих пор не применявшихся в технике, и рекомендовать их к использованию на практике. Дальнейшее развитие этой технической теории шло по пути разработки все более обобщенной теоретической схемы, ее развертывания в соответствии с заданными принципами: она была распространена на новые типы конструктивных элементов, а кинематическое представление — в качестве структурной схемы теории механизмов — на двигатель и орудие, которые стали рассматриваться как двигательный и исполнительный механизмы. В свою очередь, методы и теоретические схемы динамики были применены для исследования передаточных механизмов. Доказательством универсальности построенной теоретической модели и правильности вытекающих из нее выводов явилась сама инженерная практика, поскольку она оказалась действенным инструментом для конструкторов.

Таким образом, основные различия естественно-научной и технической теорий проявляются прежде всего в плане особого видения мира, т.е. универсума исследуемых в данной теории объектов и способов их теоретического представления. Если в естественной науке это видение выражается в научной картине мира, в которой любые реальные объекты рассматриваются как естественные, не зависящие от человеческой деятельности, то в технических науках развиваются иные принципы онтологизации, связанные с жесткой ориентацией на инженерную деятельность. Поскольку инженер ограничен в выборе конструктивных элементов и способов их изготовления, конструктивные и технологические параметры оказывают существенное влияние на выбор структурной и соответствующей ей поточной схем технической системы, а это, в свою очередь, определя-

ет и те математические средства, которые могут быть использованы для ее расчета. Функционирование технической теории заключается в решении определенного типа инженерных задач с помощью развитых в теории методик, типовых расчетов, удобных для применения в различных специальных научно-технических и инженерно-проектных исследованиях и разработках. Создание же новых таких методик, выработка правил и доказательство теорем об адекватности эквивалентных преобразований и допустимых аппроксимаций, конструирование новых типовых теоретических схем и моделей относится к развитию самой технической теории.

Многие современные научно-технические дисциплины, например системотехника, ориентируются на системную картину мира, в классических же технических науках в качестве исходной используется физическая картина мира. В радиоэлектронике, например, которая представляет собой сегодня целое семейство дисциплин, используется преобразованная радиотехникой фундаментальная теоретическая схема электродинамики. Физическая картина электромагнитных взаимодействий совмещается со структурным изображением радиотехнических систем, в которых эти физические процессы протекают и искусственно поддерживаются. Таким образом, она преобразуется в картину области функционирования технических систем определенного типа. С одной стороны, она является результатом развития и конкретизации фундаментальной теоретической схемы базовой естественно-научной теории к области функционирования технических систем, например к диапазону практически используемых радиоволн как разновидности электромагнитных колебаний. С другой стороны, эта схема формируется в процессе систематизации и обобщения различных частных теоретических описаний конструкции данных технических систем, группирующихся вокруг отдельных идеализированных конструктивных элементов этих систем, осознания общности их структуры и включает в себя классификационную схему потенциально возможных технических систем данного типа и режимов их функционирования. Фундаментальная теоретическая схема выполняет важную методологическую функцию в технической науке, а именно функцию методологического ориентира для еще не осуществленной инженерной деятельности, задавая принцип видения вновь создаваемых технических систем и позволяя выбирать наиболее подходящие для решения данной инженерной задачи теоретические средства. Инженер всегда ориентируется на такую теоретическую схему, даже если не осознает этого, соотнося с ней образ исследуемой и проектируемой системы, что помогает ему ориентироваться в выборе средств решения стоящих перед ним научно-технических задач.

В конце XIX — начале XX столетия происходит качественное изменение в развитии науки, которая начинает осознаваться как производительная сила общества и действительно оказывать огромное влияние практически на все стороны его жизни. Происходит формирование но-

вой социальной организации науки, а именно дисциплинарно организованной науки.

Зачастую научно-технические дисциплины из-за их пограничного характера относят к сфере техники, а не науки, что не совсем верно. Например, теоретическая радиотехника или теория механизмов и машин, являясь техническими науками, удовлетворяют основным критериям выделения научной дисциплины. В рамках этих дисциплин издаются специальные журналы, читаются курсы в высших учебных заведениях, функционирует развитая система подготовки научных кадров, включая аспирантуру и докторантуру, периодически проводятся конференции, научные семинары, финансируются исследования, направленные на развитие самой дисциплины. Классические технические науки формировались в качестве приложения естествознания к решению различного класса инженерных задач, но в результате они сами стали самостоятельными научно-техническими дисциплинами. Конечно, эти дисциплины обладают рядом особенностей, отличающих их от других научных дисциплин, в первую очередь потому, что проводимые в них исследования более тесно связаны с проектированием, конструированием, внедрением и т.д. технических систем. На первых этапах развития научно-технических дисциплин подавляющее большинство их исследовательского сообщества составляли инженеры-исследователи, работающие в промышленных лабораториях и высших технических школах, перед которыми стояла задача примирить конкурирующие требования науки и техники. Ко второй половине XX в. в высших технических школах не только усиливается теоретическая подготовка будущих инженеров, но и организуется специальная подготовка научных кадров для ведения научно-исследовательской работы в области технических наук.

Процесс онаучивания техники был бы немыслим без научного обучения инженеров и формирования дисциплинарной организации научно-технического знания по образцу дисциплинарного естествознания. Однако к середине XX в. дифференциация в сфере научно-технических дисциплин и инженерной деятельности зашла так далеко, что дальнейшее их развитие становится невозможным без междисциплинарных технических исследований и системной интеграции самой инженерной деятельности. Поэтому возникает целый класс нового типа неклассических научно-технических дисциплин, в которых развиваются новые формы организации научного знания и исследования, объединяются специалисты из самых различных областей науки, техники и практики, в задачу которых входит решение самых разных комплексных и практически ориентированных проблем. Проектная установка проникает сегодня в самое ядро научного исследования, изменяя его нормы и ценностные ориентации. В первую очередь к таким дисциплинам относятся возникшие в рамках системного движения кибернетика, системотехника и системный анализ. Такого рода дисциплины ча-

сто не соответствуют традиционным стандартам построения научных дисциплин и не вписываются в сложившуюся за последние два столетия структуру дисциплинарной организации науки. Это, однако, не означает, что они не могут претендовать на статус научных дисциплин или должны быть исключены из системы государственной поддержки. Наоборот, устаревшие методологические представления необходимо скорректировать в соответствии с изменившимся научно-дисциплинарным ландшафтом.

Таким образом, объектно ориентированные дисциплины направлены на исследование определенного типа объектов (физических систем, технических устройств, общества или его частей и т.д.), а проблемно ориентированные дисциплины выделяются не относительно объекта исследования, но с точки зрения различных классов сложных научно-технических задач. Изменяется и сам способ формирования такого рода новых дисциплин, которые больше не возникают как отпочковавшиеся от той или иной уже признанной области науки исследовательские направления, а консолидируются вокруг решения определенного нового типа задач и проблем, выдвигаемых обществом, с привлечением для поддержки их решения всего арсенала имеющихся на данный момент в науке и практике знаний, представлений и опыта. В известном смысле здесь наблюдается феномен возвращения к всесторонности исследования, который был преодолен формированием одноаспектного типа исследований в науке Нового времени. Этот прогрессивный в то время процесс концентрации отдельных научных направлений на решении специфических исследовательских задач с помощью выработки определенного ограниченного методологического инструментария относительно выделенного фрагмента реальности становится сегодня тормозом для дальнейшего развития науки и техники. Это, конечно, не значит, что традиционные научные исследования должны быть прекращены или их дальнейшее развитие заморожено. Без полученных в таких исследованиях знаний невозможен был бы и следующий наступивший в конце XX в. этап — дополнения такого рода одноаспектных исследований стремящимися к максимально возможной всесторонности комплексными проблемно ориентированными исследованиями.

Процесс формирования классической технической науки происходит по схеме «исследовательское направление — область исследования — научная дисциплина» и связан с прогрессивным ветвлением базовой научной дисциплины внутри данного семейства дисциплин. Неклассические научно-технические дисциплины формируются иным путем: за счет перехода в новое семейство дисциплин, смены ориентации на принципиально иную «универсальную» онтологическую схему, новую парадигму, что, в конечном счете, вызывает коренные изменения в самой структуре этой дисциплины. Такого рода научно-технические дисциплины появляются в результате широкого научного движения (в частности, системного), конкретизации и доработки общих мето-

логических, например, системных понятий и представлений, а также обобщения практики решения определенного класса научно-технических задач. Для современных комплексных научно-технических дисциплин вообще характерно то, что они осуществляются в форме проектно организованной деятельности и являются в этом смысле не только комплексным исследованием, но и системным проектированием.

Дисциплинарная организация науки, таким образом, дополняется комплексными неклассическими научно-техническими дисциплинами, которые не могут быть отнесены ни к естественным, ни к техническим, ни к общественным наукам и, несмотря на свою комплексность и междисциплинарность, имеют четкую дисциплинарную организацию, устойчивый публикационный массив и ограниченное профессиональное сообщество.

Т

3.1.4. Особенности неклассических научно-технических дисциплин

К середине XX столетия в сфере научно-технических дисциплин произошли существенные изменения, позволяющие говорить о становлении качественно нового неклассического этапа, характеризующегося новыми формами организации знаний. Современные комплексные (неклассические) научно-технические дисциплины обладают особенностями, отличающими их от классических технических наук, но имеющими параллели в неклассическом естествознании. Прежде всего к таким особенностям относится комплексность проводимых в них теоретических исследований. В классических технических науках теория строилась под влиянием определенной базовой естественно-научной дисциплины, и именно из нее первоначально заимствовались теоретические средства и образцы научной деятельности. В современных научно-технических дисциплинах такой единственной базовой теории нет, так как они ориентированы на решение комплексных научно-технических задач, требующих участия представителей многих научных дисциплин, группирующихся относительно единой проблемной области. В них, однако, разрабатываются новые специфические методы и собственные средства, которых нет ни в одной из синтезируемых дисциплин и которые специально приспособлены для решения данной комплексной научно-технической проблемы. В основе такого синтеза лежит сложная задача координации, согласования, управления и организации различных деятельностей, направленных на решение этой проблемы, поэтому объектом комплексного исследования является качественно новый деятельностный объект, как, например, в системотехнике объектом исследования и организации становится деятельность, направленная на создание и обеспечение функционирования сложной технической системы, которая, будучи создана, не только включается в человеческую дея-

тельность как удовлетворяющая определенную потребность, но и замещает собой эту деятельность.

Ситуация, сложившаяся в современных научно-технических дисциплинах, напоминает изменения в экспериментально-измерительной деятельности, характерные для неклассической физики и связанные с парадоксом неизмеримости. В проекте сложной человеко-машинной системы невозможно заранее учесть все параметры и особенности ее функционирования, а можно только предсказать их с определенной степенью вероятности. Наиболее ярко эта тенденция проявляется в сфере социально-инженерных разработок, например в градостроительном проектировании, где заранее часто бывает трудно предсказать те последствия, к которым оно может привести, а возмущающим воздействием исследования и проектирования невозможно пренебречь, его необходимо специально учитывать, поскольку и объект исследования и проектирования, и сам исследователь имеют порядковую деятельностную сущность. Подобно тому, как в неклассической физике все большее значение придается методу математической гипотезы, минуя промежуточные интерпретации, и идеализированным экспериментам без воспроизведения их на всех промежуточных стадиях I в виде реальных экспериментов, в современных научно-технических дисциплинах определяющую роль начинают играть имитационное компьютерное моделирование, позволяющие заранее, в форме идеализированного эксперимента, проанализировать и рассчитать различные варианты возможного будущего функционирования сложной системы, причем промежуточные интерпретации, как правило, опускаются.

Аналогию между неклассическими естественно-научными и научно-техническими дисциплинами можно провести еще и по той роли, которую играет в них научная картина мира. Эту функцию по отношению к современным научно-техническим дисциплинам выполняет чаще всего системный подход. Современные неклассические научно-технические дисциплины включают в себя сложную совокупность различных типов знания и методов, поэтому первым условием эффективной организации теоретического исследования в них является необходимость реконструкции той единой действительности, в которой возможно целостное видение объекта исследования и проектирования. В научно-технических дисциплинах, имеющих системную ориентацию, именно системная картина мира выполняет функцию методологического ориентира в выборе теоретических средств и методов решения комплексных научно-технических задач, а также позволяет экстраполировать накопленный в данной дисциплине опыт на будущие проектные ситуации.

Одной из наиболее важных с точки зрения философии особенностей современных научно-технических дисциплин выступает их явно выраженная методологическая ориентация, поскольку не существует образцов или прецедентов такого комплексного исследования. Методология в них мо-

жет выступать в функции теории ввиду неразработанности общих теоретических средств, особенно на первых этапах развития этих дисциплин. Наконец, в отличие от классических технических наук, которые предметно ориентированы на определенный класс технических систем (механизмов, машин, радиотехнических устройств, радиолокационных станций и т.д.), комплексные научно-технические дисциплины проблемно ориентированы на решение комплексных научно-технических задач определенного типа: системотехнических, эргономических, градостроительных, дизайнерских и т.п., хотя объект исследования в них может частично совпадать.

Гуманитарная ориентация, характерная для современных комплексных научно-технических дисциплин, означает изменение профессионального взгляда на мир, смену идеалов и норм научного познания. Каждая в отдельности исследовательская позиция рассматривается как ограниченная и односторонняя, а применение стандартных теоретических средств к решению конкретных научно-технических задач не является в данном случае простой адаптацией методов и подходов, заимствованных из других наук, поскольку используемый теоретический аппарат трансформируется и дорабатывается применительно к новым задачам. В результате формируются новые области исследования, где тесно переплетаются научно-технические и инженерные аспекты, которые, однако, уже не будут лишь прикладными разделами какой-либо математической, физической, экономической или иной теории, а органически включаются в структуру новой комплексной дисциплины. Постоянное обсуждение правомерности постановок проблем, обращение к истории науки, искусства, культуры за образцами, их переосмысление, анализ методологических оснований комплексного исследования являются в данном случае не следствием незрелости науки, а ее вполне нормальным состоянием.

Именно синтез различных точек зрения, в том числе и ставших достоянием истории, обеспечивает развитие этих дисциплин, их специфику по отношению к включенным в их состав элементам других теорий, поэтому современные комплексные научно-технические дисциплины не могут формироваться, отпочковываясь от базовой естественной, технической или какой-либо иной науки, как было на первых этапах становления технических наук. Сегодня это возможно лишь в результате широкого научного движения, конкретизации и доработки общих методологических понятий и представлений, а также обобщения на их основе практики применения научных знаний различных теорий в процессе решения комплексных научно-технических задач. Таким образом, в этих дисциплинах на первый план выходит проблема теоретико-методологического синтеза знаний.

Нормы и идеалы организации теоретического знания различны не только для естественных, общественных и технических наук, но существенно отличаются и для разных семейств научно-технических дисциплин, которые в настоящее время представляют собой широкий спектр весьма

различных дисциплин — от самых абстрактных, таких, как теория электрических цепей и теория автоматического регулирования, до весьма специализированных научно-методических дисциплин, типа теории электрических машин. Эти дисциплины не могут ориентироваться лишь на какой-либо один идеал организации научного знания. Первые технические науки ориентировались на естественно-научные идеалы и нормы научного исследования, прежде всего на физическую картину мира. Сегодня появились научно-технические дисциплины, которые более близки к общественным наукам, как, например, эргономика, дизайн, инженерно-экономические исследования, или используют методы и представления не физики, а других естественных наук — химии, биологии, геологии, или же связаны с прикладной математикой, как, например, исследование операций. Наконец, сформировалось целое семейство кибернетических и системно-ориентированных дисциплин. И хотя в этих дисциплинах реализуются различные методологические образцы организации научного знания, все они представляют собой именно научно-технические дисциплины, направленные на решение разных классов научно-технических задач.

Внутридисциплинарный синтез может быть одноаспектным и одноплановым. Первый характерен прежде всего для естественных, второй — для классических технических наук. Единому абстрактному объекту одноаспектного исследования соответствует множество эмпирических объектов изучения. Например, в механике различные объекты изучения рассматриваются с точки зрения их движения. При этом любой объект изучения представляется в виде совокупности идеальных точек, т.е. как особый абстрактный объект, отражающий некоторый определенный аспект объекта изучения. Специфика технических наук заключается в том, что для разных режимов функционирования технической системы конструируются различные абстрактные объекты. Скажем, одна и та же электрическая цепь для переменных токов высокой и низкой частоты теоретически представляется и расчленяется по-разному, причем каждому такому представлению соответствует вполне определенный математический аппарат. В то же время для каждой отдельной классической технической науки способ видения объекта исследования и проектирования является одноплановым, детерминированным той базовой естественно-научной дисциплиной, которая стимулировала ее появление и развитие (теоретическая механика, термодинамика и т.д.). В этом смысле абстрактные объекты классических технических наук — теории механизмов и машин, теоретической радиотехники и т.п. — можно считать однородными, а способ теоретического синтеза знаний в них — внутридисциплинарным и одноплановым.

Таким образом, в одноаспектных теоретических исследованиях естественных наук тип исследуемого объекта не задан жестко, детерминирован только способ его представления и анализа. Напротив, в одноплановых,

но многоаспектных классических технических теориях жестко задан тип технической системы, способ же ее анализа и проектирования определяется характером решаемой инженерной задачи. Внутридисциплинарный теоретический синтез связан с интеграцией научно-технических знаний внутри дисциплины за счет выделения в ней новых направлений и областей исследования. Междисциплинарный теоретический синтез включает в себя интегрированное и комплексное теоретические исследования.

Интегрированное теоретическое исследование является результатом обобщения и последующей интеграции частных теоретических схем различных научно-технических дисциплин, т.е. разных планов исследования технических систем определенного типа на общей математической основе в некотором особом аспекте, например устойчивости и качества систем автоматического регулирования. В отличие от них, комплексное теоретическое исследование — и многоаспектно и многопланово. Оно сохраняет комплексность на всех этапах исследования сложных технических систем, единство же и целостность их обеспечивается методологически. Развитие комплексного исследования также ориентировано на задачу синтеза используемых в нем теорий, но несколько в ином плане, нежели в интегрированном междисциплинарном исследовании, т.е. оно осуществляется по псевдоклассическому образцу, на методической основе и в виде комплексного теоретического исследования. Но даже при формировании новых технических теорий по псевдоклассическому образцу, т.е. с преимущественной ориентацией на определенную базовую естественно-научную дисциплину, они испытывают сильное влияние неклассических методов образования и организации теоретических исследований.

При формировании новых научно-технических дисциплин на методической основе цель создания единого и даже комплексного теоретического исследования в принципе не ставится. У такого рода научных направлений как бы ускользающий объект исследования, поскольку в них изучаются методы решения определенного класса задач, но это не означает, что в данном случае не проводятся теоретические исследования. Совокупность научных методов и практических приемов решения разнообразных проблем в определенной проблемной области консолидируется в рамках единого подхода к их решению на общей методической основе, но без создания единого математического аппарата и обобщающих теоретических схем. Функцию последних выполняют, как правило, системные или какие-либо другие общенаучные, например кибернетические, представления и понятия, постоянная отнесенность к которым и гарантирует целостность и специфичность теоретического исследования, проводимого каждый раз новыми теоретическими средствами. Именно к такого рода дисциплинам относится системный анализ, который характеризуется не специфическим аппаратом и методами, как правило, заимствованными из других наук, а особыми принципами и подходом к организации тео-

ретического исследования слабоструктурированных проблем, возникающих прежде всего в сфере управленческой деятельности.

При построении технической теории по типу комплексного теоретического исследования первоначально имеет место некоторый достаточно общий конкретно-методологический подход с универсальной сферой применения, которая постепенно специфицируется относительно определенной проблемной области — комплексной научно-технической проблемы. В принципе для решения такой проблемы привлекаются любые теории, знания и методы, над которыми надстраивается слой обобщающих теоретических схем и соответствующий им математический и концептуальный аппарат. Отдельные теоретические средства, методы и дисциплины, включенные в комплексное исследование, хотя и перерабатываются, переосмысливаются, вместе с тем продолжают сохранять самостоятельность и развиваться обособленно. Именно к такому типу дисциплин относится системотехника.

Комплексное теоретическое исследование в системотехнике включает в себя ряд одноаспектных и одноплановых теоретических исследований и характеризуется множеством частичных идеальных объектов. Средства и способы исследования выбираются из различных научных дисциплин или разрабатываются специально применительно к каждой конкретной проблеме. В комплексном теоретическом исследовании должны быть учтены все эти частичные представления, обобщены и переформулированы в своего рода частные теории систем, а их абстрактные объекты представлены как особые специальные системы, которые синтезируются в зависимости от решаемой задачи в различные комплексные модели сложной технической системы. Пространство всех возможных, в том числе и гипотетических, комплексных системных моделей вместе с совокупностью специальных систем и составляет фундаментальную теоретическую схему системотехники, являющуюся, с одной стороны, обобщением частных теоретических схем, используемых в ней теорий, а с другой — конкретизацией системной картины мира, которая задает методологический принцип конструирования комплексных системных моделей сложных технических систем, т.е. позволяет экстраполировать накопленный в системотехнике опыт на будущие проектные ситуации. Комплексные системные модели сложной технической системы, полученные на теоретическом уровне, могут быть использованы как исходный пункт проектирования новых систем, что делает это исследование одновременно и теоретическим и ориентированным на инженерную практику. Концептуальный каркас системотехнической теории составляют системные представления и понятия, специфицированные под соответствующий класс комплексных научно-технических задач. В него включаются также определенным образом переосмысленные и сгруппированные понятия тех научных дисциплин, которые используются для решения системотехнических проблем. Мате-

матический аппарат в системотехнике предназначен как для инженерных расчетов, так и для анализа и синтеза теоретических схем сложных систем, т.е. дедуктивных преобразований абстрактных объектов, что обеспечивает саморазвитие системотехнической теории и дает возможность получения новых знаний без обращения к инженерной практике.

В системотехнической теории, как и в любой технической теории, на материале одной и той же сложной технической системы строится несколько оперативных полей, которым соответствуют различные типы теоретических схем, обладающих в ней рядом существенных особенностей. Главная проблема заключается в переходе от синкретического описания сложной инженерной задачи с помощью теоретических средств и представлений самых различных научных дисциплин к однородной абстрактной теоретической схеме. Это необходимо, чтобы можно было применить соответствующий математический аппарат, для чего и должен быть выработан способ единообразного описания качественно разнородных элементов. Абстрактные алгоритмические схемы были обобщены в кибернетике и стали рассматриваться в плане преобразования вещества, энергии и информации. Они являются идеализированным представлением функционирования любой системы и исходным пунктом компьютерного программирования. Абстрактные структурные схемы на основе обобщения различного рода структурных схем (теории автоматического регулирования, теории сетей связи, теории синтеза релейно-контактных схем и логических схем вычислительных машин, а также схем, применяемых в социально-экономических исследованиях) развиваются в так называемый структурный анализ сложных систем. Такие унифицированные абстрактные структурные схемы позволяют изучать объект в наиболее чистом виде, поскольку в них не остается иного содержания, кроме связей, их числа, дифференциального порядка, знака и конфигурации. Дальнейшая манипуляция с моделью может быть осуществлена с помощью адекватных решаемой задаче алгоритмических языков имитационного моделирования, в которых на основе данной структурной схемы составляется соответствующая алгоритмическая схема функционирования модели, автоматически переводимая в машинный код и, в свою очередь, соответствующая определенной математической схеме. Современная техническая теория, в отличие от классической технической теории, ориентируется не на какую-либо одну базовую естественную науку, из которой черпаются естественно-научные представления, методы и средства математики, а на методологические представления и понятия (системные, кибернетические и др.) и «универсальные» средства компьютерного имитационного моделирования. Поэтому процесс построения современной технической теории ускоряется, поскольку связан с адаптацией этих уже развитых «универсальных» представлений и схем.

В качестве эмпирического базиса современной технической теории выступает научно-методический слой: прецеденты, рецептурные знания,

списочные структуры, которые, однако, являются не просто готовыми рецептами предстоящей инженерной деятельности, как в традиционной инженерной практике, а одновременно и теоретико-методологической рефлексией, самоопределением современной инженерной деятельности и проектирования. В отличие от традиционной инженерной деятельности, в современных научно-технических дисциплинах рецептурное знание уже не лежит вне теории, а, напротив, вплетено в саму ткань комплексного теоретического исследования. Кроме того, рецептурно-технологическое описание и предписание к осуществлению исследовательской и проектной деятельности становится особым идеализированным представлением процедур этой деятельности. Классические технические науки под влиянием неклассического образца построения научно-технического знания также вынуждены сегодня заниматься анализом собственной исследовательской и проектной деятельности, прежде всего при автоматизации проектирования и конструирования. Для этого требуется предварительное описание обобщенных алгоритмов инженерных расчетов и процедур анализа и синтеза схем, например кинематических схем механизмов или электрических схем электротехнических устройств. Записанные на каком-либо языке программирования эти процедуры исследовательской и проектной деятельности могут быть выполнены автоматически.

Системные исследования получили широкое распространение в различных областях науки и техники. Так, в биологии их возникновение было связано с акцентом на исследовании не отдельных организмов, а всего многообразия связей в живой природе, их разнокачественности и соподчиненное™, динамического аспекта взаимодействия организма со средой; в психологических концепциях — на движении против сведения психических явлений к их физиологической основе; в общей теории знаковых систем — на семиотике, объединившей лингвистическую, логическую, психологическую и социологическую трактовки знака; в кибернетике — на исследовании информационных и самоорганизующихся процессов в технике, природе и обществе и т.д. Если к концу XIX в. формируется множество самых различных научных и технических дисциплин и соответствующих им сфер научной и инженерной практики, в результате чего определились узкие специалисты, то к середине XX в. появляются так называемые универсалисты. И хотя статус этих универсалистов в системе дисциплинарной организации науки и в структуре специализированной инженерной деятельности до сих пор четко не определен, без них невозможно представить не только решение конкретных научных и инженерных задач, но и дальнейшее развитие науки и техники в целом. Сами научные и инженерные задачи становятся комплексными, и при их решении необходимо учитывать разнообразные аспекты, например экологические и социальные, казавшиеся ранее второстепенными. Именно тогда, когда возникают междисциплинарные, системные проблемы в науке и

технике, они не могут быть решены в рамках какой-либо одной уже установившейся в этой отдельной области парадигмы.

Развитие системных и кибернетических представлений происходило вследствие обобщения теоретических описаний объекта исследования и проектирования при переходе от относительно простых технических систем к сложным системным комплексам. Системные представления и понятия, вырабатываемые и используемые во всех этих сферах системных исследований, являются результатом выделения характеристик, общих для всех или, по крайней мере, для определенных типов сложных систем. К ним относятся представления о самоорганизации, целостности, уровнях анализа, понятия системы, структуры, подсистемы, окружающей среды, классификации основных свойств и процессов в системах, а также типов систем и т.д.

Во второй половине XX в. изменяется не только объект инженерной деятельности (вместо отдельного технического устройства, механизма, машины и т.д. объектом исследования и проектирования выступает сложная человеко-машинная система), но и сама инженерная деятельность становится весьма сложной, требующей организации и управления. В силу этого координация всех аспектов системотехнической деятельности оказывается нетривиальной научной, инженерной и организационной задачей. Для реализации системотехнической деятельности требуется группа особых специалистов, скорее их следует назвать универсалистами (главный конструктор, руководитель темы, главный специалист проекта, службы научной координации, научно-тематические отделы), которые осуществляют координацию, научно-тематическое руководство как в плане объединения различных подсистем, так и отдельных операций системотехнической деятельности в единое целое. Подготовка таких универсалистов требует, чтобы они не только могли оценить знания координируемых ими специалистов, но и обладали развернутым представлением о методах описания самой системотехнической деятельности.

Выход инженерной деятельности в сферу социально-технических и социально-экономических разработок привел к обособлению проектирования в самостоятельную область деятельности и трансформации его в системное проектирование, направленное на реорганизацию человеческой деятельности, а не только на разработку машинных компонентов. Инженерная деятельность и проектирование фактически меняются местами. Если традиционное инженерное проектирование входит составной частью в инженерную деятельность, то системное проектирование, наоборот, может включать, если речь идет о создании новых машинных компонентов, или не включать в себя инженерную деятельность. Сфера приложения системного проектирования расширяется, оно охватывает все сферы социальной практики (обслуживание, потребление, обучение, управление и т.д.), а не только промышленное производство.

Расслоение инженерной деятельности приводит к тому, что инженер, во-первых, концентрирует свое внимание лишь на части сложной технической системы, а не на целом и, во-вторых, все более и более удаляется от непосредственного потребителя его изделия. Непосредственная связь изготовителя и потребителя, характерная для ремесленной технической деятельности, нарушается. Создается иллюзия, что задача инженера — это лишь конструирование артефакта, а его внедрение в жизненную канву общества, функционирование в нем должно реализовываться автоматически. Например, создание автомобиля сегодня — это не просто техническая разработка машины, но и организация эффективной системы обслуживания, развитие сети автомобильных дорог, производство запасных частей и т.д. и т.п. Строительство электростанций, химических заводов и других технических систем требует не просто учета внешней экологической обстановки, а формулировки экологических требований как исходных. Речь идет о социотехническом (в противовес системотехническому) проектировании, где главное внимание должно уделяться не машинным компонентам, а человеческой деятельности, ее социальным и психологическим аспектам. Однако проектировщики зачастую пользуются старыми средствами и неадекватными модельными представлениями. Рассмотрим, в чем же заключается специфика современного социотехнического проектирования.

Социотехническое проектирование существенно отличается не только от традиционной инженерной, но и от системотехнической деятельности. И хотя системотехническое проектирование также направлено на проектирование человеко-машинных систем, оно является более формализованным и ориентированным главным образом на сферу производства. Социотехническое же проектирование выходит за пределы традиционной схемы «наука—инженерия—производство» и охватывает самые разнообразные виды социальной практики, например обучение, обслуживание и т.д., где классическая инженерная установка перестает действовать, а иногда имеет и отрицательное значение. Все это ведет к изменению самого содержания проектной деятельности, которое прорывает ставшие для него узкими рамки инженерной деятельности и становится самостоятельной сферой современной культуры, оставляя, однако, на первом плане конструктивные задачи и подчиняя им все остальные.

В жизни современного общества инженерная деятельность играет все возрастающую роль. Проблемы практического использования научных знаний, повышения эффективности научных исследований и разработок выдвигают инженерную деятельность на передний край экономики и культуры. В настоящее время множество технических вузов готовит целую армию инженеров различного профиля. Однако развитие профессионального сознания инженеров предполагает осознание возможностей, границ и сущности своей специальности не только в узком смысле

этого слова, но и в смысле инженерной деятельности вообще, ее целей и задач, а также изменений ее ориентации в современной культуре.

Новый грядущий этап в развитии современной науки и техники иногда обозначается как альтернативное разграничение «жестких» и «гибких» естествознания и техники. Понятие «гибкой науки» и техники возникло в связи с критикой традиционной «жесткой» по отношению к природе химии, в ходе попыток свести к минимуму побочные продукты химических производств, которые могут оказаться и действительно оказываются губительными для окружающей среды и самого человеческого организма, уменьшение выбросов вредных веществ в атмосферу, а также загрязнение воды и почв отходами производства. «Жесткие» естествознание и техника ориентируются на идеалы научной рациональности и технического действия, выработанные идеологами классического естествознания Галилеем, Бэконом, Ньютоном и Декартом. Эти идеалы остаются в значительной степени действующими, хотя и в видоизмененном виде, и в рамках неклассической науки. Подобные представления, несомненно, сыграли свою положительную историческую роль, но привели к формированию своего рода «жесткой науки» и развитию базирующейся на ней «жесткой технологии». Этап перехода от «жестких» к «гибким» технологиям и естествознанию можно отнести к этапу рождения «постнеклассической» науки и техники. На этом этапе происходит переход, как отмечает В.С. Степин, к исследованию и созданию «человекоразмерных» систем, при этом поиск истины связан с определением стратегии и возможных направлений преобразования такой системы, с которой нельзя свободно экспериментировать, что непосредственно задается гуманистическими ценностями, а определяющую роль играет знание запретов на некоторые стратегии, могущие привести к катастрофическим последствиям. Современный этап развития науки и техники наглядно показал те границы, за которыми наука и техника, сегодняшняя или будущая, сталкивается с неразрешимыми для нее научными и техническими проблемами.

Рассмотрим основные ограничения и парадоксы, возникшие в современной науке и технике в последние десятилетия. Развитие различных «философий» в разных областях современной техники вызывает необходимость их экспликации. Системная философия и связанный с ней проектный менеджмент приводят первоначально к безграничному расширению содержания проектирования, доводящего проектную культуру до абсурда, а в конечном счете к осознанию ее границ, поскольку идея «делаемости» или проектируемое[™] всего и вся, т.е. принципиальной возможности и даже необходимости реализовать, осуществить, исполнить то, что задумано в научных разработках, предполагает по умолчанию, что все это является благом для человечества. Возникает иллюзия, что наука способна раньше или позже с достаточной степенью точности предсказать, предусмотреть, предвидеть и, по крайней мере, свести к

минимуму всякие негативные последствия научных проектов. Одновременно приходит понимание того, что научное человеческое знание не способно научно все предвидеть, что возможно предусмотреть лишь определенную степень риска новых научных технологий. При распространении естественно-научного взгляда на создание социально-технических систем — локальных и глобальных социальных структур — пришло осознание сначала того, что такие системы нельзя проектировать, исходя лишь из технических требований и методов, а затем и того, что их вообще нельзя проектировать в традиционном смысле этого слова. В связи с развитием новейших информационных и компьютерных технологий произошло усиление теоретического измерения в сфере техники и инженерной деятельности и, как и следствие, неизбежное размывание границ между исследованием и проектированием. В рамках биотехнологии и генной инженерии особенно остро стала осознаваться необходимость развития научной и инженерной этики, непосредственно включенных в канву естественно-научного и инженерного исследования, а также внутренние границы научно-технического развития, присущие биологической природе самого человека. Экологические технологии высветили внешние границы научно-технического развития для человечества в рамках биосферы, стимулировали выработку новой философии устойчивого развития. Все эти ограничения, накладываемые самой современной наукой и техникой на исследования и разработки, показали, что традиционное представление об этической «нейтральности» научных исследований и «безграничности» научно-технического прогресса не соответствует современным требованиям и что настоятельно необходимо изменить стратегию научно-технического развития.

Техника как предпосылка и в то же время результат научного исследования в сочетании с поддерживающими ее хозяйственными и государственными структурами развилась сегодня в мировую силу, основывающуюся на принципе делаемости всех вещей посредством создания возможностей для приложения науки. Для науки создается новая вторичная реальность, которая ведет к потере исходной первичной реальности мира природы, человека и духа. Манипуляция природными материалами и силами вплоть до искусственного преобразования организмов и растений, да и самого человека, может в будущем обернуться генетической катастрофой. Таким образом, человек в процессе сциентификации и технизации своим безудержным стремлением к господству над природой разрушает естественные и социальные границы, а в сочетании с постоянно прогрессирующим экономическим ростом угрожает существованию не только самого человечества, но всей биосферы Земли. Такого рода научно-технический прогресс оборачивается в конечном счете регрессом прежде всего в экологической сфере, ведет к разрушению защитных сил окружающей среды и самого человеческого организма. Его можно срав-

нить с открытием ящика Пандоры, приносящего человечеству одновременно с благодатным даром Прометея неисчислимы бедствия и болезни. Атомная техника, химическая технология и генная инженерия, основывающиеся на достижениях соответственно ядерной физики, синтетической химии и молекулярной биологии, особенно глубоко внедряются в природные процессы и структуры, манипулируя уже не непосредственно осязаемыми феноменами, а именно этой «вторичной» научной реальностью, создавая новые комбинации чуждых «первичной» природе материалов, элементов и организмов. При этом абсолютно непредсказуемыми, не просматриваемыми и часто необратимыми оказываются последствия непродуманного искусственного вторжения в естественную сферу. Альтернативой подобному техническому действию становится создание новой парадигмы в науке и технике, ориентированной на учет переносимости природой таких вторжений на базе равноправных партнерских взаимоотношений с окружающей человека средой.

Современный этап развития инженерной деятельности характеризуется системным Подходом к решению сложных научно-технических задач, обращением ко всему комплексу общественных, естественных и технических наук. Обособление проектирования и проникновение его в смежные области, связанные с решением сложных социотехнических проблем, привело к кризису традиционного инженерного мышления и развитию новых форм инженерной и проектной культуры, основанной на новых системных и методологических ориентациях, к выходу на гуманитарные методы познания и освоения действительности.

Проектирование сегодня уже не может быть завязано только на технические науки и естествознание. Это выдвигает новые требования к инженерам, проектировщикам, представителям технической науки, поскольку влияние их деятельности на природу и общество столь велико, что их социальная ответственность в последнее время неизмеримо возрастает. Современный инженер — это не просто технический специалист, решающий узкие профессиональные задачи. Его деятельность связана с природной средой, основой жизни общества и самим человеком. Поэтому ориентация специалиста только на естествознание, технические науки и математику не отвечает его действительному месту в научно-техническом развитии. Это очень хорошо понимал еще в начале XX в. П.К. Энгельмейер, который отмечал, что время, когда вся деятельность инженера протекала внутри мастерских и требовала от него одних только чистых технических познаний, прошло и на современных предприятиях от инженера как руководителя и организатора требуется, чтобы он был не только техником, но и юристом, экономистом и социологом¹. Эта социально-экономическая направлен-

¹ См.: Энгельмейер П.К. Современные задачи инженерства // Инженерный труд. 1925. № 7 (Вестник высшей школы. 1989. № 2. С. 74—79).

ность работы инженера усиливается еще более при переходе к рыночной экономике, когда инженер вынужден приспособлять свои изделия к рынку и потребителю. Задача современной инженерной деятельности состоит как в создании технического устройства, механизма, машины, так и в обеспечении их нормального функционирования, причем не только в техническом смысле. Речь идет об удобстве обслуживания, бережном отношении к окружающей среде, благоприятном эстетическом воздействии, социальных условиях их внедрения и функционирования с максимальными удобствами и пользой для человека. Естественно, что такая широкая и сложная сфера проектирования требует целостного, системного подхода в сфере проектирования и поддержки в области комплексного, системного анализа и междисциплинарной социальной оценки.

3.1.5. Социальная оценка техники как прикладная философия техники

Мы находимся на той стадии научно-технического развития, когда негативные последствия возможно и необходимо, хотя бы частично, предусмотреть и минимизировать уже на ранних стадиях разработки новой техники и технологии. Такие последствия развития атомной энергетики, как чернобыльская катастрофа, не всегда возможно предсказать. Но необходимо хотя бы пытаться это сделать по отношению к новым проектам, проводить соответствующие исследования, выслушивать мнения оппозиционеров еще до принятия окончательного решения, создавать правовые механизмы, регулирующие эти вопросы. В развитых западных странах это связано с так называемой социальной оценкой техники.

Когда влияние инженерной деятельности становится глобальным, ее решения перестают быть узко профессиональным делом, становятся предметом всеобщего обсуждения, а иногда и осуждения. И хотя научно-техническая разработка остается за специалистами, принятие решения в отношении такого рода проектов — прерогатива общества. Никакие ссылки на экономическую, техническую и даже государственную целесообразность не могут оправдать социального, морального, психологического, экологического и тому подобного ущерба, наносимого некоторыми проектами. Их открытое обсуждение, разъяснение достоинств и недостатков, конструктивная и объективная критика в широкой печати, социальная экспертиза, выдвижение альтернативных проектов и планов становятся важнейшим атрибутом современной жизни, неизбежным условием и следствием ее демократизации.

Проблема социально-гуманитарной экспертизы технологических проектов, социальной оценки техники и ее последствий занимает в настоящее время одно из центральных мест в современной философии техники и часто обозначается в качестве ее прикладной сферы. Она тем

более является важной для дальнейшего развития философии техники, поскольку связана со своего рода политическим консультированием учеными законодательных и правительственных структур в плане принятия решений по государственной поддержке научно-технических, технологических и хозяйственных проектов, определения приоритетности этих проектов, их пользы и степени возможного вреда, который они могут причинить обществу и окружающей среде в качестве побочных последствий. Это становится особенно актуальным в конце XX столетия, когда расходы на развитие науки, техники и образования весьма ощутимы даже для индустриально развитых стран и от ошибок в поддержке или отклонении такого рода проектов могут зависеть сами перспективы существования человеческого общества.

Оценка технических проектов также связана с социокультурными проблемами передачи технологии, включая проблему трансформации социальных структур при внедрении новых технологий. Передача технологии всегда является составной частью инновационного процесса, а самый типичный ее случай — передача технологий из одних стран в другие, при которой социально-экономическая и особенно социально-экологическая оценка передаваемых технологий экспертными группами незаинтересованных специалистов становится определяющей для принятия правильного решения. Очень часто за передачей устаревшей или даже самой современной технологии скрываются интересы сбыть, например, экологически вредную продукцию в другие страны, поскольку в собственной стране эти продукты запрещены к распространению более строгим экологическим законодательством. В этом случае при принятии решения необходимо опираться именно на оценку незаинтересованных экспертов, которые не получают выгоды от такого рода трансферта. Оценка техники должна при этом учитывать не только технические, естественно-научные и экономические аспекты, но включать в себя социальные, политические, этические и социально-экологические компоненты. Однако зачастую передаваемая и весьма продвинутая технология не учитывает традиций, социокультурных особенностей, хозяйственных и природных возможностей тех регионов, куда она передается. Передача технологии охватывает самые различные этапы процесса создания и внедрения новой техники, начиная от научных исследований, могущих иметь результатом технические инновации, и кончая передачей готовых технологий. На каждом из этих этапов требуется комплексная оценка возможных последствий разрабатываемой или внедряемой техники для общества в целом или хотя бы для отдельного региона.

Оценку техники следовало бы называть социальной оценкой техники, но в этом случае теряются иные важные ее аспекты, например экологический. Иногда оценку техники называют также социально-гуманитарной, социально-экономической, социально-экологической и т.п. экспертизой технических проектов.

Основными направлениями решения экологических проблем сегодня являются технологическое и гуманитарное. На практике преобладает технологическое направление, предусматривающее разработку и широкое распространение ресурсосберегающих технологий, эффективных систем очистки, когда природа охраняется с помощью нормативно-ограничительных, запретительных мер. Но этого недостаточно, необходимо учитывать психологию человека, что предполагает гуманитарное направление, включая смену системы ценностей, коррекцию мировоззрения, перестройку сознания людей, формирование новой экологической культуры человека в контексте общечеловеческой культуры. В данном случае имеется в виду комплексная оценка социально-политических, социально-экономических, социально-экологических и т.п. последствий техники и технологии, или, говоря более точно и более широко, научно-технического и хозяйственного развития. При этом в контексте концепции устойчивого развития следует добавить: такая оценка проводится с целью достижения устойчивого научно-технического и хозяйственного развития общества на всех его уровнях, начиная от предприятия и кончая уровнем народного хозяйства страны, группы стран или мировой динамики развития общества в целом.

Выражение «оценка последствий техники» является неточным, поскольку речь идет не только об оценке и исправлении, но и о предотвращении возможных негативных последствий технического развития. Проблема, однако, заключается в том, что человечество и развитый им научный потенциал не всегда может достаточно определенно предсказать и прогнозировать такого рода последствия. Речь может идти скорее о проигрывании возможных сценариев технического развития, отдельные из которых могут быть реализованы, а другие предотвращены с целью уменьшения риска для общества и будущих поколений. И чем на более ранних стадиях проводится такая оценка, тем шире спектр выбора из возможных сценариев научно-технического развития, больше набор вариантов принимаемых решений, позволяющих избежать или, по крайней мере, уменьшить негативные последствия разрабатываемой техники, и дешевле обходится корректировка уже принятых решений, инициирующих такого рода последствия, но меньшая вероятность и точность их прогнозирования и предсказания.

Оценка последствий техники с методологической точки зрения основывается в значительной степени на методическом инструментарии системного анализа как совокупности приемов решения проблем в целенаправленной деятельности в условиях неопределенности на основе системного подхода. Именно системный анализ как социально-экономическое и социально-экологическое исследование процессов решения проблем в неясных ситуациях перерастает сегодня в социальную оценку техники.

Руководящим методологическим принципом системного анализа является требование всестороннего учета всех существенных обстоятельств, т.е. политических, социально-экономических, технических, юридических

и других факторов, влияющих на решение проблемы или имеющих к ней отношение. При этом системный анализ реализует проектную установку, поскольку ориентируется на знание, выступающее на уровне методических указаний, нормативных предписаний, оценок, и тесно связан с организационным проектированием, направленным на совершенствование, развитие, перестройку организационных систем управления, построение структур управления организациями, внедрение организационных нововведений и т.п. Повышенное внимание к факторам неопределенности и риска вытекает из распространения его сферы на область перспективных, еще не апробированных проблем. В последнее время в рамках системного анализа консолидировались два направления исследований, связанных соответственно (1) с внутрифирменным планированием, моделированием, проектированием и организацией деятельности предприятия и (2) с проблематикой планирования развития отраслей промышленности, науки и техники или национальной экономики, сообщества стран и даже глобального прогнозирования и моделирования мировой динамики. Первое направление системного анализа самым тесным образом смыкается с развитием системотехники, второе — с социальной оценкой развития техники и технологии, научно-технической политикой.

Рассмотрим оценку техники с точки зрения философии науки. Это означает, что мы принимаем рефлексивную позицию по отношению к этой новой области научно-технического знания, хотя и сама социальная оценка техники уже представляет собой рефлексивную позицию по отношению к научно-технической деятельности. Речь идет об оценке техники, при которой анализ последствий должен быть обязательно дополнен рекомендациями по сознательному формированию техники, ее (пере)структурированию, исходя, например, из экологических требований. Таким образом, она ориентирована не только на изучение общественной роли техники и возникающих благодаря ее внедрению социальных, экологических и т.п. конфликтов, но и на принятие решений по их предотвращению и определению путей дальнейшего развития техники в обществе. Это означает, что оценка техники основывается на проблемно-ориентированном подходе, что предполагает определенный социальный заказ, причем не важно, поступает ли он от известных властных структур или ориентирован на потребности общества. При этом интеграция имеющихся знаний и опыта должна дать рекомендации по стратегиям принятия решений. В сущности она идентифицируется не с точки зрения особого предмета исследования, а в плане определенной методологии (системный анализ) и конкретной проблемной области (политическое консультирование).

Оценка техники базируется не только на научных знаниях, но и на многочисленных высказываниях, лежащих за пределами науки, основывающихся на спорных предчувствиях, эмпирическом опыте, прецедентах

и т.п. При ее проведении приходится интегрировать трудно согласующиеся политологические, экономические, экологические, социокультурные, технические, социально-психологические и этические аспекты и, кроме того, так называемые «локальные знания» потребителей проекта. Но, оставаясь принципиально междисциплинарной, социальная оценка техники в то же самое время постепенно приобретает черты комплексной научно-технической дисциплины, интегрирующей естественно-научное, научно-техническое и социально-гуманитарное исследование последствий современной техники и технологии. Такое исследование называется также трансдисциплинарным в том смысле, что оно тесно связано с социальной постановкой проблем и должно вносить свой вклад в выработку стратегий принятия решений, поскольку направлено в будущее, которое является открытым. Поэтому возможны различные сценарии будущего развития, но практически неосуществимо точно предсказать, какой из этих сценариев реализуется в действительности. Социальная оценка техники, таким образом, приобретает проектную форму, поскольку ее конечным продуктом должны быть предписания к деятельности.

Предпосылкой и исходным пунктом социальной оценки техники является сама возможность политического управления техническим развитием, внешнего влияния на него со стороны политики. Как и системный анализ, оценка техники проводится в условиях неопределенности и отсутствия научно подкрепленных знаний, скорее даже «осознанного не-знания», поэтому ее часто отождествляют с «менеджментом неопределенности». Таким образом, с одной стороны, оценка техники является новой областью системного анализа, с другой — системный анализ выступает главным методологическим инструментом проведения оценки техники.

В последнее время этические проблемы техники все больше выходят на первый план в связи с повышением социальной ответственности ученого, инженера, проектировщика в современном обществе, потому что конечная цель техники — это служение людям, но без нанесения ущерба другим людям и природе. Техника не может более рассматриваться как ценностно нейтральная и должна отвечать не только технической функциональности, но и критериям экономичности, улучшения жизненного уровня, безопасности, здоровья людей, качества окружающей природной и социальной среды и т.п. В связи с этим активно обсуждается вопрос о том, что такое экологическая, компьютерная, хозяйственная этика и т.д. Перенесенный в социальную сферу этот теоретический вопрос приобретает практическое звучание: каковы условия реализации профессиональной, в частности инженерной, этики. Инженер обязан прислушиваться не только к голосу ученых и технических специалистов, к голосу собственной совести, но и к общественному мнению. Каждый раз принимая какое-либо конкретное техническое решение, он несет за него и моральную ответственность, особенно если неверно принятое решение повлечет за собой негативные по-

следствия, хотя и не всегда прямую или юридическую ответственность. Даже сухие технические стандарты служат, в конечном счете, достижению безопасности и надежности производимой техники. Если инженер и проектировщик не предусмотрели наряду с ее экономичным и четким — с точки зрения технических требований — использованием также безопасного, бесшумного, удобного, экологичного и т.п. применения, из средства служения людям техника может стать враждебной человеку и даже подвергнуть опасности само существование человечества.

Воспитание морального чувства или чувства долга у инженера, конечно, важно для реализации этических принципов в сфере технической деятельности, но еще важнее формирование в обществе социальных механизмов, обеспечивающих реализацию моральных регулятивов и этических норм. Такие механизмы могут действовать только при наличии развитого гражданского общества вообще и инженерного сообщества, конституированного в виде различных инженерных обществ, в частности. Именно наличие развитого общественного мнения и независимых неправительственных организаций, его выражающих, гарантирует реальную действенность моральных принципов, которые без этого могут оставаться лишь красивыми словами. Каждый инженер дорожит мнением и рекомендациями того профессионального сообщества, к которому он принадлежит. Важно только, чтобы профессиональные и корпоративные интересы не приходили в противоречие с государственными и в самом широком смысле общественными интересами.

Когда моральная ответственность индивида растворяется в ответственности общества в целом, она становится безответственностью. Наиболее рельефно это выражается при создании сложных технических комплексов, которые разрабатываются огромным числом квалифицированных специалистов — инженеров, ученых, конструкторов, руководителей различных рангов — и когда отдельный участник этого гигантского процесса творчества не чувствует себя ответственным за изделие в целом, а лишь за какую-то его часть. В действительности же это не снимает с него ответственности за ненадежное функционирование системы в целом, опасное для людей, связанных с эксплуатацией данной системы, или же вредное для окружающей среды, какое бы он положение ни занимал в коллективе разработчиков. Существует несколько видов такой ответственности: индивидуальной и институциональной, а также групповой, ответственности руководителя и распределенной ответственности соисполнителя, за активное действие или же бездействие, вызвавшее негативные последствия, формальной и неформальной, опосредованной и непосредственной, юридической и моральной, наконец, ответственности перед самим собой, перед обществом или даже перед Богом.

Однако техническая этика не ограничивается только профессиональной этикой инженера или технического специалиста в широком смысле,

а предполагает этическое отношение к использованию техники со стороны общества в целом и его отдельных членов. Неосторожное обращение пользователей со сложной техникой может привести к катастрофическим последствиям, не говоря уже о тех случаях, когда техника используется в иных целях, чем те, ради которых она создавалась. Это влечет за собой дополнительный риск функционирования техники в современном обществе, которое становится от него зависимым. Этика техники служит важным инструментом общества для воздействия на ход научно-технического развития в нужном для общества направлении, но не в плане превентивного устранения конфликтных ситуаций, а с целью создания граничных общественных условий их рационального преодоления.

Проблемы социальных и других последствий техники, этического самоопределения инженера возникали с самого момента появления инженерной профессии. Однако сегодня мы находимся в принципиально иной ситуации, когда непринятие во внимание последствий внедрения новой техники и технологии может привести к необратимым негативным результатам для всего человечества и окружающей среды. Перед лицом вполне реальной экологической катастрофы как результата технологической деятельности человечества необходимо переосмысление самого представления о научно-техническом и социально-экономическом прогрессе. В структуре современной инженерной деятельности и социальных механизмах ее функционирования произошли существенные изменения, которые, хотя бы частично, позволяют обществу контролировать последствия технических проектов в обозримом будущем, поскольку социальная оценка техники, социально-гуманитарная, социально-экономическая, социально-экологическая и прочая экспертиза технических проектов становится неотъемлемой частью инженерной деятельности.

Следует различать три разных уровня: 1) собственно социально-экологическую, социально-экономическую и тому подобную оценку возможных последствий новой техники и технологии, направленную на политическое консультирование при принятии решений о государственной поддержке тех или иных проектов; 2) государственную экспертизу и оценку воздействия на окружающую среду на региональном уровне; 3) экологический менеджмент и экологический аудит на уровне конкретного предприятия.

С развитием современных технологий возникают новые виды рисков, которые ставят перед государством не компенсаторные, связанные с устранением уже нанесенного ущерба, а превентивные задачи предвосхищения и устранения этих рисков. Чтобы решать эти задачи, государство прибегает к помощи науки, в частности, в форме социальной оценки техники как вида научно-технически-политического консультирования. Государственная экологическая экспертиза направлена на предупредительный контроль в области окружающей среды, технологической безопасности,

конструктивной надежности, строительной устойчивости, экологической допустимости и экономической целесообразности и т.д. с целью поддержки принятия решений в области научно-технической, экономической и экологической политики. Оценка воздействия на окружающую среду нацелена на улучшение конкретных проектов и способствует принятию экологически обоснованного управленческого решения о реализации научно-технической, хозяйственной и иной деятельности с помощью определения ее возможных неблагоприятных, в первую очередь экологических, последствий. В решении задач по обеспечению экологической безопасности и устойчивого научно-технического и хозяйственного развития на уровне конкретного предприятия важным инструментом является экологический менеджмент и экологический аудит, которые позволяют уменьшить экологический, информационный и коммерческий риск, связанный с принятием хозяйственных решений. Данный инструмент направлен на выработку рекомендаций по эффективному использованию ресурсов и обеспечению качества окружающей среды.

Оценка эффективности научной, научно-технической и инновационной деятельности представляет собой сложную комплексную проблему, решение которой не под силу какой-либо отдельной науке. Она уже по самой своей постановке является не внутри-, а внеучной, т.е. производится обществом — правительственными органами, парламентскими комиссиями, с участием широких кругов общественности. Общество и государство, выделяя значительную долю бюджетных средств на развитие научно-технических исследований, вправе ожидать все увеличивающегося вклада науки и техники в решение стоящих перед обществом социальных проблем. Кроме того, государственные органы, парламентские структуры, финансовые организации, а также и граждане в качестве избирателей и налогоплательщиков, выделяя средства на конкретные научно-технические и инновационные проекты, хотели бы иметь инструмент для оценки их предполагаемой эффективности как научное обоснование принятия конкретных решений. Такое научное обоснование и должна давать оценка научно-технического развития, включая исследование позитивных и негативных последствий внедрения его результатов.

Проведение этой оценки невозможно с точки зрения самих ученых и инженеров из какой-либо конкретной области, поскольку они являются заинтересованной стороной и, как правило, не обладают достаточными знаниями в области социально-экономических, социально-политических, этических, юридических и т.п. аспектов исследования научно-технического развития. В этом смысле ее должны проводить не занимающиеся тем или иным видом научно-технической деятельности ученые, а стоящие вне дисциплинарной науки методологи, находящиеся в рефлексивной и оценивающей позиции по отношению к данной деятельности. Но и они одни не в состоянии разработать критерии такого рода оценки и провести доста-

точно полную системную оценку, поскольку в ней должны участвовать как представители самых различных общественных наук (экономисты, социологи, политологи, психологи, философы и юристы), так и конкретных областей науки и техники, знающие проблематику изнутри и в то же время имеющие склонность к методологическим рефлексии и обобщениям. Этого, однако, мало, поскольку оценка, чтобы стать хотя бы относительно независимой, должна быть не только междисциплинарной, но международной, т.е. необходимо привлекать незаинтересованных экспертов **НИ** других стран. Кроме того, должны принимать участие представители региональных властей и общественности, в особенности если речь идет об оценке научно-технических, инновационных и хозяйственных проектов, реализация и внедрение которых затрагивает их жизненные интересы. Для того чтобы координировать подбор и оценочную деятельность таких междисциплинарных экспертных групп, необходима особая бригада системных методологов, не являющихся специалистами в какой-либо области науки или техники, но обладающих общими знаниями о научно-техническом развитии и философии науки и техники.

Речь идет о возникновении новой рациональности, о выработке новой парадигмы научно-технического развития. В отличие от экспертократии, она опирается на открытое общественное обсуждение этических проблем. Исследуемый объект включает в себя обладающие правом на самостоятельные мнения и действия субъекты, интересы которых могут затрагивать конкретные научные проекты. Эксперты-специалисты обязаны учитывать эти мнения и деятельность свободных общественных индивидов, включенных в сферу их исследования и проектирования уже на стадии предварительной оценки последствий новейших научных и инженерных технологий. В этом смысле производство научного знания становится неотделимым от его применения, а также от этики ученого и инженера, которая, в свою очередь, неразрывно связана с социальной оценкой техники как прикладной сферой философии техники.

Научное знание не способно все предвидеть, можно лишь предусмотреть определенную степень риска новых научных технологий. Совершенно недостаточно, чтобы естествоиспытатель обращался с природой несколько мягче, чем в рамках классической парадигмы, т.е. более тактично «допрашивал» природу, осторожнее «выведывал» ее тайны, чтобы использовать полученное любой ценой знание для своих целей, а не жестоко «пытал» ее в пыточной камере научной лаборатории. Он должен осуществлять постоянную рефлекссию своей собственной научно-технической деятельности, соотнося свои действия с исследуемой им природой не как с безжизненным объектом манипулирования, а как с живым организмом, способным иметь собственное мнение и свободу действий, иногда и неоднозначно отвечать (в экстремальных случаях даже катастрофами) на слишком жестко поставленные исследователем и проекти-

ровщиком вопросы. Сам этот объект не существует отдельно от общественного организма, в интересах которого, в конечном счете, действует или должна действовать любая наука и техника.

Оценка научно-технического развития и принятие решений на ее основе происходят всегда в условиях дефицита знаний и даже значительной доли незнания. Тем не менее решения относительно развития и финансирования, приоритетности и важности для общества тех или иных научных направлений, научно-технических и инновационных проектов все равно должны приниматься. Причем от этих решений зависит будущее развитие не только науки и техники, но и национального государства, а в конечном счете, общества в целом. Поэтому в настоящее время особое значение приобретает оценка последствий научно-технического развития на основе проблемно-ориентированного исследования, которое институализируется на границе между наукой и политикой. Под проблемно ориентированным исследованием понимается гораздо большее, чем просто постановка проблемы с методологической точки зрения или с позиций научной политики, поскольку речь идет о социокультурном понимании науки. Задача такого исследования науки и техники формулируется в первую очередь не с внутринаучной точки зрения, а основывается на социальных ожиданиях.

Научное познание и техническая деятельность, как отмечает В.С. Степин, учитывая целый спектр возможных траекторий развития, сталкиваются с проблемой выбора из множества возможных сценариев, а ориентирами в этом должны быть не только знания, но и нравственные принципы, налагающие запреты на опасные для человека способы экспериментирования и преобразования действительности. Поэтому исследовательские программы и технические проекты проходят социальную экспертизу, основывающуюся и на этических аргументах, что соответствует новым идеалам рационального действия. И чтобы человечество смогло найти выход из глобальных кризисов, оно, как подчеркивает В.С. Степин, должно пройти через эпоху выработки новой системы ценностей.

Оценка техники — это особая отрасль междисциплинарных исследований, объектом которых является широкий спектр существующих или потенциальных позитивных и негативных последствий технического развития. Но оценка техники также представляет собой определенную последовательность организационных процедур, направленных на решение задач научной поддержки долгосрочных решений в области технической политики и содействия их социальной акцептации. Поэтому оценку техники уместно рассматривать и как научное исследование, и как практическую деятельность в сфере научной и технической политики. Научное обоснование и подготовка конкретных решений, тесная связь с практической деятельностью являются важнейшей чертой оценки техники, поэтому прогноз в рамках оценки техники чаще всего представляется в виде описания альтернативных вариантов действий. В организационном и ин-

ституциональном плане ключевыми проблемами оценки техники являются форма связи участвующих в исследованиях по оценке техники экспертов с принимающей решения политической инстанцией (парламент, правительство, муниципальные власти и т.д.), а также участие в подготовке этого решения представителей общественности. Гигантский рост затрат на науку и технику требует принятия обществом решения, какие именно направления должны быть в первую очередь поддержаны, и сопровождается растущим раздражением обывателя на эти затраты, который питает иллюзию, что их сокращение приведет к улучшению положения в социальной сфере. Отсюда возникает новая для науки и техники ситуация — необходимость доказывать обществу, т.е. непрофессионалам, нужность и полезность своего существования и овладения «умными» приемами убеждения общественности и государственных структур. Это непросто, поскольку одновременно происходит повышение техногенных рисков.

Прежде всего необходимо изменить само представление о научно-техническом прогрессе. Современный этап развития научной и инженерной деятельности значительно отличается от того, как осуществлялась подобная деятельность в эпоху Возрождения и даже в начале XX столетия. Этап научно-технического прогресса часто связывался с развертыванием научно-технической революции, которая рассматривалась как качественный скачок в развитии познания природы и использования человечеством ее законов, характеризующийся превращением науки в непосредственную производительную силу. Результатом этой революции стало огромное, невиданное до того ускорение научно-технического прогресса, поэтому на первый план выходит необходимость научной организации и управления самим этим прогрессом. Идея революционности изменений, перенесенная из социальной сферы в область науки и техники, породила множество иллюзий (достижения невиданного благосостояния, освобождения от болезней, быстрого завоевания космического пространства и т.п.) и негативных проблем, связанных прежде всего с нерациональным ускоренным использованием невозобновляемых природных ресурсов, непропорциональным и несбалансированным с реальными возможностями финансированием отдельных областей науки и техники, появлением новых видов болезней и вирусов, вызванных перепотреблением лекарств, ростом генетических заболеваний, негативными экологическими последствиями и т.д. Речь же должна идти не об ультрареволюционных изменениях, а о достижении и поддержании стабильного равновесия (например, общества и человека с природой), более осторожной, продуманной и осмысленной деятельности, органическом встраивании технического прогресса в культурные традиции человечества и естественное жизненное пространство.

В концепции устойчивого развития современное общество пытается не только установить равновесие общества и природы, мира природного и мира искусственного, учесть проблемы защиты окружающей среды от антропо-

генных воздействий, но и стремится рассмотреть природу, окружающую человека среду как самоценный компонент этого вечного диалога, обладающий правом голоса, а в ситуации экологического кризиса часто даже правом первого голоса. Понятия устойчивого развития, глобализации, научно-технического прогресса приобретают сегодня прежде всего социально-политическое значение, которое меняется в зависимости от страны, региона, социальной группы, политического режима и т.д. Например, глобализация, с одной стороны, воспринимается как позитивный фактор, в особенности для тех предприятий, которые выходят из-под контроля национальных государств, увеличивают прибыли и гибкость, не теряя более доходов из-за разницы в валютах. С другой стороны, национальные и региональные правительства и локальная администрация видят в этом процессе нарушение собственных прав и влияния, поскольку не в состоянии более контролировать деятельность этих предприятий, которые диктуют свои условия местному рынку, рядовым акционерам и простым служащим, социальная защищенность которых катастрофически уменьшается.

Изменение исходной бэконовской установки на безудержный научно-технический прогресс сдерживается общими хозяйственными устремлениями современного общества, иллюзиями возможности создания общества всеобщего потребления, стихийным наращиванием перепроизводства все новых и более изощренных продуктов, и поэтому возможно лишь через переориентацию не только технического мышления, но и вообще общественного сознания и самосознания каждого индивида на совершенно новое представление о научно-техническом прогрессе, поскольку устойчивое развитие осуществимо лишь в результате формирования новой системы ценностей. Это означает моральную и юридическую ответственность конкретных лиц, принимающих решения по поводу развития тех или иных технологических направлений или проектов, которые могут принести вред человеку или окружающей среде независимо от того, какую бы сиюминутную пользу они ни имели, не только перед нынешним, но и перед будущими поколениями.

Таким образом, современное научно-техническое развитие становится в промышленно развитых странах системой с рефлексией. Это означает параллельное институциональное развитие оценки последствий новой техники и технологии, социально-экологической экспертизы научных, технических и хозяйственных проектов. Задача философии, по выражению В.С. Степина, заключается в том, чтобы открывать стратегии цивилизационного развития, которые должны стать мировоззрением людей и воплотиться в жизнь. Именно такой период, когда идет поиск новых ценностей, мы переживаем сегодня. Этот факт неизбежно накладывает отпечаток и на философию науки и техники, которая должна стать не только философским исследованием научно-технического прогресса, но и новой философией устойчивого научно-технического и хозяйственного развития.

Вопросы для самопроверки

1. Предмет философии техники, ее основные сферы и задачи, основные направления современной философии техники.
2. История формирования философии техники: философствующие инженеры и первые философы техники — антропологический критерий и органопроекция Э. Каппа, распространение технических знаний в России и философия техники П.К. Энгельмейера, культуркритика техники (Шпенглер, Яспере, Хайдеггер; Бердяев, Булгаков, Флоренский).
3. «Естественное» и «искусственное» — природа и техника, «техническое» и «нетехническое»: философский принцип деятельности и его значение для понимания техники, роль орудий в истории развития человечества.
4. Техника и окружающая среда, техносфера и биосфера; соотношение техники и хозяйства — философия техники и философия хозяйства.
5. Философия науки и техники — методология исследования и проектирования, соотношение философии и истории науки и техники (основные концепции).
6. Культурологический подход к изучению генезиса техники, образы техники в истории культуры — каноническая и проектная культуры: историко-культурные предпосылки донаучного осмысления технических познаний человечества и древних культурах, агрессивный подход в понимании сущности техники и попытки достижения гармонии общества и природы в древних цивилизациях, античное понимание соотношения науки и техники (*технэ и эпистеме, технэ и фюсис*), средневековое и ренессансное представление о ремесленной технике (формирование проектной культуры), сциентификация техники и технизация науки в трудах ученых Нового времени.
7. Экспериментальное естествознание и инженерная деятельность, техника как объект исследования естествознания; классическое естествознание и техника, естественные и технические науки.
8. Различение технической и инженерной деятельности, роль научного образования инженера: особенности традиционной инженерной деятельности.
9. Познание и проектирование — размывание границ между исследованием и проектированием: традиционное, системное и социальное проектирование; проектно- и проблемно-ориентированные исследования.
10. Понятие научно-технической дисциплины: специфика технических наук и особенности современных научно-технических дисциплин.
11. Ступени рационального обобщения в технике: частные и общая технология, технические науки и системотехника.
12. Специфика соотношения теоретического и эмпирического в технических науках, понятие технической теории: абстрактно-теоретические — частные и общие — схемы, специфика строения и особенности функционирования, становление и этапы формирования технической теории.
13. Техника и математика: усиление теоретического измерения техники и развитие нового пути математизации науки за счет применения информационных и компьютерных технологий.
14. Системно-интегративные тенденции в современной науке и технике и междисциплинарный теоретический синтез: системные представления и системотех-

ника, роль методологии социально-гуманитарных дисциплин в современной технике.

15. Научно-техническая политика и проблема управления научно-техническим прогрессом общества: необходимость оценки социальных, экологических и других последствий техники; новое понимание научно-технического прогресса в концепции устойчивого развития и техническая этика.

Темы рефератов

1. Технический оптимизм и технический пессимизм, критика технократии.
2. Архаическая культура и понимание в ней техники, миф как зародыш проекта.
3. Античное понимание техники, техническое объяснение природы.
4. Первые программы построения науки в Античности, понимание в них техники и ее соотношения с наукой, решение проблемы соотношения науки и техники у Архимеда.
5. Ремесленная техника и развитие науки, переосмысление представлений о природе, научном знании и практическом действии в Средние века и новое понимание роли технической деятельности у мастеров-инженеров-художников-ученых эпохи Возрождения.
6. Формирование научной техники в трудах ученых Нового времени, соотношение «естественного» и «искусственного» у Галилея.
7. Стадии становления и развития инженерной практики и научной техники, соотношение естествознания и техники, научное и техническое знание.
8. Природа и техника, естественное и искусственное, организм и механизм.
9. Технические науки и инженерная деятельность, технические и естественные науки, понятие научно-технической дисциплины.
10. Особенности теоретико-методологического синтеза знаний в технических науках.
11. Современные комплексные (неклассические) научно-технические дисциплины: их природа и сущность.
12. Пути преодоления кризиса техногенной цивилизации, техника и окружающая среда, формирование нового образа науки и техники под влиянием экологических угроз.
13. Особенности социального и социотехнического проектирования.
14. Проблема комплексной оценки и прогнозирования последствий техники.
15. Техника и человек — проблемы риска и безопасности современной техники, этика ученого и социальная ответственность проектировщика.

Литература

- Багдасарян Н.Г. Профессиональная культура инженера. Механизмы освоения. М., 1998.
- Бехмани Г. Николай Луман: Новая парадигма теории систем // Системный подход в современной науке. М., 2004.
- Горохов В.Т. Концепции современной науки и техники. М., 2000.

Данилов-Данилъян В.И., Лосев КС. Экологический вызов и устойчивое развитие. М., 2000.

Иванов Б.И., Чешев В.В. Становление и развитие технических наук. Л., 1977.
Козлов Б.И. Возникновение и развитие технических наук. Опыт историко-теоретического исследования. Л., 1988.

ЛенкХ. Размышления о современной технике. М., 1996.

Митчам К. Что такое философия техники? М., 1995.

Разин В.М. Специфика и формирование естественных, технических и гуманитарных наук. Красноярск, 1989.

Симоненко О.Д. Сотворение техносферы: проблемное осмысление истории техники. М., 1994.

Степан В.С., Горохов В.Г., Розов М.А. Философия науки и техники. М., 1996.

Философия техники в ФРГ. М., 1989.

Чешев В.В. Техническое знание как объект методологического анализа. Томск, 1981.

Дополнительная литература

Бердяев Н.А. Человек и машина (Проблемы социологии и метафизики техники) // Вопросы философии. 1985. № 2.

Боголюбов А.Н. Теория механизмов и машин в историческом развитии ее идей. М., 1976.

Булгаков С.Н. Философия хозяйства. М., 1990.

Горохов В.Г. Петр Климентьевич Энгельмейер. Инженер-механик и философ техники. М., 1997.

МамфордЛ. Миф машины. Техника в развитии человечества. М., 2001.

Новая технократическая волна на Западе. М., 1986 (см. перевод статей Хайдеггера, Ясперса, Эллюля, Сколимовского и др.).

Ортега-и-Гасет Х. Размышления о технике // Избр. труды. М., 1997.

Роль орудий в развитии человечества. М., 1925 (в этой книге приводится перевод и пересказ отдельных глав работы Э. Каппа «Основные направления философии техники» и Эспинаса).

Степин В.С. Теоретическое знание. М., 2000.

Флоренский П.А. Органопроекция // Декоративное искусство СССР. 1969. № 12.

Шпенглер О. Человек и техника // Культурология. XX век: Антология. М., 1995.

Эстетика Ренессанса. М., 1981. Т. I.

Юнгер Ф.Г. Совершенство техники. СПб., 2002.

Ясперс К. Смысл и назначение истории. М., 1994 (раздел «Современная техника». С. 113–141).

3.2. Философские проблемы информатики

3.2.1. История становления информатики как междисциплинарного направления во второй половине XX в.

Информатика является междисциплинарным направлением современной науки и техники и образует сегодня целое семейство дисциплин от когнитивных наук с преимущественно психологической ориентацией до системно-ориентированной кибернетики, от наук о мозге и нейронауки до разного рода технических наук, связанных с решением задач автоматизации и созданием вычислительных комплексов, от различных абстрактных информационных теорий до библиотечной науки, а также все виды информационной техники и технологии. Исходным пунктом появления такого букета научных и технических дисциплин была электронная революция, называемая также компьютерной революцией, которая инициировала не только технизацию общества *посредством* знания, но и обширную *технизацию самих знаний*.

Существует широкий спектр различных мнений относительно определения предмета информатики. Одни рассматривают ее как фундаментальную естественную науку, другие — как инженерно-техническую или же как современную комплексную дисциплину, в то время как третьи считают, что в данном случае речь идет о новом названии для кибернетики, чтобы отделить здоровое научно-техническое ядро от околonaучной болтовни. Однако кибернетика имеет целью фундаментальное исследование процессов обработки информации, и компьютеры играют в ней примерно ту же роль, что и приборы в физике, в то время как информатика рассматривается как прикладная наука об использовании компьютеров, снабжающая знаниями о применении вычислительной техники для нужд автоматизации, а важная для кибернетики концепция управления отходит на второй план. Все сходятся на том, что в информатике как комплексной области знания занимаются исследованиями кибернетики и логики, психологи и лингвисты, математики и т.д. и обсуждаются не только технические или программистские задачи, но и лингвистические, психологические, методические, социальные и моральные проблемы. Центр тяжести в информатике приходится на исследования программных и алгоритмических аспектов компьютеризации, и в нее включаются следующие системные области: информационные системы и коммуникационные средства, в том числе средства информационного поиска, запоминания и хранения информации, ее передачи в реальном масштабе времени и распределения и т.д. прежде всего в хозяйственной, образовательной и культурной сферах; средства автоматизации управления и контроля, проектирования и производства; робото-

техника; средства математического моделирования и автоматизация экспериментов. Информатика оказывает сегодня большое влияние на другие научные и технические дисциплины — природу математического доказательства, например, и даже на предмет математики в целом, а также на современную формальную логику, лингвистику, психологию, системотехнику, многие технические науки, проектирование.

Исходными в информатике являются понятия сигнала и информации, взятые из теории информации, а также понятия управления и системы, развитые в кибернетике и теории систем.

Поскольку информатика занимается вопросами получения, переработки, передачи информации, то генетически исходной для нее является теория информации. Понятие сигнала и общая схема передачи сообщений, положенные в основу теории информации, были впервые сформулированы в теории связи, выросшей из теории анализа телеграфных, а позднее радиотелеграфных, телефонных и радиотелефонных сетей и сообщений. Сигнал в теории связи рассматривается в качестве носителя информации различной физической природы, один или несколько параметров которого определенным образом закодированы. Закодированная в сигнале информация от источника информации передается передатчиком через проводные или беспроводные каналы связи, принимается и декодируется приемником для того, чтобы быть переданной пользователю. Огромное значение для становления теории информации сыграла теория расчета помехоустойчивости каналов передачи сообщений и развитие в ней методов устранения помех. Одними из первых работ по теории информации были работы К. Шэннона по математической теории информации. Но это исходное представление об информации значительно расширилось в кибернетике, где под ней стала пониматься любая совокупность сигналов и сведений, которые воспринимаются и выдаются определенной системой при ее взаимодействии с окружающей средой или же хранятся и перерабатываются в ней.

Как подчеркивает Д.С. Чернавский¹, при обсуждении многочисленных определений понятия «информация» ни одно из них не является общепринятым. Негативное определение ее Н. Винером — «информация есть информация, а не материя и не энергия» — также не вносит ясности. Чернавский приводит целый веер подобных определений: информация — это знания, переданные кем-то другим или приобретенные путем собственного исследования или изучения; сведения, известия, содержащиеся в данном сообщении и рассматриваемые как объект передачи, хранения и обработки; порядок, поскольку коммуникация приводит к увеличению степени той упорядоченности, которая существовала до получения сообщения; всякое сообщение или передача сведений о чем-либо, что заранее

См.: Чернавский Д.С. Синергетика и информация. М., 2001.

не было известно; все те данные о внешнем мире, которые мы получаем как путем непосредственного воздействия на наши органы чувств окружающих предметов и явлений, так и опосредованным путем через книги, газеты, рассказы других людей; отражение в сознании людей объективных причинно-следственных связей в окружающем нас реальном мире и т.п. Тем не менее понятие «информация» успешно используется при исследовании практически всех процессов самоорганизации.

Информационные технологии начинают играть важную роль в социальной коммуникации, что приводит и к переопределению понятия информации. В концепции немецкого социолога Н. Лумана¹ коммуникация представляет собой социальный процесс, тесно связанный с самореференцией и синтезом трех типов селекции — информации, сообщения, передаваемого этой информацией, и понимания или непонимания этих сообщений и информации. Без коммуникации не бывает ни информации, ни сообщения, ни понимания в смысле взаимного обусловливания. Коммуникация не имеет цели, и все, что можно про нее сказать, — это то, состоялась она или нет. Коммуникация — это действительность, которая не может быть приписана чему-либо другому, и одновременно механизм, который конституирует общество как аутопоietическую систему. Коммуникация становится основной структурой общества, причем никакая коммуникация невозможна без общества, а никакое общество — без коммуникации. Коммуникативные акты ничего не говорят о мире, который не отражается ею, а скорее классифицируются с ее помощью. Завершить акт коммуникации — значит решить вопрос о том, что представлено, принято или отклонено, а не о том, что понято. Если социальное — это не что иное, как коммуникация, то тем самым подразумевается, что социальное состоит из таких аутопоietических процессов, которые имеют свою собственную неотъемлемую динамику. Тогда окружающая среда — лишь стимул, но не реальный источник информации. Управляемые коммуникационными средствами коммуникативные процессы связывают партнеров, *каждый* из которых реализует свои *собственные* селективные достижения и знает о том, что то же самое делает и другой. В этой связи становится важным различие знания и информации: знание создает способность действия, в то время как информация представляет собой знание, обработанное для целей использования, поэтому знание отражает статический структурный, а информация — процессуальный аспект коммуникации.

Понятие «управление», первоначально возникшее в теории автоматического регулирования и обобщенное в кибернетике, также эволюционировало. В его первоначальном смысле оно характеризовалось следующими основными признаками: действие системы производится автоматически,

¹ См.: Луман Н. Власть. М., 2001.

в соответствии с определенной целью, имеется обратная связь. В данном случае использовалось машинное представление управления как регулирования, т.е. как автоматического действия без участия сознания. Поэтому цель понималась не как идеальный образ сознания, а как некоторое конечное состояние вне системы, которого она достигнет, выполнив ряд автоматических действий. Программа таких действий включает в себя и сам результат, и алгоритм поведения системы. Наконец, в понятие обратной связи первоначально вкладывалось узкое содержание: сигнал на выходе некоторого устройства, являющегося объектом управления, постоянно сравнивается со специфическим эталоном, который запрограммирован в регуляторе, а информация о рассогласовании выходного сигнала с целью в виде особого сигнала поступает на вход объекта управления и используется для ограничения выходов. Это исходное представление было существенно расширено. Во-первых, управление, которое нельзя сводить только к информационным процессам, в конечном счете предполагающим автоматизацию этой деятельности, стало рассматриваться не как автоматическое действие, а как управленческая деятельность, которая лишь частично может быть автоматизирована, причем автоматизации должна предшествовать реорганизация, иначе оснащение вычислительной техникой только закрепляет существующие рутинные процедуры деятельности. В информатике же именно проблема автоматизации интеллектуальной человеческой деятельности выходит на первый план. Во-вторых, эта деятельность стала пониматься как осознанная, а ее цель — как предварительно, еще до реализации цели сформированный идеальный образ результата деятельности. Управление — это воздействие одной деятельности на другую, например производственную, хозяйственную, конструкторскую, научную и т.п. деятельность, которая подлежит корректировке в соответствии с целью и осознанием всей деятельности и образа действия управляемого. В-третьих, понятие обратной связи формулируется как механизм учета разницы между целью действия и ее результатом: от объекта управления к управляющим органам по каналам связи передается информация о фактическом положении дел, прежде всего об отклонениях от намеченных планов, которая используется для выработки управляющих воздействий. Именно несовпадение цели и результата деятельности лежит в основе регуляционного механизма обратной связи.

Понятие «система» появилось в рамках общей теории систем, которая связана с развитием системного подхода в современной науке и технике. К настоящему времени разработаны различные ее варианты, ориентированные на разные проблемные и объектные области. Наиболее известной и первой из них была общая теория систем, сформулированная в середине 1940-х гг. Л. фон Берталанфи на основе организмического подхода к решению проблемы соотношения части и целого, явившейся обобщением прежде всего биологических, зоологических и частично экосистем. Позже

были разработаны и другие ее варианты, например М. Месаровичем, построившим вариант математической общей теории систем.

Суть организмического подхода Берталанфи — в утверждении, что биологический порядок является специфическим и органические системы подчиняются иным закономерностям, чем неорганические. Представители механистического направления в биологии пытались исследовать свойства и характер отношений органических структур физическими методами и объяснить их с помощью физико-химических законов, но приспособление, саморегуляция и самовоспроизведение не поддавались такого рода объяснению. Организмический подход — это целостный, а не аналитически-суммативный подход к анализу систем, предполагающий динамическое представление вместо статического и машинного, рассмотрение организма как прежде всего активности. Позднее Берталанфи была сформулирована теория открытых систем, обменивающихся с окружающей средой энергией и материей, которая позволила объяснить процессы роста, приспособления, регуляции и равновесие биологических систем и легла в основу его варианта общей теории систем.

Одновременно Винер развил кибернетический подход, исследуя общность процессов регулирования и информационного обмена и у животных, и у машин, считая, что автоматы взаимодействуют, как и организмы, с окружающей средой, т.е. могут принимать и запоминать внешние образы, имея датчики и эквивалент нервной системы, и даже корректировать свою деятельность, а потому могут быть объединены в одну общую теорию — кибернетику. Согласно этой теории, механизм обратной связи является основой целенаправленного поведения как созданной человеком машины, так и живого организма и социальной системы. Берталанфи возражал ему, считая, что в данном случае технические системы являются открытыми для обмена информацией, а не энергией и материей, как у органических систем.

Можно, однако, указать несколько таких сходств этих дисциплин. Например, иерархическое рассмотрение, которое дополняется описанием элементов-кирпичиков, составляющих систему, и связей между ними, отвлечение от вещественного субстрата материальных процессов и рассмотрение их функциональных зависимостей, а также междисциплинарность и методологическая направленность. И в кибернетике, и в системном подходе исследователь первоначально абстрагируется от внутренних свойств системы, анализируя только ее внешние связи (принцип «черного ящика»). В то же время их нельзя и отождествлять: предметом исследования кибернетики являются системы управления, сфера же системных исследований распространяется на любые системы; кибернетика рассматривает информационные аспекты систем, а системный подход — любые их аспекты и срезы. Перенесение кибернетических принципов, взятых из биологии и обобщенных в кибернетике, на мир неживой при-

роды, а затем и общество, привело к развитию подхода к исследованию любых систем как самоорганизующихся, что, в свою очередь, породило новый, синергетический подход, в том числе и в информатике.

Основатель синергетики Г. Хакен¹ отмечает, что именно из объяснения чрезвычайно сложных биологических явлений, например эволюции и зарождения жизни, возникает вопрос, можно ли обнаружить процессы самоорганизации в гораздо более простых системах неживой природы. Наукой раскрыто множество примеров физических и химических систем, в которых отчетливо прослеживаются процессы, сходные с процессами в живых организмах при переходе от неупорядоченного к упорядоченному состоянию. В противоположность созданным человеком машинам, которые конструируются для выполнения специальных функций, эти структуры развиваются спонтанно — самоорганизуются, причем способ функционирования таких систем подчиняется одним и тем же основополагающим принципам, независимо от того, относятся ли они к области физики, химии, биологии или даже социологии. В общем виде сначала имеется некоторая система в определенном состоянии и при определенных контрольных внешних условиях. Если изменить значение контрольного параметра, то это прежнее состояние может стать нестабильным и должно уступить место новому состоянию, которое имеет более высокую степень порядка. При этом система сама проверяет формы движения, находящиеся в состоянии конкуренции. Синергетический подход успешно используется сегодня в самых различных областях науки, техники, искусства, медицины и культурологии.

В информатике, как считает Чернавский, с точки зрения синергетики наиболее конструктивным является определение информации как запомненного выбора одного варианта из нескольких возможных и равноправных. К этому добавляется уточнение сопутствующих ему понятий, таких, как введенное еще Шенноном понятие количества информации, затем ее осмысленность, условность и в особенности ценность. С точки зрения синергетики причиной спонтанного возникновения информации и эволюции ее ценности является неустойчивость.

Таким образом, можно констатировать смещение акцентов в информатике с технических компонентов — «хардвэр» — на развитие программных аспектов — «софтвэр» — и проектирование, информационных потоков в сложных системах, замыкающихся на человеческие компоненты. Однако человеческие компоненты не рассматриваются более лишь как *элементы* человеко-машинных систем, поскольку в этом случае теряется решающий социальный аспект. Речь идет фактически о реорганизации социотехнических систем, где акценты явно смещаются на исследование и организацию систем человеческой деятельности, в которых

См.: Синергетическая парадигма. Многообразие поисков и подходов. М., 2000.

машинные, технические компоненты играют второстепенную роль и на первый план выходит системный менеджмент и проектирование организационных структур. С этим связаны, например, попытки использовать представления о самореферентных и аутопойетических системах, развитые в теории систем Лумана, для перехода от ставших уже традиционными и малопродуктивными в этой области системно-кибернетических представлений к пониманию социотехнической системы. Смысл этого нового подхода заключается в том, что система рассматривается с энергетической точки зрения как открытая, а ее внутренние процессы и организация являются полностью закрытыми по отношению к окружающей ее среде. Поэтому аутопойетическая система репродуцируется в ходе закрытого для внешней среды рекурсивного процесса, в котором она сама воспроизводит и сохраняет свои составные части. Самореферентность системы представляет собой ее способность постоянно самоопределять отношение к самой себе и дифференцировать отношения к окружающему миру, а также перманентно селективировать свои внутренние связи и элементы. Система конструирует окружающую среду как данную реальность и через эту процедуру утверждает и себя саму как реально существующую.

Одним из центральных понятий лумановской теории систем является понятие самонаблюдения. Система только тогда существует, когда она сама себя наблюдает, т.е. самоидентифицирует себя, отделяя себя от окружающей среды. Кроме того, существует некий «наблюдатель второго порядка», способный понять, что самонаблюдение отграничивает то, что другие системы (в качестве «наблюдателей первого порядка» или «внешних наблюдателей») осознают как мир, в котором они существуют. Многократное повторение процедуры дифференциации системы и окружающей среды, направленное внутрь данной системы, ведет к выделению в ней иерархии подсистем и одновременно к редукции сложности этой системы. Аутопойесис в данном контексте означает самоорганизацию, самоконституирование и саморепродукцию системы через построение подсистем. Таким образом, теория систем Лумана может рассматриваться как новая парадигма теории систем, основывающаяся на синтезе идей общей теории систем Берта Ланфи и синергетического подхода и примененная к анализу развития самоорганизующихся социальных систем.

3.2.2. Информатика как междисциплинарная наука о функционировании и развитии информационно-коммуникативной среды и ее технологизации посредством компьютерной техники

Центральное место в информатике занимает компьютерное моделирование. Современный имитационный эксперимент коренным образом отличается от эксперимента в классической естественной науке, основ-

ная цель которого — воспроизведение в материализованном виде идеализированных экспериментальных ситуаций, направленное на подтверждение отдельных следствий из общих теоретических положений. В неклассическом естествознании важную роль сегодня играет идеализированный компьютерный эксперимент, позволяющий проимитировать, проанализировать и рассчитать различные варианты возможного поведения исследуемой сложной системы. Незаменимым компьютерный эксперимент становится также в современной инженерной деятельности и проектировании.

Моделирование функционирования системы на ЭВМ позволяет уже на ранних этапах проектирования представить систему как целостный объект, а анализируя такую модель, можно принимать научно обоснованные решения по выбору наиболее подходящей реализации отдельных компонентов системы с точки зрения их взаимосвязи и взаимного функционирования, учесть заранее различные факторы, влияющие на систему в целом, и условия ее функционирования, выбрать наиболее оптимальную структуру и наиболее эффективный режим ее работы. Для сложных человеко-машинных систем такой анализ невыполним средствами традиционного моделирования, и ему обязательно требуется компьютерная поддержка, поскольку без использования современной вычислительной техники просто невозможно учесть те многочисленные данные о сложной системе, которые необходимы исследователю и проектировщику, особенно если иметь в виду их разнородность, связанную с использованием знаний различных дисциплин и участием в создании таких систем разнообразных специалистов. Такая автоматизация имитационного моделирования направлена на расширение возможностей исследователя и проектировщика для прогнозирования поведения системы в различных меняющихся условиях и выбора адекватных этим условиям решений. Создание диалоговых систем позволяет значительно расширить аналитические средства, повысить качество и обоснованность решений проектных и исследовательских задач и существенно сократить время их выработки.

Имитационное моделирование на ЭВМ позволяет исследовать сложные внутренние взаимодействия в системе, изучать влияние структурных изменений на ее функционирование, а также влияние изменений в окружающей среде, для чего в модель вносят соответствующие трансформации и наблюдают их воздействие на поведение системы. На основе полученных в результате моделирования данных разрабатываются предложения по улучшению существующей структуры системы или созданию совершенно новой ее структуры. Влияние этих нововведений можно проверить с помощью имитации еще до их практического внедрения для предварительной проверки новых стратегий и решений, предсказания на модели узких мест, имеющихся в системе, описания и про-

гнозирования на ней возможных путей естественного развития имитируемой системы в различных условиях и обоснования выбора вариантов ее структуры при соответствующих изменениях этих условий. Это позволяет автоматизированным способом формировать и распознавать структуры, оптимизировать их по заданному критерию, осуществлять имитацию динамики системы на этих структурах и оценивать качество вариантов моделей проектируемой системы.

Первоначально модель выдается необязательно в строго формализованном виде, а на содержательном уровне — в языке, наиболее приближающемся к естественному, поэтому такую модель часто называют вербальной. На следующем этапе она должна быть представлена уже в виде математической модели с помощью различных языков программирования. Экспериментирование с моделью на компьютере заключается в изменении условий функционирования объекта моделирования, генерации вариантов модели, предсказывающих поведение системы в гипотетически изменившихся условиях. Выбор наиболее пригодного для данных условий варианта модели и оптимизация этого варианта являются проектными задачами и находятся в прямой зависимости от целей исследования или проектирования. Такой выбор диктуется прежде всего содержательными критериями, т.е. интерпретацией модели, заключающейся в определении области и границ, в которых результаты, полученные на модели, являются справедливыми для исследуемой или проектируемой системы. Наряду с формализацией имитационные модели выполняют также важную эвристическую функцию, особенно при моделировании динамики различных исследуемых процессов. Даже в случае достаточно тривиальных моделей компьютерное моделирование дает возможность представить результаты исследования яснее, проще и быстрее.

Постепенно мышление приучается работать с такого рода моделями, не обращаясь каждый раз к их интерпретации на уровне первичной реальности, и эта вторичная реальность, в конечном счете, становится постоянным репрезентантом первичной. Оперировавший цифрами и знаками на экране монитора банковский служащий, играя на электронной бирже, не видит реальных процессов на рынке ценных бумаг, но точно отслеживает их в пространстве идеальных сущностей, скрытых в компьютерной оболочке. Его действия могут привести тем не менее к вполне реальным последствиям для конкретного предприятия, акции которого он покупает и перепродает, для банка, в котором он работает, и для его собственного существования. Однако он не имеет представления о тех технологических процессах, которые протекают на производственных предприятиях, о работающих там людях, а часто и о продуктах, которые циркулируют на рынке. Он оперирует абстракциями, не осязая даже денежных банкнот, хотя через него могут проходить за несколько минут миллионы денежных единиц. Именно таким образом функцио-

нирует так называемая *виртуальная реальность*, которая хотя и не является реальным объектом, но может вызывать реальные эффекты. И хотя, несомненно, развитие новых информационных технологий открывает невиданные до тех пор возможности для реального действия в виртуальной реальности, сама проблема известна со времен Античности. Когда мы задаемся вопросом, что значит существовать в действительности, то на ум приходит ответ древнегреческих атомистов: на самом деле существуют не видимые и воспринимаемые нашими органами чувств вещи, а лишь атомы и пустота, постигаемые разумом. С помощью современных информационных технологий можно придать любой виртуальной реальности субстанциальность, заставляя пользователя воспринимать ее как реально существующую, причем действия в виртуальной реальности благодаря этим технологиям действительно могут производить реальные эффекты.

Можно предположить, что оператор-ученик, находясь в компьютерном классе, вообще не имеет представления о том, как варится сталь, а на экране монитора высвечивается абстрактная картинка. В компьютер тем не менее внесены все физические, химические и тому подобные параметры реального технологического процесса, и их изменение меняет эту картинку. Сталевар в цехе отдает команды, когда и какие действия нужно совершать, чтобы на выходе получился определенный продукт с желаемыми параметрами, и эти команды, передаваемые по каналам связи, ученик соотносит с изменениями на видимой им картинке. Постепенно он и сам научится вовремя отдавать нужные команды через компьютер механизм, работающим в цехе, не видя реального физического или химического процесса, происходящего там. Но, в сущности, и сталевар видит не эти процессы, а лишь фиксирует их внешние признаки, соотнесенные с опытом и дополненные профессиональным научным образованием, соединяя их в некоторую картину реальности, в соответствии с которой он и строит свои действия. Таким образом, между ним и оператором, сидящим в компьютерном классе, не существует большой разницы, а продукт может быть идентичным и вполне ощутимо реальным. В отличие от них, научно образованный инженер проник в физическую, химическую и тому подобную суть происходящих процессов. Мастер-практик, работая якобы без всякой науки и основываясь на многолетнем практическом опыте, измеряет заданные наукой параметры и, как и инженер, пользуется научными понятиями и представлениями в рамках той научной картины мира, которую он усвоил в ходе общего образования, принимая ее за первую реальность, точно так же, как воспринимал ремесленник-кузнец в древности мифологическую картину мира. Для последнего рецепт приготовления стали так же построен по законам мифа, как для современного техника — по законам науки. Для него таким же естественным является объяснение, почему

закаливание стали должно осуществляться в золе шкуры *черного* козла и в моче *рыжего* мальчика, поскольку в *черном* и *рыжем* скрыт сокровенный символ потусторонних дьявольских сил, на балансировании между которыми и божественными силами и строится весь технологический процесс, как для современного техника объяснение этого связывается с необходимостью добавления органических углеродных соединений и мочевины. Миф и был той первой реальностью, в которой жили древние люди, точнее, истинной ее картиной, в соответствии с которой они достаточно успешно действовали, а не сказкой, не имеющей ничего общего с реальной действительностью, в качестве которой миф предстает перед современным исследователем. Ритульные условно-символические действия воспринимались как вполне реальные, направленные на достижение конкретных практических результатов.

Собственно именно так и в современной технике первичная реальность, данная нам в ощущениях, восприятиях и в повседневном социальном опыте, замещается научной картиной мира. Мы не в состоянии почувствовать или увидеть электромагнитные волны, но верим построенной Герцем на основе электродинамической теории Фарадея—Максвелла и подтвержденной им опытами картине распределения электромагнитных волн как истинной, а инженеры и техники строят на основе этих представлений различные приборы, например радиоприемники, которые стали обычными предметами нашего социального опыта. Мы воспринимаем лишь идущие из них звуки, издаваемые за много тысяч километров, представляя себе в соответствии с научной картиной электромагнитных взаимодействий, как радиоволны доносят до нас расшифрованные радиоприемником звуки знакомого голоса или музыки. Но с таким же успехом мы можем представить себе эту картину с помощью альтернативной теории Ампера—Вебера, основанной не на волновом, а на корпускулярном принципе. То же относится и к визуальным представлениям. Со времен В. Гильберта, предложившего использовать навигационные инструменты, разработанные им на основе представления о магнитном поле Земли, которого мы без специальных приборов не видим, ориентация в море основывается не на ощущениях капитана, соотносящего положение судна в пространстве с видимыми естественными ориентирами, а с абстрактными показаниями магнитных приборов. Не имеет ли дело современный навигатор в таком случае с виртуальной реальностью, подкрепленной научной картиной мира? Даже рассматривая в телескоп невидимые до тех пор простым глазом звезды, Галилей отождествляет полученное изображение с первой реальностью лишь с помощью особой научной теории — теории перспективы, развитой его предшественниками. Любой научный прибор построен и функционирует на основе научных представлений, а связь этих представлений с реальностью подтверждена соответствующей теорией, в которой, например,

визуальная модель опосредована математической схемой, ничем не отличающейся от компьютерной модели, где алгоритмические цепочки математических схем, реализованные в конкретных компьютерных программах, гарантируют нам, что изображение на экране монитора соответствует реальности. Таким образом, виртуальная реальность становится не только средством исследования реального мира, но иногда и его подмены и может быть определена как модельное отображение действительной реальности с помощью технических средств, создающее иллюзию этой реальности. Совершенно новые аспекты виртуальной реальности раскрылись после возникновения глобальной сети Интернета.

Виртуальная реальность проникает сегодня не только в сферу профессиональной деятельности, но и в повседневную жизнь. Например, в случае подключения так называемых интеллектуальных бытовых приборов к сети Интернета, открываются новые возможности управления и пользования ими, но одновременно возрастает и зависимость от этой виртуальной реальности. Для обычного пользователя часто просто непостижимо, как функционирует вся эта электроника, начиная от отопления и кончая телевизионными и коммуникационными устройствами. Человек становится беспомощным, если окружающая его виртуальная реальность исчезает и он остается один на один с первичной реальностью, которая не поддается управлению. Эту ситуацию лучше всего иллюстрируют отказы компьютерных систем, управляющих сложными сервисными объектами, например аэропортом. В этом случае служащие аэропорта не в состоянии вообще оценить, что же на самом деле происходит, если представленная системой информация не соответствует действительности, например из-за сбоя в работе программного обеспечения, поскольку они обучены работать лишь с виртуальной реальностью, ставшей для них первичной. Только проектировщик данной системы и гарантирует ее связь с первичной реальностью. Таким образом, новые информационные технологии, с одной стороны, открывают невиданные ранее возможности для развития интеллектуальной деятельности, коренным образом изменяют окружающий человека мир, а с другой — создают новые проблемы и риски, среди которых одной из важнейших является проблема обеспечения информационной безопасности.

К проблемам информационной безопасности следует отнести проблемы предотвращения несанкционированного доступа к конфиденциальной информации, использования персональных данных во вред конкретным личностям и социальным группам, вторжения в личную сферу, манипулирования информацией, компьютерной преступности (от вскрытия банковских компьютерных сетей до запуска вирусов в профессиональные информационные сети, могущие привести к техногенным катастрофам), защиты авторских прав, психических расстройств и техно-

стресса у пользователей современных компьютерных технологий, конфиденциальности, целостности и надежности информации, а также опасности ограничения доступа к информации и свободы ее распространения, информационного элитаризма, когда лишь часть населения получает доступ к информационным технологиям и ресурсам, и т.п. Для решения всех этих проблем необходимы усилия самых различных специалистов, в том числе и юристов, поскольку без создания единого правового пространства в информационном обществе становится невозможным не только его дальнейшее развитие, но и включение целых государств и регионов в экономическую систему развитых стран. Все эти вопросы для информационного общества приобретают ключевой характер. Как отмечает И.С. Мелюхин¹, именно благодаря современным средствам связи и передачи информации пространственные границы не имеют прежнего значения для хозяйственной деятельности, а перспективы электронной торговли осознаны многими странами, принимающими законодательные акты для использования цифровой подписи и систем защиты информации. Обеспечение информационной безопасности должно охватывать все уровни, от генерации и переработки до использования информации, которые включают в себя и вычислительные системы, и системы хранения данных, и персонал, управляющий информационной системой, и сеть, обеспечивающую передачу информации. Именно такую глобальную компьютерную сеть представляет собой Интернет, создавший новую коммуникативную и информационную среду и позволяющий почти мгновенно устанавливать контакт между любыми пользователями этой сети или с подключенными к ней базами данных.

3.2.3. Интернет как метафора глобального мозга

Интернет — это современная социотехническая система, основу которой составляют локальные сети, объединяющие компьютеры и другие разнообразные технические устройства, различные базы данных, пользователей, подключающихся к этой распределенной сети и интерактивно взаимодействующих. Первая компьютерная сеть была создана по заказу Министерства обороны США в конце 1960-х гг. с целью сохранения сообщений даже в случае разрушения части сети, а для обеспечения быстрого обмена данными между ее узлами была разработана первая программа для электронной почты. Следующим этапом стало объединение различных локальных компьютерных сетей, которые использовали разнообразные программные средства и стандарты, и обеспечение

¹ См.: Мелюхин И. С. Информационное общество: истоки и проблемы, тенденция развития. М., 1999.

их совместимости. Именно создание межсетевого стандартного протокола управления передачей привело к рождению Интернета, а основой объединения всех имеющихся источников информации стала «всемирная паутина» и специальная программа, с помощью которой любой пользователь, не обладающий специальными знаниями, мог бы легко переходить с одного сайта на другой. Именно после этого начинается собственно развитие Интернета во всемирном масштабе, который рассматривается сегодня не просто как техническое средство, используемое в различных целях, но как особая онтологическая реальность — киберпространство.

Метафора киберпространства, как отмечает А.Е. Войскунский¹, подразумевает наличие некоторого виртуального мира, представленного в сознании и заполненного хранилищами информации, разного рода презентациями, который раскрывается только по частям, причем начиная с любого произвольно выбранного места, и к тому же постоянно изменяется. Киберпространство часто представляется в виде гиперсети, что связано с представлением о производственных, коммерческих, сервисных и других организациях как о децентрализованных сетевых структурах открытого доступа, поскольку именно открытость, компетентность, демократичность, готовность признать и исправить ошибки, оперативность реагирования приносят победу в конкурентной борьбе. Иногда киберпространство рассматривается как гипертекст, т.е. как вербальная структура, даже если в нее встраиваются видео- и аудиофрагменты, и тогда главной его характеристикой становится связность, структурированность, насыщенность разнородными связями, содержательная полнота. Поскольку киберпространство — это социотехническая система, то в него включаются не только блоки информации, но и люди, представленные редуцировано, как их проекции — вербальные сообщения разной степени истинности, подробности и ответственности, т.е. порожденные ими тексты (например, реплики в чатах, гостевых книгах, на форумах, телеконференциях, электронные публикации на веб-сайтах и самопрезентации), реалистические или даже фантастические изображения, часто вводящие в заблуждение, образы вымышленных существ, с которыми, однако, можно проконтактировать, различные сообщества, к которым может присоединиться каждый.

Киберпространство, хотя и существует где-то в распределенной сети, но нигде «здесь» и «теперь», и поэтому может быть уподоблено виртуальному миру. Человеческий индивид сбрасывает «помеху материи» и предстает в нем бестелесным существом, рассматривая так и себя самого, и других участников коммуникации. В киберпространстве формиру-

ется новый, внетелесный опыт, а индивид существует как виртуальное тело, которого «на самом деле» нет, но в Интернете могут существовать его биография, список научных работ, фотографии, счет в банке, налоговые отчисления, кредиты и даже долги, следы от переписки с другими такими же виртуальными субъектами. Все, что им создано, существует лишь на носителях памяти в банке данных и в его собственном воображении, в воображении нескольких коллег, подключенных к Интернету. Виртуальные миры и институты возможно представить, прочитав их описания. В киберпространстве действительно можно, освободившись «от помехи материи», очутиться там, где нас «на самом деле» нет, и принять активное участие в дискуссии и коммуникации. Легким нажатием клавиш на компьютере человек способен перенести свое виртуальное тело в нужное место и время, с тем чтобы выступать, дискутировать, участвовать в заседаниях, т.е. жить в незримой, но реальной виртуальной сети, а устав, возвратиться домой, откуда, как реальное тело, он и не выходил. Однако и «дом» — это тоже виртуальное пространство, которое мы создаем и стремимся поддерживать вокруг себя в неизменном виде, причем независимо от того, что происходит в окружающем мире.

Виртуальный мир может быть уподоблен сновидению. Внешний мир уже не действует так раздражающе на сознание, и человек может отрешиться от текущих событий. Он может одновременно находиться в рефлексивной позиции и играть роль как самого себя, так и другого, не бояться необратимости и неотвратимости разворачивающегося сценария и в любой момент выйти из тупиковой или жизненно опасной ситуации — «проснуться». В то же время сны проигрывают возможные будущие и прошлые «реальные» события, а настоящее выступает в данном случае как «нереальное». Это отличает состояние сна от бодрствования, где «реальными» кажутся нам лишь настоящие события, а прошлое и будущее скрыто от нас или завесой забвения, или пеленой еще несбывшегося «бытия в возможности», т.е. ощущается как нереальное. Сновидение, хотя и осознается современным взрослым человеком как противоположное реальному, в древних культурах и детском возрасте часто вообще от него не отличимо. Когда ребенок просыпается от страшного сна и в испуге плачет, родители успокаивают его, что это — всего лишь сон. Но сам ребенок без посторонней помощи не может отличить виденное во сне и в состоянии бодрствования. Так же и у древних народов сновидения обладают не меньшей реальностью, чем бодрствование.

Об этом свидетельствует, например, древнеиндийский эпос. Легендарный мудрец Маркандея пожелал узнать тайну сотворения Вселенной в награду за свое благочестие. Едва он помыслил об этом, как неожиданно очутился за пределами мира. В страхе и отчаянии он увидел себя в глубокой тьме, потеряв надежду на спасение. Вдруг он заметил спящего человека, который светился собственным светом, озаряя тьму. Это был

¹ См.: Гуманитарный Интернет // Гуманитарные исследования в Интернете. М., 2000; Войскунский А.Е. Метафоры Интернета // Вопросы философии. 2001. № 11:С. 64—79.

великий бог Вишну, который, когда мудрец приблизился к нему, приоткрыл рот и, вдохнув воздух, проглотил его. Маркандея опять очутился в зримом мире с горами, лесами и реками, городами и селениями и решил, что все виденное им было сном. Он долго странствовал по миру, но нигде не мог найти конца Вселенной. Однажды ему снова привиделся удивительный сон: снова он был в пустоте и безлюдье, где он узнал, что, когда творец засыпает, Вселенная гибнет, когда просыпается, то творит Вселенную заново. Оказавшись в знакомом мире, полном жизни, движения и света, Маркандея уже не знал, что же было сновидением, а что явью. Этот миф очень хорошо иллюстрирует, как в человеческом сознании подчас сложно переплетены сны, грезы наяву и сама окружающая действительность. Сон в древнеиндийской мифологии — это не только средство познания мира, но и обоюдоострое оружие. Насколько «оружие» сновидения — грезить наяву — может быть опасным, показывает случай, приводимый американским историком техники Л. Мамфордом. Девушка из одного африканского племени общалась с духами, которые присоветовали ее племени верный способ прогнать англичан — уничтожить весь скот и зерно, после чего наступит земной рай и изобилие. Все было исполнено в соответствии со сверхъестественными повелениями, и вскоре все племя просто вымерло. Но то, что исполнимо во сне, не всегда сбывается наяву. Именно такого рода опасность возникает для тех, кто всерьез погружается в киберпространство, теряя чувство реальности. В киберпространстве легче выразить то, что при личном общении невозможно или очень трудно психологически высказать, здесь можно сохранить анонимность, возможно исправить то, что в реальной жизни непоправимо. Но, приучившись так «жить» и «действовать», легко утратить способность к нормальному человеческому общению, что часто является причиной бегства от реальности в виртуальный мир.

Как отмечает в своем фундаментальном исследовании информационного общества Мелюхин, в связи с развитием Интернета происходят существенные трансформации в массовом сознании. С одной стороны, Интернет предоставляет огромный выбор информационных продуктов и услуг, и каждый может сформировать информационное поле в соответствии со своими запросами, что свидетельствует о демократизации информационной общественной жизни и чему способствует наличие альтернативных источников информации, ее доступность для больших масс людей. С другой стороны, часть общества, для которой по каким-либо, например экономическим, причинам подключение к сети Интернета невозможно или ограничено, автоматически исключается из дальнейшего общественного функционирования и развития. Кроме того, происходит заметная унификация массового сознания, поскольку в Интернете распространяются одновременно одни и те же новости, часто выраженные в стандартизированной форме, идет пропа-

ганда западного образа жизни, техногенной цивилизации, рекламируются одни и те же группы товаров. Особенно сильно это воздействует на молодежь, что неизбежно приведет к формированию у новых поколений стандартных стереотипов сознания в большей степени, чем у их предшественников. Расширяются возможности манипулирования общественным сознанием, распространения дезинформации, которая облачена в форму, вызывающую доверие посетителей Интернета, повышается уязвимость и зависимость от бесперебойного функционирования сети, особенно при массовом заражении различного рода компьютерными вирусами, червями и т.д., которые могут не только нарушить на долгое время коммуникационную способность, но и разрушить целиком локальные компьютерные сети как индивидуальных пользователей, так и крупных организаций. Компьютеры изменили саму культуру мышления, а Интернет — культуру общения между людьми. Они не только создают невиданные до тех пор удобства и возможности, но и порождают новые психические проблемы у человека, интенсивно работающего с компьютером, связанные, например, с феноменом компьютерного фетишизма.

Это, однако, не умаляет прогрессивного значения новых информационных технологий вообще и Интернета в частности, причем наиболее очевидными их преимущества становятся именно в сфере образования. Открытость сети Интернета для людей всего мира, всех уровней образования и социальных слоев, а также независимо от возможностей индивидуальной мобильности и возраста делает его незаменимым в плане создания новой образовательной среды, дает возможность обучающемуся самостоятельно выбирать с помощью имеющихся поисковых систем из всего многообразия практически неограниченных информационных ресурсов любую информацию, причем почти мгновенно, создавая новую форму дистанционного образования. Через сети Интернета может не только распространяться информация о курсах лекций, семинарах, летних школах, их программах и планах, но и учебные материалы и пособия, а также осуществляться регулярная коммуникация между учениками и преподавателями. Корректировка текстов, рецензирование и даже сдача зачетов и экзаменов не представляет в этом случае большой проблемы. Возможными становятся и интерактивные консультации с преподавателями, отделенными от учеников большими расстояниями, что делает коммуникацию саморефлексивной системой.

3.2.4. Эпистемологическое содержание компьютерной революции

Одной из центральных проблем современной информатики является проблема представления знаний для компьютерных систем, или инже-

нерии знаний. И.А. Алексеева отмечает, что решение такого рода задач связано с выяснением устройства и механизмов функционирования знания, их классификацией, исследованием логических механизмов рассуждения и т.п. Причем с технологической точки зрения задача инженерии знаний состоит в том, чтобы сделать формализованным неформализованное знание эксперта или хотя бы некоторые его фрагменты, оценить технологии его получения, хранения и обработки. С методологической же точки зрения ставится вопрос о влиянии информационной технологии на развитие знания, в том числе на эволюцию его форм и видов, используемых в той или иной профессиональной деятельности.

Что же следует понимать под информацией, данными и знаниями? Г. Бехманн подробно анализирует следующие их определения. Одно из них гласит: если данные организованы, они становятся информацией. Согласно другой точке зрения, информация включает в себя процесс манипулирования, представления и интерпретации данных, поскольку ее цель редуцировать неопределенность и позволит принять решение. Знание, которое может существовать в различных формах — научное знание, суждение или опыт, — также важно понимать не просто как содержание данных, а как активный процесс, включающий в себя способность интерпретировать данные. С точки зрения Ю. Миттельштрасса, информация — это путь и средство, с помощью которого знание транспортируется, поэтому оно становится видимым только через информацию. Информация, которая должна быть не корректной, а вероятной, может репродуцировать знание или незнание, и в этом смысле информационное общество является хронически неинформированным.

Поскольку пользователями информационных систем являются в своем большинстве не профессиональные программисты, то возникает задача организации диалогового режима работы с компьютером на ограниченном естественном языке. Согласно компьютерной лингвистике, которая специально занимается вопросами оптимизации коммуникации между человеком и вычислительной машиной, вопрос выработки языка деловой прозы является не таким простым. Язык — это не столько форма выражения готовых мыслей, сколько средство содержательной организации и представления знаний. Не существует знаний, которые не прошли через голову человека, а само знание представляет собой совместный продукт языка и мышления. Для экспертных систем характерно оперирование «готовым» знанием, поскольку они не могут его производить. Кроме того, человек всегда использует понятия, которым невозможно дать точное научное определение, поскольку огромную роль в них играет также бессознательное. Человеческие знания являются многомерными, и, кроме понятийной формы общения, существует также язык мнемонических изображений, жестов и т.д. Отсюда вытека-

ют большие сложности в проблеме представления знаний для компьютерных систем.

Одним из важных средств такого представления знаний служат различные как общие, так и специальные языки программирования, каждый из которых имеет свои преимущества и ограничения, различные концептуальные средства представления и возможности моделирования, приспособленные к решению конкретных задач и имитации определенных аспектов моделируемой системы. В настоящее время для организации эффективного диалога с компьютером используются технические и программные средства, которые дают возможность облегчить ввод информации и выдачу результатов моделирования. К ним относятся, в частности, специализированные алгоритмические языки моделирования, в каждом из которых тщательно разработана система абстракций, закрепленная в соответствующей концептуальной схеме и представляющая основу для формализации. В них, как и в различных вариантах общей теории систем, в которых в качестве одной из основных целей выдвигается разработка формализованного описания сложных систем независимо от их природы, эта задача во многом решена, разработаны сходные понятия и представления. Жестко заданная система понятий, объем и содержание которых четко определены, облегчает формализацию проблемы, подлежащей решению. В этих понятиях задается образ объекта, детерминированный той или иной математической теорией, интерпретацией которой является данный язык (например, теорией массового обслуживания). Поэтому концептуальный каркас такого языка в значительной степени определяет и область его применения.

Использование алгоритмических языков имитационного моделирования является сегодня также средством математизации многих наук, ранее ей не поддававшихся. Например, в социальных науках, психологии, науках о поведении, где теории традиционно не могут быть настолько же формализованными и точными, как математизированные физические теории, это приводит к экспликации в них теоретических положений и понятий, вскрытию разрывов в аргументации и обосновании теоретических предположений, проведению конструктивной критики этих теорий. Наряду с формализацией имитационные модели выполняют также важную эвристическую функцию, особенно при моделировании динамики различных исследуемых процессов. Даже в случае достаточно тривиальных моделей компьютерное моделирование дает возможность представить результаты исследования яснее, проще и быстрее.

Вместе с тем тотальная компьютеризация порождает множество проблем, которые раньше просто не возникали, например компьютерной этики, связанной с вопросами несанкционированного вторжения в компьютерные базы данных, ответственности за ошибки, допущенные в хо-

де функционирования компьютерных программ, могущие привести даже к катастрофическим последствиям, а также ответственности за информационные загрязнения и вирусные атаки и т.п. Как отмечает К. Митчам, компьютерная этика ставит вопрос о правильном и неправильном использовании информации в информационном обществе. Поскольку информационные системы все в большей степени становятся основой для принятия ответственных решений, то возникает вопрос, а насколько они вообще могут быть морально ответственными. Например, кто может считаться ответственным за неверно поставленный диагноз у пациента, что в экстремальном случае может привести к летальному исходу во время операции, — лечащий врач, эксперты, вложившие ошибочную информацию в память компьютерной системы, или программисты, вызвавшие, вероятно невольно, сбой в программе, хакер, запустивший в сеть вирус, или же сама программа, а может быть, даже внезапно вышедший из строя технический компонент? Ситуация, складывающаяся в каждом конкретном случае, может оказаться безнадежной, а принятие решения — безответственным, что приводит к снятию с человека всякой ответственности, приписываемой информационной системе в целом или отдельному компьютеру, которые, однако, не являются социальными и моральными существами. Ответственность всегда несет человек, работающий с этой системой и вынужденный проводить оценку на основе понимания некоторого текста, представленного на мониторе компьютера. В экспертных системах, по определению И.А. Алексеевой, задача контроля частично решается с помощью вспомогательного текста, предоставляемого системой пользователю в качестве объяснения, что, конечно, не снимает окончательно проблемы доверия к работе компьютера. Тем не менее решение должно быть принято, а часто без компьютерной поддержки это бывает вообще невозможно, в особенности если речь идет о так называемых системах с искусственным интеллектом.

Понятие «искусственный интеллект» — это обозначение области комплексного научно-технического исследования проблем автоматизации интеллектуальной деятельности с целью расширения ее возможностей на основе компьютерной поддержки и освобождения человека от решения рутинных задач. К нему относятся, например, проблемы автоматизации принятия решений, разработки диалоговых систем, машинного перевода, автоматизации исследования, проектирования и имитационного моделирования, создания интеллектуальных банков данных, самообучающихся и экспертных систем, распознавания образов, инженерии знаний, разработки интегральных роботов и т.д. Речь идет не о замене естественного интеллекта искусственным и не о простом копировании соответствующих функций и процедур человеческой деятельности, хотя при этом используются такие антропоморфные понятия, как «память», «интеллект», «знания» и т.п. Однако именно перенос принципа самоорганизации живых си-

стем на сложные технические системы становится основой для создания обучающихся автоматов и вычислительных комплексов, т.е. систем с искусственным интеллектом на основе моделирования информационных процессов и психологических механизмов работы мозга, анализа нейронных сетей, способов представления знаний и т.п.

Интенсивная разработка проблем в этой сравнительно новой области науки и техники происходила в 1970-е гг. В тот период лавинообразно растет число публикаций по данной проблематике, а также национальных и международных конференций, глобальных и частных проектов. Но тогда они еще не имели твердого научного фундамента и привлекали внимание лишь профессиональных кибернетиков. Сегодня же они демонстрируют солидный теоретический базис и множество прикладных результатов как в научной, так и в инженерно-технической области, в космических исследованиях, в экономике, медицине и промышленной сфере. Системы искусственного интеллекта можно уподобить «интеллектуальному верстаку», который должен стать удобным средством усиления интеллектуальных способностей человека.

Основной целью исследований в области искусственного интеллекта является не замена человека машиной, а имитация человеческой мыслительной деятельности для передачи все большего количества рутинной работы компьютерным устройствам с помощью алгоритмизации и формализации ее отдельных фрагментов, при этом человеку остается решение действительно творческих задач. В этой связи возникает и множество философских проблем, например исследования человеческой мыслительной деятельности с целью алгоритмизации отдельных ее фрагментов. Время, когда некоторые философы и кибернетики обсуждали возможность и даже необходимость полной формализации и автоматизации человеческой деятельности, безвозвратно ушло в прошлое. Практика показывает, что формализация и автоматизация деятельности не всегда возможна независимо от уровня развития техники, а часто бессмысленна и экономически неэффективна. Само же выражение «искусственный интеллект» представляет собой метафорическое обозначение данного научного направления, суть которого состоит в усилении интеллектуальной деятельности человека с помощью вычислительных машин. Поэтому попытки сравнения искусственного и естественного интеллектов не имеют конструктивного смысла.

Исследования в области искусственного интеллекта представляют собой одно из важнейших направлений информатики, связанное с поддержанным компьютером моделированием отдельных творческих процессов. В них можно выделить две основные области исследований: во-первых, моделирование работы головного мозга, психических функций для воспроизведения их в новых вычислительных устройствах; во-вторых, развитие компьютеров и программного обеспечения для поддержки отдельных творческих процессов, что принесло многочисленные

прикладные результаты, связанные с имитацией творческой деятельности человека, машинным распознаванием текстов и разработкой вопросно-ответных систем на естественном языке, использованием средств искусственного интеллекта в робототехнике.

Перенос механических свойств и функционирования машины на объяснение живого организма независимо от оценки продуктивности этой исследовательской программы для изучения организма имел следствием их сравнительный анализ, оказавшийся впоследствии весьма продуктивным для развития машинной техники вообще и компьютерной техники и информатики в первую очередь. Некоторые свойства организмов были перенесены на машины, что привело к изменениям в научной картине мира, развитию системных и кибернетических представлений на основе обобщения не только физических и технических, но и биологических моделей действительности. Такие характеристики живых систем, как, например, саморегулирующиеся системы и системы с адаптацией, служат прообразом для создания новых типов технических систем. Способность к обучаемости живых систем становится прообразом создания обучающихся автоматов, а позднее — сложных вычислительных комплексов и систем с искусственным интеллектом: моделирование информационных процессов мозга, анализ нейронных сетей, психологических механизмов работы мозга и создание на этой основе вычислительных систем и программ, экспертных систем, развитие инженерии знаний и т.д. Модель технической системы, взятая из кибернетики и теории систем, в виде поточной системы, через которую протекают потоки вещества, энергии и информации, скорректированная на базе антропотехники, инженерной психологии, эргономики и т.д., как представление о динамической самоорганизующейся системе стала использоваться для описания функционирования человеко-машинных систем, а затем физических систем и даже общества.

3.2.5. Социальная информатика

Что такое информационный век? Что принесет нам информационное общество, в чем его плюсы и минусы? Ведет ли этот путь к демократизации общества или поддержке тоталитарного режима? Эти и другие им подобные вопросы находятся в центре дискуссии об информационном обществе. Г. Бехманн¹, выделяет и анализирует следующие концепции информационного общества.

¹ См.: *Bechmann G. Concept of Information Society and the Social Function of Information // Towards the Information Society. The Case of Central and Eastern European Countries. Berlin u.a.: Springer, 2000.*

1. *Информационное общество как информационная экономика* рассматривается обычно в двух основных аспектах — производственном и профессиональном. «Производственный подход» подчеркивает последовательный переход от сельскохозяйственного к промышленному и от него к информационному сектору экономики как ведущему в современном обществе. «Профессиональный подход» основывается на анализе профессиональной структуры общества, в которой, например, выделяются производители и потребители информации, рассматриваются различные виды работ в информационном секторе экономики, добавившемся к ее традиционным секторам.

2. *Информационное общество как постиндустриальное общество* анализируется в широко известной концепции американского социолога Д. Белла. Если главными принципами промышленного общества являются производство товаров с помощью машин и частная собственность, то для информационного общества — производство и использование информации с помощью интеллектуальных технологий, базирующихся на ее компьютерной обработке, что приводит к росту значения теоретического знания и науки. Однако для Белла главную роль в информационном обществе играет не социальный контроль, а научная подготовка решений, призванная обеспечить максимизацию прибыли, конкурентоспособность и т.п., т.е. оно понимается не как постиндустриальное, а как информатизированное промышленное общество, детерминированное рыночной экономикой.

3. *Информационное общество как общество знания* рассматривается, если акцент делается не только на росте значения теоретического знания, но и на социально детерминированных процессах его распределения и воспроизведения, причем не только научного знания, поскольку кроме науки существуют и другие источники знания, как, например, религиозное откровение, народная мудрость, поэзия и т.д. Однако особое значение получает не само знание, а его недостаток, что часто становится социальным аргументом, особенно в обществе риска, когда онаучивание общества комбинируется с возрастанием его рефлексивности, необходимостью постоянной обратной связи знания с деятельностью. Научное знание, с одной стороны, рационализирует взаимоотношения общества и природы, если речь идет о естественно-научном знании, и культуру общества, если речь идет о знании социальных наук, трансформированных в действия и решения, а с другой — порождает потребность во все новом и новом знании, чтобы преодолеть вновь возникшие опасности, неопределенности и неясности.

4. *Информационное общество* иногда трактуется как *конец массового производства*, поскольку последнее предполагает стандартизацию производства товаров на гигантских промышленных предприятиях, а в качестве доминантной профессиональной группы — промышленных ра-

бочих, занятых в основном ручным трудом. Информационная же экономика, специфическим звеном которой является процесс создания и обработки информации, коренным образом изменяет организационную структуру предприятия. С одной стороны, возникают транснациональные корпорации, свободные от каких-либо национальных ориентации и свободно действующие в международном масштабе, независимо от места их расположения. С другой — под давлением потребителя и международной конкуренции они переходят на рельсы индивидуализированного производства. Именно информационные технологии, создавая основу для такой индивидуализации продуктов, которые состоят из стандартизованных компонентов и могут производиться в массовом порядке, под желания конкретных потребителей, сокращают разрыв между производителем и потребителем. Сбор, обработка и распределение информации становятся важнейшим элементом процесса производства на всех уровнях промышленного предприятия — от организации его работы до фабрикации конкретных товаров и их распределения.

Хотя эти концепции выделяют разные аспекты информационного общества, которые бывает трудно отделить друг от друга, и в данной области пока не существует общей теории, все они признают, что возникающее новое общество вносит изменения в само ядро существовавшей до сих пор социальной структуры и инициирует новый способ производства. Труд и капитал, характерный для промышленного общества, заменяется информацией и знанием как главными ценностями, однако, что еще важнее, создается новый механизм их непосредственного применения в производственной и сервисной сферах, т.е. внимание фокусируется на процессе непрерывного обучения. Еще одной особенностью информационного общества становится создание «виртуального предприятия», не привязанного к определенному месту или даже национальному государству, которое за счет своевременно получаемой и быстро перерабатываемой информации может гибко реагировать на любые запросы потребителя и колебания рынка, самоперестраиваться в соответствии с этими запросами и колебаниями, становясь саморегулируемой системой.

Термин «информационное общество» представляет собой скорее политическую программу, чем теоретическое понятие¹. При этом неявно предполагается, что прогрессивный путь к информационному обществу, по которому движутся сегодня все промышленно развитые государства, должен привести как эти отдельные национальные государства, так и все мировое сообщество в целом к развитию конкурентоспособной в

¹ Этот тезис подтверждается принятием Окинавской хартии глобального информационного общества в 2002 г. и Декларации принципов информационного общества 12.12.2003 г. в Женеве.

глобальном масштабе экономики, созданию новых рабочих мест и решению экологических проблем. Причем считается, что, поскольку информационное общество требует и новых форм активного участия населения в политических решениях, оно автоматически создаст основы для демократического развития и приведет к революции не только в профессиональной деятельности, но и в повседневной жизни. Возможен, однако, и иной тоталитарный сценарий развития информационного общества, при котором с помощью тех же самых компьютерных средств может быть установлен тотальный контроль за распределением и потреблением информации, а также за личностью, вмешательство в частную сферу государства или криминальных структур, установление диктата транснациональных корпораций по отношению к объединениям граждан и даже национальным государствам.

В тоталитарном обществе знания (или информация) распределяются сверху вниз и строго дозировано. Тоталитарно-технократическое общество действует в условиях бесконтрольности и безнаказанности: любая критика поддерживаемых государством технических и хозяйственных проектов со стороны общественности и прессы рассматривается как нарушение государственной тайны и выступление против общегосударственных интересов. Любое централизованное авторитарное государство исходит из того, что большинство граждан не способно само нести ответственность за свои мысли и действия. Поэтому из числа привилегированного меньшинства создается слой менеджеров, призванный принимать решения за остальное общество, в том числе и в плане выбора направлений технологического развития. Однако создание атмосферы секретности или псевдосекретности, имеющее следствием ограничение доступа к информации, приводит к невозможности тотальной компьютеризации общества, организации эффективного оперирования с информацией. Именно свободный доступ к информации ведет к разрушению тоталитарной системы и уничтожению основы для доминирования технократии, поскольку основой их является исключительное право правящей элиты на владение недоступной другим информацией, которая циркулирует по так называемым закрытым каналам. По открытым же каналам циркулирует или неполная или вообще фальсифицированная информация. Такая ситуация, однако, чревата потерей даже высшими эшелонами власти информирования о реальном положении дел в обществе. Только свободное движение информации в обществе и ее постоянная критическая оценка самим обществом обеспечивают условия для появления нового информационного общества в результате компьютерной революции.

Информационное общество зачастую характеризуется в качестве новейшей технологической революции техническими факторами и разработками в области программного обеспечения. Однако такое описание информационного общества не может ничего сообщить о социальных ус-

ловиях и следствиях этого развития, поскольку пытается определить через результаты применения информационных технологий суть возникших в информационном обществе феноменов. Более конструктивными являются те теории, которые пытаются выявить культурные следствия производства, распределения и обработки информации, ставшие конституирующими условиями тех социальных структур, которые возникли в промышленно развитых странах под влиянием компьютерной революции. Это, в свою очередь, вызывает дискуссии, каким образом новое значение информации должно оцениваться с точки зрения общества. Однако вне общества не существует никакой высшей инстанции, которая планирует или контролирует его, поскольку социальные системы развиваются как самореферентные, т.е. наблюдение и описание, планирование и контроль за обществом производится самим этим обществом, являющимся одновременно и объектом и субъектом собственной деятельности. Поэтому развитие информационного общества должно рассматриваться одновременно и как результат его естественной эволюции и как следствие политической воли, выраженной самим этим обществом.

Все, что является социальным, согласно концепции Н. Лумана¹, идентифицируется как коммуникация, которая представляет собой неподдельно социальное и совместно социальное действие, поскольку предполагает множество сотрудничающих систем сознания и не может быть приписано ни одному индивидуальному сознанию в отдельности, а нечто, функционирующее как коммуникация, является обществом, т.е. коммуникация может быть произведена лишь в сети коммуникаций. Социальные системы образуются исключительно благодаря коммуникации, причем исторически первым импульсом для возникновения особых символизированных средств коммуникации стало изобретение и распространение письменности, которая необъятно расширила коммуникативный потенциал общества и вывела его за пределы интеракции непосредственно присутствующих. Сознание и коммуникация как бы заранее настроены друг на друга, функционируют, «незаметно» координируясь, что отнюдь не исключает идентификации и персонификации участников коммуникации, а их регулярная структурная стыковка возможна благодаря языку. Системы коммуникации стыкуются, таким образом, только с системами сознания, которые препятствуют влиянию на нее совокупной реальности мира, что привело к развитию системы, реальность которой состоит в оперировании с одними только знаками. Даже если по разным причинам многие не принимают участие в данный момент в коммуникации, то все равно число одновременно совершающих эти операции настолько велико, что возможность эффективной координации между ними и достижение согласия исключены. Поэтому

См.: Луман И. Теория общества. М., 1999.

система коммуникации необходимо основана на себе самой и лишь сама собой может руководить.

Следующей после языка и письменности ступенью развития коммуникаций является формирование коммуникационной сети Интернета, более существенно расширяющей возможности коммуникации и число включенных в нее индивидов по сравнению с коммуникацией «лицом к лицу». Техника, однако, как техническая аппаратура представляет собой лишь данность внешнего окружения коммуникационных систем, причем технизация коммуникации, подчеркивает Луман, сама требует контроля ошибок, наблюдения за ее функционированием и социального контроля. Машинная техника прошлых двух столетий, основывавшаяся на концепции экономии энергии и получения выигрыша во времени, т.е. облегчения работы и ускорения транспортировки вещей и тел, привела к развитию массового производства и крупных предприятий. Компьютерная же техника является реализацией совершенно иной концепции, поскольку представляет собой «невидимую машину», которая во время ее использования может преобразовываться каждый раз в другую машину. Процессы, происходящие «в глубине» компьютера, невидимы пользователю, а зримые (на мониторе или в виде распечатки) результаты достигаются через внешние команды. Это изменяет возможности самой постановки проблем и аргументации и ведет к почти безграничной технизации рабочих процедур, и не только на уровне производства предметов, но и на уровне управления производственными и другими процессами. Применение современной компьютерной техники, особенно в больших технических системах, ведет, однако, не только к позитивным результатам, но и к увеличению рисков их функционирования. Поэтому современное общество, как никакое до сих пор существовавшее, становится зависимым от техники.

Компьютерные системы могут быть, конечно, соединены друг с другом и обмениваться в форме «данных» результатами своей работы. Но не в этом заключается собственный смысл коммуникации. По Луману, каждая отдельная коммуникация, если она понята, может быть принята или отклонена с использованием соответствующих средств убеждения, которые активизируются только в самой социальной системе. Общество сформировано исключительно продолжающейся коммуникацией, а мир является закрытым, коммуникативным комплексом. В принципе, любая точка на земном шаре доступна для коммуникации, несмотря на все технические, политические или географические препятствия, а мировое общество — это самоокончателность мира в коммуникации. Именно коммуникация представляет собой операцию, которая наделена способностью к самонаблюдению. Каждая коммуникация должна одновременно и сообщать, что она есть коммуникация, и помечать, кто что сообщил, чтобы могла быть определена подсоединя-

ющаяся к ней коммуникация, а также иметь возможность устанавливать, должна ли последующая коммуникация реагировать на сомнение в информации, на предполагаемые намерения отправителя сообщения, например ввести в заблуждение, или на трудности понимания. Сложная система при этом может от наблюдения своих операций перейти к наблюдению своего наблюдения, т.е. самой системы. Таким образом, общественная организация — это и не машина, и не организм, а особая самореферентная социальная система, контролирующая сама себя, но не контролируемая ничем извне. Поэтому компьютерные и коммуникационные системы и сети лишь создают условия для более оптимального функционирования социальной коммуникации, как, впрочем, и для возникновения новых рисков, но они не могут подменить существующее общество какими-то иными, несоциальными структурами. Информационное общество следует понимать как очередную стадию развития современного общества, достижимую с помощью этих новых технических средств, а не как обособившееся от общества и существующее вне его и над ним киберпространство.

Таким образом, свободный доступ к информации и участие населения в обсуждении крупных технократических проектов, с одной стороны, создает условия для преодоления господства технократии и экспертократии. Но, с другой стороны, появляются новые возможности возрождения технократического мышления в электронном обществе: манипулирование общественным мнением через электронные средства массовой информации, спекуляция на «чувствах» среднестатистического гражданина и доверия к науке и средствам массовой информации, подтасовка фактов и создание иллюзии «научного» обоснования и т.п. В то же время в информационном обществе осознается необходимость и возможность борьбы с этими технократическими тенденциями с помощью этих же мультимедийных средств, просвещения населения и гуманитарного образования, организации институтов относительно независимой оценки техники и проведения системной оценки техники и осуществления междисциплинарного прогнозирования ее развития.

Вопросы для самопроверки

1. Информатика в системе современной науки, ее предмет и этапы становления.
2. Понятие информации в контексте теории информации, кибернетики, теории систем и синергетики.
3. Понятия киберпространства и виртуальной реальности.
4. Моделирование и вычислительный эксперимент как ядро информатики.
5. Искусственный интеллект и инженерия знаний.

6. Основные концепции и характеристики информационного общества; информационное общество как информационная экономика, постиндустриальное общество, общество знания и конец общества массового производства.

7. Концепция информационной безопасности, компьютерная и информационная этика.

8. Социальная информатика — особенности и задачи; проблема личности в информационном обществе.

9. Распространение информационных и коммуникационных технологий во все сферы общественной и частной жизни, понятие и особенности компьютерной революции.

Темы рефератов

1. Становление информатики как междисциплинарного направления; кибернетика, теория информации и системный подход.

2. Эволюция понятия информации, информация и управление; информатика и синергетика.

3. Информационное общество и компьютерная революция: основные этапы развития.

4. Имитационное моделирование и компьютерный эксперимент в современной науке и технике (методологический аспект); проблема представления знаний для компьютерных систем.

5. Понятие «искусственный интеллект» как обозначение области комплексного научно-технического исследования проблем автоматизации интеллектуальной деятельности.

6. Интернет как инструмент новых социальных технологий, как информационно-коммуникативная среда науки и как глобальная среда непрерывного образования.

7. Роль информационных технологий в социальной коммуникации, сетевое общество и виртуальная реальность.

Литература

- Алексеева И.А.* Идея интеллектуальной технологии // Традиционная и современная технология (философский анализ). М., 1998.
- Алексеева И.А.* Человеческое знание и его компьютерный образ. М., 1992.
- Гуманитарные исследования в Интернете. М., 2000.
- Кастельс Э.* Информационная эпоха. Экономика, общество и культура. М., 2001.
- Кибернетика. Становление информатики. М., 1986.
- Мелюхин И.С.* Информационное общество: истоки, проблемы, тенденции развития. М., 1999.
- Ракитов А.И.* Информация, наука, технология в глобальных исторических изменениях. М., 1998.
- Чернавский Д.С.* О генерации ценной информации // Синергетическая парадигма. Многообразие поисков и подходов. М., 2000.
- Чернавский Д.С.* Синергетика и информация. М., 2001.