

В.Г. ГОРОХОВ

ЗНАТЬ, ЧТОБЫ ДЕЛАТЬ

**(ИСТОРИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ПРОФЕССИИ
И ЕЕ РОЛЬ В СОВРЕМЕННОЙ КУЛЬТУРЕ)**



**Издательство «Знание»
Москва 1987**

ББК 30
Г70

Автор: ГОРОХОВ Виталий Георгиевич — доктор философских наук, специалист в области методологических проблем науки и техники. Автор более семидесяти научных работ и монографий «Методологический анализ системотехники» и «Методологический анализ научно-технических дисциплин».

Рецензенты: А. Н. Боголюбов — член-корреспондент АН УССР, доктор технических наук; Г. Л. Смолян — кандидат философских наук.

Горохов В. Г.

Г70 Знать, чтобы делать: История инженерной профессии и ее роль в современной культуре. — М.: Знание, 1987. — 176 с.

35 к.

100 000 экз.

Техника уходит своими корнями в далекое прошлое. Однако когда же возникла инженерная профессия и каково ее место в современной культуре? Именно рассмотрение исторической эволюции инженерной деятельности позволяет ответить на этот сложный вопрос. Автор книги рассказывает о древних и современных основах технической деятельности, изменении соотношения техники и науки в истории развития общества, о возникновении и развитии инженерной профессии.

Книга рассчитана на широкий круг читателей.

Г 2101000000—131 9—87
073(02)—87

ББК 30

© Издательство «Знание», 1987 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

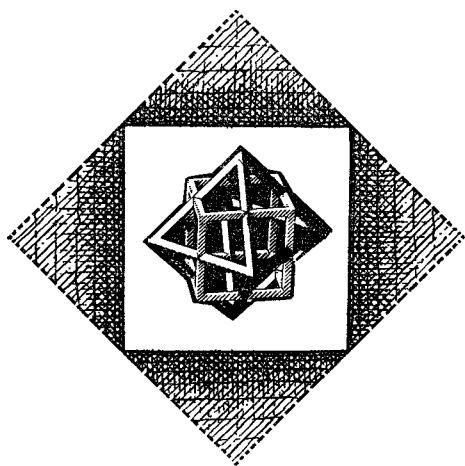
Книга Виталия Георгиевича Горохова, специалиста в области методологии технических наук и инженерной деятельности, посвящена очень актуальной в условиях ускорения научно-технического прогресса теме — истории инженерной деятельности и ее роли в современной культуре. Книга выполняет важную функцию — дает четкое и целостное представление об инженерной деятельности, ее предыстории и основных этапах развития, соотношении научной и технической деятельности. Такой взгляд на инженерную профессию становится сегодня необходимым прежде всего для повышения престижа инженерной профессии, занимающей ключевое место в научно-техническом прогрессе.

Книга В. Г. Горохова имеет и большое воспитательное значение. На примерах из истории науки и культуры в ней даются образцы высоконравственного отношения инженера и ученого к своей профессии, к общечеловеческим ценностям и гуманистическим идеалам. После ее прочтения рельефно вырисовывается сама суть инженерной деятельности в целом и отдельных ее видов и сфер, высокая и важная миссия инженера в современном обществе — быть проводником передовых идей в производстве. Все то, что создано трудом и по замыслам инженеров, как великих, так и рядовых, должно служить людям и на благо людей. Эти заложенные в глубинный смысл инженерной профессии еще в эпоху Возрождения идеалы и нормы инженерного мышления, основанного на научном мировоззрении, наиболее полно реализуются именно в социалистическом обществе, историческое призвание которого состоит в том, чтобы обеспечить «быстрый рост народного благосостояния и всестороннее развитие человека».

Книга В. Г. Горохова увлекательна и информативна. Она несомненно будет полезна не только тем, кто еще выбирает свой путь в жизни, и будущим инженерам — студентам технических вузов, но и опытным инженерам для выработки целостного представления о своей сложной и многогранной профессии.

В. В. РЖЕВСКИЙ, академик

ИНЖЕНЕРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ — ТЕХНИКА+НАУКА!



Инженерная деятельность занимает одно из центральных мест в современной культуре. Действительно, все, что сегодня окружает нас,— высотные дома и автомобили, вычислительные устройства и космические корабли, электростанции и каналы, железные дороги и самолеты — было бы невозможно без ее достижений. Но если спросить инженера, что такое инженерная деятельность, на этот вопрос ответит не каждый представитель этой профессии.

Во многих словарях и справочниках инженер определяется как специалист с высшим техническим образованием. Но на самом деле образование тогда дает ему право достойно носить звание инженера, когда он действительно включен в инженерную деятельность, творчески применяет знания, приобретенные им в высшей школе и приобретаемые после ее окончания, когда он становится творцом новой техники, конструктором или технологом, нестандартно мыслящим проектировщиком, испытателем, эксплуатационником, наконец, умелым организатором производства. Инженер должен уметь нечто такое, что нельзя охарактеризовать только словом «знает», он должен обладать еще и особым типом мышления, отличающимся и от обыденного и от научного.

Право называться инженером дается не только дипломом об окончании высшего технического учебного заведения. Многие инженеры лишь по диплому перестают совершенствовать свои знания сразу после окончания вуза. Да и в ходе учебы они считают, что гуманитарное, а часто и вообще научно-теоретическое образование им не нужно, не пригодится на производстве. Инженер представляется им узким специалистом-умельцем, ограниченным лишь знанием техники. Но какую же культуру (в том числе научную и инженерную) может нести на производство такой специалист, если во многих общих вопросах он менее образован, чем современный высококвалифицированный рабочий? Инженер особенно сейчас, в условиях ускорения научно-технического прогресса, обязан быть всесторонне образованным, высококультурным человеком, имеющим передовое научное мировоззрение. Без этого невозможна реализация его сложной миссии — быть проводником передовых научных идей в производстве, без этого невозможно его нравственное отношение к технике и работающим с ней людям. Осознать необходимость этого может помочь и знание истории развития человеческой культуры, в частности истории инженерной профессии. Ей и посвящена данная книга.

Прежде чем обратиться к главному предмету нашего разговора, следует уточнить несколько терминологических и общетеоретических вопросов. Что означает слово «техника»? Как и когда возникло слово «инженер» и сама инженерная деятельность как профессия? Чем различаются техническая и инженерная деятельности?

Слово «техника» имеет несколько значений. Например, оно может быть истолковано как мастерство, умение, сноровка, т. е. система определенных навыков, выработанных для любого использования. В более узком смысле техникой называются средства, с помощью которых человек оказывает воздействие на природу, т. е. это изготовление предметов, искусственное воспроизводство процессов и явлений.

Под техникой часто понимают набор различных технических средств: инструментов, машин, аппаратов, устройств и т. д., используемых в производстве или в повседневной жизни. Техника рассматривается как специфическая человеческая деятельность — техническая деятельность, посредством которой человек выходит за пределы ограничений, налагаемых его собственной

природой. Другими словами, техника — не только продукт, но и процесс его изготовления.

Техника — это также система технических знаний, включающих в себя не только научные, но и различные конструктивные, технологические и другие подобные знания и эвристические приемы, выработанные в ходе технической практики, то, что в англоязычной литературе называется *technology*.

Современная техника тесно связана с наукой. Но в одних областях техники высокий уровень с самого начала был совершенно невозможен без соответствующей теоретической базы, другие же первоначально основывались больше на практически испытанных, унаследованных правилах, на опыте, чем на научных знаниях. В этих случаях техника ближе к ремесленным традициям, чем к научному творчеству.

Слово «техника» восходит к греческому «*téchne*» и латинскому *ars*, которое обычно переводится как искусство, мастерство, сноровка и является производным от индоевропейского корня *tekhn*, означающего «плотническое искусство» или «строительство». В нефилософской античной литературе слово *téchne* использовалось для обозначения делания, мастерства, ремесла различного рода. В работах древнегреческих философов *téchne* рассматривалось не только как деятельность особого рода, но и как вид знания. Западногерманский ученый Шадевальд возводит этимологию слова «техника» к греческому «*téchne*», от которого в греческом языке образовалось прилагательное *technikon*, а от него латинское *technica ars*. Это слово затем перешло во французский язык, в котором в период необычайной технической активности в течение XVII в. появился термин *technique*, перешедший в начале XVIII в. в немецкий язык как *Technik*. Как отмечает американский исследователь в области философии и истории техники Митчем, английский термин *technology* имеет иную этимологию — от греческого *technologia*. Он считает, что в других европейских языках этот термин никогда не достигал такого распространения, как в английском языке.

Родственным слову «техника» считается слово «инженер». Оно произошло (русское от французского *ingenieur*, а оно от итальянского *ingegnere*) от латинского корня *ingeniare*, что означает «творить», «создавать», «внедрять». К нему близки по значению русские слова «изобретательный», «искусный», «хитроумный». Слово *ingenious* было впервые применено к некоторым воен-

ным машинам во II в. Человек, который мог создавать такие хитроумные устройства, стал называться *ingeniator* — «ингениатор» (изобретатель). Также и слово «механик» в первом своем значении применялось к искуснику, изобретателю, создателю машин, а «машина» — к ухищрению. Древнерусские книжники так первоначально и переводили это слово — «механикос», «ингениатор», «хытрец».

В сочинении «Разговор двух приятелей о пользе науки и училищах» В. Н. Татищев, поясняя латинское слово «ингениум», писал: «И которые люди острый смысл имеют, те способны на стихотворство и шутки, в ремеслах же, особливо к механике и всяким хитрым вымыслам...» [83, с. 57]. Такое понимание связано еще и с тем, что первые инженеры много внимания уделяли конструированию увеселительных механизмов и автоматов. Да и само слово «машина» (на Руси первоначально «машина») было заимствовано из древнегреческой театральной практики и обозначало подъемную машину, употребляемую в театре. Всем хорошо известно ставшее афоризмом высказывание: «*Deus ex machina*» («Бог из машины»). В древнегреческом театре бог обычно появлялся сверху с помощью особой театральной машины и разрешал все возникшие в ходе спектакля сложные ситуации. В этом же смысле в переводе книги Полидора Вергилия «Об изобретателях вещей» (1782 г.) говорится: «Итак Иоанн Гутенберг уроженец Тевтонский... сие искусство для печатания изобрел...» [96, с. 78].

Инженерная деятельность сначала носила в основном военный характер — инженер руководил созданием военных машин и фортификационных сооружений. Таким инженером был, например, Леонардо да Винчи. Энгельс писал о нем: «Леонардо да Винчи был не только великим живописцем, но и великим математиком, механиком и инженером...» [1, т. 20, с. 346]. До этого времени инженер и архитектор практически не различались — это тот, кто руководит созданием сложных искусственных сооружений. Различие между военным и гражданским инженерами стало проводиться позднее. Впервые стал называть себя гражданским инженером известный английский инженер Джон Смитон (1724—1792).

В XIX в. с развитием машинного производства появились многочисленные инженеры-механики. Это событие ключевое для формирования понятия «инженер» в современном смысле. С возникновением инженеров

по профессии как людей с научно-методической подготовкой и техническими навыками, реализуется идея единства науки и практических искусств, которая ранее рассматривалась лишь как идеал.

В XX в. инженерия разделилась на множество отраслей и подотраслей: физическая (электрическая, механическая, радио и т. п.), химическая, биохимическая (например, фармакология) инженерия, информационная и вычислительная техника представляют собой лишь некоторые ее разделы. Но для них всех характерно одно: инженер — это не тот, кто действительно делает искусственный объект, а тот, кто управляет процессом его создания, планирует или проектирует сложную техническую систему.

Следует различать инженерную и техническую деятельность как в плане современной кооперации деятельностей, разделения труда, так и в историческом плане. Современная техническая деятельность по отношению к инженерной несет на себе исполнительскую функцию, направленную на непосредственную реализацию в производственной практике инженерных идей, проектов и планов. В историческом же плане инженерная деятельность выделилась на определенном этапе развития общества из технической деятельности, которая присуща человеческому обществу на самых ранних его стадиях и связана с изготовлением орудий.

Инженерная деятельность возникает тогда, когда изготовление орудий уже не может основываться только на традиции, ловкости рук, смекалке, а требует ориентации на науку, целенаправленное использование для этого научных знаний и методов. К. Маркс отмечал, что только при капиталистическом способе производства «впервые возникают такие практические проблемы, которые могут быть разрешены лишь научным путем. Только теперь опыт и наблюдения — и настоятельные потребности самого процесса производства — впервые достигли такого масштаба, который допускает и делает необходимым применение науки... в то время как на прежних ступенях производства ограниченный объем знаний и опыта был непосредственно связан с самим трудом, не развивался в качестве отделенной от него самостоятельной силы и поэтому в целом никогда не выходил за пределы традиционно пополняемого и лишь очень медленно и понемногу расширяемого собирания рецептов. (Эмпирическое овладение тайнами каждого ремесла). Рука и голова не были отделены друг

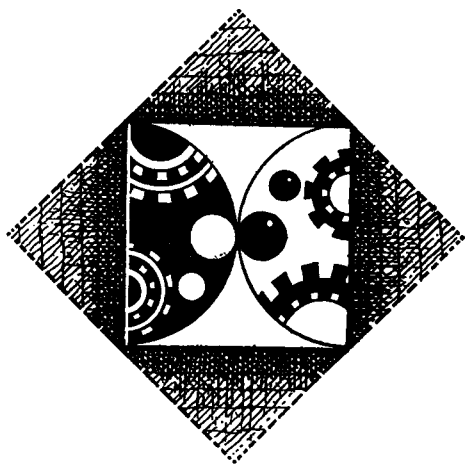
от друга» [1, т. 47, с. 554]. Теперь именно инженерная деятельность занимает промежуточное место между исполнительской технической деятельностью и научной.

Как всякое общественное явление, инженерная деятельность имеет вполне определенные исторические рамки, связанные с основными этапами развития человеческого общества. Ее предыстория разворачивается в недрах технической деятельности длительного периода ремесленного производства (первобытное общество, античное рабовладельческое общество, средневековое феодальное общество). Именно в условиях раннего капиталистического общества создаются объективные условия для того, чтобы инженерная деятельность постепенно стала особой профессией, характеризующейся ориентацией на научную картину мира и целенаправленное и регулярное применение в технической практике научных знаний.

По этому поводу В. И. Ленин писал: «Три основные формы промышленности... отличаются прежде всего различным укладом техники. Мелкое товарное производство характеризуется совершенно примитивной, ручной техникой, которая оставалась неизменной чуть ли не с незапамятных времен... Мануфактура вводит разделение труда, вносящее существенное преобразование техники... Но ручное производство остается... Только крупная машинная индустрия вносит радикальную перемену, выбрасывает за борт ручное искусство, преобразует производство на новых, рациональных началах, систематически применяет к производству данные науки» [2, т. 3, с. 543—544].

С развитием массового машинного производства в науке формируется и особая сфера технических наук, специально ориентированных на решение инженерных задач в различных областях инженерной практики. Происходит прогрессивная дифференциация инженерной деятельности по отдельным отраслям и обслуживающим их техническим наукам, которая на современном этапе с необходимостью приводит к их интеграции.

ПРОБЛЕМЫ И ПАРАДОКСЫ СОВРЕМЕННОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ



Современный этап инженерной деятельности характеризуется системным подходом к решению сложных научно-технических задач, обращением ко всему комплексу общественных, естественнонаучных, математических и научно-технических дисциплин. Обособление проектирования и экспансия его в смежные области, связанные с решением экологических, биотехнологических и социотехнических проблем, привели к кризису традиционного инженерного мышления и развитию новых форм проектной культуры, системных и методологических ориентаций современной инженерной деятельности, выходу ее на гуманитарные методы познания и освоения действительности. Например, для создания автоматизированных систем управления предприятиями или отраслями промышленности (АСУ) уже недостаточно традиционно используемых в инженерной деятельности знаний технических и естественных наук.

В процессе внедрения АСУ возникает множество социально-экономических и социально-психологических проблем, которые не могут быть разрешены на уровне здравого смысла и обыденного сознания. Для их разработки требуются особые социально-экономические, социологические, социально-психологические исследо-

вания. А пренебрежение ими приводит к снижению эффективности таких систем. Конкретные социальные условия функционирования последних должны учитываться на стадии проектирования.

В то же время инженерная практика оказывает и обратное влияние на развитие более специализированных общественнонаучных дисциплин или их разделов, непосредственно ориентированных на ее нужды (так, например, в последнее время возникли методы системного и сетевого социально-экономического анализа и программно-целевого планирования и управления, экономико-математические и другие инженерно-экономические методы).

В связи с усилением влияния науки на все сферы жизни общества, необходимостью решения комплексных научно-технических проблем в настоящее время постепенно формируется новый стиль инженерно-научного мышления. Сегодня старые ценностные ориентации научной и инженерной деятельности часто приходят в противоречие с общей гуманистической направленностью социального прогресса. Распространение данных ориентаций на новые области, например социальной и биологической инженерии, порождает много, по сути, социальных проблем: охраны окружающей среды, этики ученых, прогнозирования социальных последствий научной и инженерной деятельности, которые могут оказаться необратимыми, и т. д. Все это требует перестройки традиционного стиля работы и способа мышления современного ученого и инженера.

Такая перестройка началась уже сейчас и в области теории, и в сфере практики. Она связана с развитием более широкого, системного подхода к изучению и проектированию сложных объектов, главным требованием которого является необходимость учета самых разнообразных факторов и последствий научного и инженерного действия.

В современной культуре инженерная деятельность играет все более существенную и важную роль. Не только результаты инженерной деятельности повсюду окружают нас, нормы и методы инженерного мышления проникают в научную, социальную и даже гуманитарную сферы. Появляются социально-инженерные разработки, биотехнология, инженерно-экономические методы и т. п. Они влияют и на сферу медицинской практики — через медицинские приборы и фармацевтическую промышленность. Инженерная деятельность оказывает

огромное воздействие и на окружающую человека природную среду не только на региональном уровне, но и в масштабе всей планеты.

Во второй половине XX в. воздействие научно-технического прогресса на общество и природу становится глобальным. Это вызывает целый ряд сложнейших экологических проблем. И хотя при социализме складываются объективные условия гармонизации отношений между обществом и природой, именно в силу планового характера социалистической системы хозяйствования многое зависит от эффективности конкретных мер, направленных на исключение деятельности, ухудшающей экологическую ситуацию.

Разумеется, огромную роль в решении этих задач играют не только инженеры, но и руководители производства, управленческий персонал, поскольку ускорение научно-технического прогресса предъявляет высокие требования к организации управления на всех уровнях народного хозяйства. Это связано также с важной проблемой наведения порядка и дисциплины на производстве, на что неоднократно указывалось в партийных документах. Все это означает, что инженер не просто технический специалист. Он имеет дело и с природой — основой жизни общества, и с другими людьми. Современная инженерная деятельность выдвигает поэтому и проблему социальной ответственности, интеллектуальной честности и профессиональной этики.

В результате инженерной деятельности создано многое, без чего немыслима цивилизация наших дней. Инженеры и конструкторы сделали реальным то, что казалось сказочным и фантастическим и чему теперь мы перестали удивляться (полеты человека в космос, телевидение и т. п.). Но они разработали и изощренные технические средства уничтожения людей. И хотя сама техника этически нейтральна, инженер не может оставаться равнодушным к ее вредоносному использованию. Еще великий Леонардо да Винчи был всерьез обеспокоен возможным нежелательным характером использования его изобретений. Развивая идею аппарата подводного плавания, он писал: «Каким образом человек с помощью машины может оставаться некоторое время под водой. И почему я не решаюсь описывать мой метод пребывания под водой и то, как долго я могу оставаться без пищи. И о том, что я не хочу опубликовать и предать гласности это дело из-за злой природы человека, который мог бы использовать его для совершения

убийств на дне морском путем потопления судов вместе со всем экипажем» [8, с. 132]. Это пример высокой морали, оставленный Леонардо да Винчи будущим поколениями инженеров.

Но гуманистическая или антигуманистическая ориентация инженера может выражаться не только в столь экстремальном использовании продуктов его труда, но и в бережном или безразличном отношении его к обслуживающим и пользующимся техникой людям, окружающей природной среде. Изначальная цель техники и технической деятельности — приносить пользу человеку. И этот принцип должен соблюдаться в большом и малом. Можно ли назвать позицию инженера нравственной, если он не позаботился, насколько это от него зависит, об удобстве пользования, комфортности, экологичности, бесшумности, безопасности и т. д. созданной им конструкции, сооружения, машины? Даже если созданы они усилиями огромных коллективов специалистов, моральная ответственность каждого инженера за все изделие в целом ничуть не уменьшается.

Необходимость преодоления все увеличивающегося расстояния между производителем и потребителем, которое образовалось в современном обществе, порождает и настоятельную необходимость возвращения к некоторым отработанным веками ценностям ремесленного производства, но на принципиально новом, научном уровне. Ремесленник, как известно, ориентировался непосредственно на потребителя.

Есть и еще одна важная сторона этой проблемы. Как известно, многие современные массовые технологии, например в пищевой, фармацевтической промышленности, сельском хозяйстве и т. д., часто приводят к губительным для человека и природы последствиям.

Все это требует тщательного исследования древних технологий производства пищевых продуктов, лекарств, сельскохозяйственных продуктов и т. д., которые хотя и не были основаны на научных знаниях, но отрабатывались человечеством в течение многих столетий. Поэтому бытовавший долгое время взгляд «свысока» на историю техники и технологии, на достижения древних в этой области, порожденный иллюзиями всемогущества «технической цивилизации», сегодня уступает место вдумчивому научному анализу этих достижений.

Так же как и интеллектуальная честность ученого, профессиональная этика истинного инженера не позволит ему, например, выдать чужое изобретение за соб-

ственное. Маркс следующим образом характеризовал моральный облик английского предпринимателя в области текстильной промышленности Аркрайта, цирюльника, занявшегося изобретательством и присвоившего себе ряд чужих патентов: «Кто знаком с биографией Аркрайта, тот никогда не даст этому гениальному цирюльнику названия «благородный». Из всех великих изобретателей XVIII века это был бесспорно величайший вор чужих изобретений и самый низкий субъект» [1, т. 23, с. 435].

Сегодня особенно актуальными становятся проблемы социальной ответственности инженеров и проектировщиков, не только перед заказчиком, но и перед обществом в целом. Пока философы и представители различных наук лишь рассуждают о том, как лучше перестраивать окружающий нас мир, инженеры и проектировщики практически перестраивают его, и не всегда наилучшим образом, а часто и во вред человеку, обществу и даже всему человечеству. «Научно-технический прогресс неизмеримо увеличил техническое могущество человечества. Частица этого могущества вверяется ныне инженеру, конструктору, ученому. Как он распорядится ею, сделает ли правильный выбор, когда обстоятельства потребуют этого?

Это вопрос вопросов. И он, несомненно, зависит от мировоззренческой ориентации специалистов...» — подчеркивалось на Всесоюзном совещании заведующих кафедрами общественных наук [5, с. 1].

При всей важности науки и постоянном повышении ее роли в жизни современного общества следует помнить, что одной наукой не исчерпывается все многообразие современной культуры. Науки, а тем более лишь естественные и технические науки — не панацея, они не могут решить всех проблем, стоящих и встающих перед обществом. Хотя результаты научных исследований, в том числе и социальных, жизненно важны для принятия правильных политических, народнохозяйственных, социально-технических и других решений, но само их принятие остается за обществом, особенно если это касается многих или всех его членов.

Необходимо, чтобы, во-первых, такие решения обсуждались всенародно, а не были результатом келейных или волюнтаристских решений, пусть даже подкрепленных некоторыми данными науки, и, во-вторых, чтобы к их обсуждению были привлечены инженеры и ученые различных направлений и школ, и не только сторон-

ники данного проекта, но и противники его, не только представители естественных и технических, но и общественных наук. К таким проблемам относятся, например, экологические проблемы, поскольку от их своевременного и дальновидного решения зависит жизненное пространство многих людей сегодняшнего дня и последующих поколений.

Это проблемы не только специалистов (ученых и инженеров), но и людей, живущих на земле, где расположена шахта, карьер, завод, АЭС, где планируется искусственное море или канал, от строительства которых могут пострадать не только природа, но и памятники культуры.

Никакие ссылки на государственную, экономическую или техническую целесообразность и высшие научные интересы не могут оправдать морального и материального ущерба, который может быть нанесен человеку. «Человек — истинная мера всех вещей» — так 2400 лет назад древнегреческий мыслитель Протагор сформулировал принцип подлинного гуманизма. Сегодня он приобретает особую значимость. И не только в плане предотвращения ракетно-ядерной войны, но и в нашей обыденной повседневной жизни, а именно в плане последовательной реализации принципов социальной справедливости, заботы о ближнем, социальной ответственности каждого перед людьми, обществом и человечеством в целом, за качество результатов своего труда, за свой образ жизни и деятельность (особенно если эта деятельность связана со здоровьем и жизнью людей), максимального развития духовных способностей каждого человека.

Апрельский (1985 г.) Пленум ЦК КПСС со всей силой подчеркнул необходимость повышения престижа инженерной профессии, играющей ключевую роль в ускорении научно-технического прогресса. И действительно в последнее время происходила известная девальвация профессии инженера, зачастую принижались его функции, низко оплачивался его труд. Поэтому значительная часть способной молодежи неохотно поступала в технические вузы. На совещании в ЦК КПСС (1985 г.) по вопросам ускорения научно-технического прогресса отмечалось, что многие ученые «выражают обоснованную тревогу за состояние подготовки научной смены, падение престижа инженеров, сокращение притока талантливой молодежи в сферу технической и научной деятельности» [4, с. 30].

В немалой степени это связано и с тем, что сегодня инженерными называют многие виды труда, которые таковыми по сути своей не являются. Появилось огромное количество должностей, получивших название инженеров, но не имеющих никакого или имеющих мало отношения к собственно инженерной деятельности (инженер ЖЭКа, инженер по технике безопасности, снабжению, кадрам и т. д.).

Однако дело не только в названии. Многие инженеры по диплому, хотя и занимают инженерные должности, становятся действительно инженерами лишь проработав несколько лет на заводе, в конструкторском бюро, научно-исследовательском институте, проектной организации. Некоторые из них уходят в неинженерные области, так как выполняемая ими повседневная работа не соответствует их представлениям об инженерной деятельности как профессии творческой. Зачастую инженеры меняют работу из-за низкой оплаты их труда. Сейчас в этом направлении принимаются определенные конкретные социально-экономические меры (проводятся, например, эксперименты по введению коллективного подряда, осуществляется переаттестация инженерных кадров). Но нужны более решительные и кардинальные действия, в том числе резкое сокращение численности инженеров за счет их качественного роста и придания их деятельности подлинно творческого характера.

Конечно, увеличение оплаты инженерного труда — также необходимая мера для повышения престижа инженера в обществе. Но само по себе это еще не решает проблему. Инженер с первых дней профессиональной деятельности должен иметь возможность реализовать свои творческие потенции в самостоятельной работе, занимаясь не бумаготворчеством, а подлинной инженерной деятельностью. Он должен стать инженером-исследователем, разработчиком.

Здесь, с одной стороны, могут помочь более тесная связь вуза с теми предприятиями, где будущий инженер будет работать, большая ориентация инженерного образования на нужды современного производства. С другой стороны, поднять престиж инженера в наше время невозможно без повышения его культурного уровня, без сочетания глубоких профессиональных знаний с широким гуманитарным образованием, без осознания им гуманистических традиций и ценностей своей профессии, высокой социальной ответственности за судьбы ци-

визации. Правда, пока гуманитарное образование инженеров развивается слишком слабо, спецкурсы по различным гуманитарным проблемам пока что вытесняются все более многочисленными специальными дисциплинами.

Настоятельно необходимым становится спецкурс по социальным и методологическим проблемам науки и техники, ибо именно методология обеспечивает специалисту возможность перестраиваться и ориентироваться в быстро меняющемся мире современной науки и техники. Кроме того, и преподавание обязательных общественных дисциплин в техническом вузе все еще оставляет желать лучшего.

Одна из основных целей данной книги заключается в том, чтобы дать самому широкому читателю представление о реальном содержании, характере и основных этапах развития инженерной деятельности и тем самым, автор на это надеется, способствовать «восстановлению» заслуженного высокого престижа инженерной профессии в современном обществе.

Некоторые инженеры, а также студенты технических специальностей, считают, что для развития инженерной деятельности имеют значение лишь самые последние достижения науки и техники и что история им не нужна. Однако такое мнение неверно. Без глубокого изучения истории инженерной, технической и научной деятельности невозможно по-настоящему понять и стоящих перед ними сегодняшних проблем, тем более что инженер — это не узкий технический специалист, его решения и деятельность оказывают огромное влияние на социальную и природную среду, на самого человека. Именно через осознание истории своей профессии будущий инженер может приобщиться к наивысшим достижениям человеческой культуры в этой области, понять свое место в современном мире.

БЫЛИ ЛИ ИНЖЕНЕРЫ ДО ТОГО, КАК ИНЖЕНЕРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СТАЛА ПРОФЕССИЕЙ?



На этот счет в современной философии и истории техники существуют различные точки зрения. Одни считают, что главное в технике — это традиции, накопленный веками практический опыт, другие, что техника — это всего лишь прикладная наука. В первом случае получается, что инженеры были чуть ли не во времена египетских пирамид, во втором — инженеру отводится место исполнителя, а изобретение рассматривается как придаток научного творчества. Обе эти точки зрения, на наш взгляд, недостаточно исторически обоснованы. И без обращения к истории, прежде всего истории техники и науки, невозможно решить вопрос, когда возникла инженерная деятельность.

- Техническая деятельность, присущая человеку на самых ранних этапах его развития, только тогда стала инженерной, когда, во-первых, она начала ориентироваться на науку (регулярное применение научных знаний в технической практике) или по крайней мере научную картину мира, во-вторых, возникла профессиональная организация инженеров, а затем и специальное инженерное образование.

В древности не было сознательной ориентации техников на науку вплоть до эпохи Возрождения, хотя внутренние предпосылки уже складывались. Тем более не

было и не могло быть профессиональной организации инженеров. Понять это помогает имеющееся в советской философской литературе разграничение канонической и проектной культур [40, 78].

Современная культура, начиная с эпохи Возрождения, проектна по самой своей сути, она ориентирована на создание, изобретение нового, на научно-технический прогресс. Древние культуры были каноническими, ориентированными на освещенную веками традицию. Поэтому в те далекие времена и не могло быть изобретателей в современном понимании, хотя изобретения, конечно, были, как была и скрытая в каноне функция проектности, позволившая канонической культуре перерасти в современную проектную культуру. Вот эту скрытую функцию проектности мы и попытаемся выявить в данной главе.

Кроме того, прежде чем определить, чем является инженерная деятельность, необходимо установить, чем она не была (тем более, что на этот счет существуют различные точки зрения — инженеров находят в глубокой древности, в восточных культурах Египта и Месопотамии; в античности, считая первым инженером и даже создателем технической науки прежде всего Архимеда; а также в средние века в мастерской ремесленника или в лаборатории алхимика). Как мы постараемся наглядно показать в данной главе, во все эти времена, вплоть до эпохи Возрождения, можно говорить о предыстории инженерной деятельности, о ее предпосылках. Подлинные же образцы инженерной деятельности дают лишь художники-инженеры эпохи Возрождения и ученые-инженеры Нового времени. Именно с них начинается отсчет своего исторического времени инженерная профессия, именно они — ее первые адепты и подлинные творцы. Но об этом — в следующей главе.

**Отторжен от тебя безмолвием столетий,
Сегодня о тебе мечтаю я, мой друг!**

В. Брюсов

Способность делать орудия — неотъемлемая черта человека разумного. Выделившись из природы, человек создал вокруг себя «искусственный» мир, «вторую природу», без которой немислимо существование современной цивилизации. И все это было бы невозможно без знания, без науки. Именно на пересечении знания, науки и практического технического действия и воз-

ника профессия инженера, которая порождена определенными историческими условиями развития общества. Поэтому, для того чтобы ответить на вопрос: «Что такое инженерная деятельность?», необходимо обратиться к ее истории, посмотреть, как эта деятельность возникла и развивалась в рамках человеческой культуры.

Современный человек часто склонен модернизировать явления далекого прошлого, мерить их меркой сегодняшнего дня. И с этой точки зрения даже у древних вавилонян или у шумеров можно найти зачатки дифференциального и интегрального исчисления, а в Древнем Египте — инженеров.

Знания шумеров и вавилонян об окружающем их мире были созданы практической необходимостью. Некоторые их знания так и оставались в области чистой практики и передавались от поколения к поколению только устно, например, большинство ремесленных приемов, навыков и рецептов. Усвоение знаний в основном сводилось к переписке и заучиванию всякого рода составленных на сей предмет перечней, списков, таблиц, казусов, рецептов и т. д. Письменно фиксировавшиеся знания вавилонян были донаучными в том смысле, что в основе их лежали только описание и внешняя классификация. Нет данных и о том, что древние строители занимались техническими расчетами, если не считать приходно-расходных, требовавших знания преимущественно арифметики и некоторых элементов геометрии.

И хотя мы до сих пор удивляемся красоте и грандиозности египетских пирамид, вряд ли можно назвать создателя первой из них — пирамиды Джосера — Имхотепа в современном смысле этого слова инженером. Прежде всего хотя бы потому, что науки в то время еще просто не было. Знание египтян было практическим, само общественное развитие не имело потребности в теоретическом знании как обобщении этой практики. Об этом свидетельствует, например, полемика между двумя писцами Хори и Аменемоне, сохранившаяся в египетской литературе XIX династии (XIII в. до н. э.).

Хори упрекает Аменемоне в недостаточной компетентности, и эти упреки служат яркой иллюстрацией того, что именно требуется от «ученого» писца: Аменемоне, оказывается, не умеет вычислить количество необходимых пайков для отряда войска; вычислить размеры и количество строительных материалов для возведения строительной насыпи с уклоном; составить расчеты для установки каменного колосса; подсчитать за-

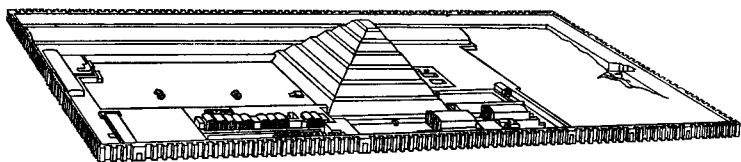


Рис. 1. Пирамида Джосера

пас продовольствия для военного отряда и т. д. Все это такие сведения, которые необходимы в ежедневной практической деятельности. Сама же практика была эмпирична, опиралась на традиции, умение, догадку.

Вернемся к пирамидам. Воздвигались они только для того, чтобы стать последним прибежищем для усопшего фараона, и носили лишь культовый характер. В связи с этим крупный советский ученый-египтолог М. А. Коростовцев отмечает: «Иногда приходится слышать и даже читать, что возведение пирамид преследовало якобы какие-то другие, чуть ли не научные цели. Подобные утверждения, и это надо усиленно подчеркнуть, являются откровенным антинаучным вздором и относятся к той категории нелепых, ни на чем не основанных, якобы научных, а по сути дела фантастических измышлений, которые современный известный французский физик Пьер Оже назвал мифами» [44, с. 196].

Создание пирамид основывалось на традиции, в течение многих веков выработанной культовым зодчеством. Планировка иногда осуществлялась по определенному древнему образцу — канону. Поэтому в культовых зданиях эпохи Нового царства прослеживается связь с определенными элементами культовых зданий Среднего и даже Древнего царств. Такая преемственность облегчалась тем, что в храмовых архивах хранились рукописи с описаниями святилищ. Среди них была и «Книга основания храмов первой девятки (эннеады)», якобы написанная обожествленным знаменитым зодчим и врачом Древнего царства Имхотепом. По легенде эта книга была унесена на небо, но затем сброшена оттуда Имхотепом. Это и обеспечивало ее «божественность» и, следовательно, каноничность в глазах египтян.

Например, так называемая ступенчатая пирамида — усыпальница фараона III династии Джосера в Саккара (ок. 2800 г. до н. э.) была первым значительным каменным сооружением, в котором воплотилась идея об увеличении гробниц по вертикали (рис. 1). Ее высота — более 60 м. Гениальность Имхотепа в том, что он впер-

вые в истории древнеегипетской архитектуры на площади 1500 кв. м вокруг этой главной постройки разместил дворы, в том числе для ритуального бега фараона и т. д. Именно с нее начал постепенно формироваться классический тип пирамиды.

Американский философ и историк техники Льюис Мэмфорд считает, что уже в этот период сложилось представление о машине, которое затем через много веков стало основой механистического мировоззрения и прообразом современных состоящих из механических элементов машин. Но это была гигантская машина (Мэмфорд называет ее мегамашиной), которая слагалась целиком из человеческих элементов, подчиненных выполнению одной грандиозной цели — например, строительству пирамиды. Было и еще одно важное отличие — подчиненность всей этой сложной деятельности сакральным (относящимся к религиозному культу и ритуалу) целям.

Сама логика построения пирамиды была подчинена прежде всего культовым целям и представлениям древних египтян о загробном мире, а никак не объективному раскрытию научной картины мира. Их мировосприятие складывалось и канонизировалось веками. Человеку нашего времени, не знакомому с деталями древнеегипетской мифологии, например, не ясно, зачем в замурованных навсегда усыпальницах вместе с мумиями фараонов похоронены бесценные и весьма реалистические произведения искусства, изображающие земную жизнь. С точки же зрения древнего египтянина, они имели глубокий смысл.

Все эти шедевры египетского искусства предназначались для единственного обитателя гробницы — самого умершего. Но для него они были не просто произведениями искусства — посредством магии и заупокойных молитв они как бы становились реальностью, оживали, и, таким образом, умерший продолжал существовать, как при жизни. Загробная жизнь мыслилась древними египтянами как продолжение земной жизни, а это было возможно лишь при участии живых с их заботами об умерших, проявлявшимися в ритуале — в создании гробницы, мумификации умершего, в строгом соблюдении заупокойного обряда. Это проливает определенный свет и на характер технической деятельности в Древнем мире. Она, как и все виды деятельности древнего человека, была неразрывно связана с его религиозно-мифологическими представлениями, с мифом.

Миф как зародыш проекта

«...Миф... — пишет в книге «От мифа к логосу» профессор Феохарий Харлампиевич Кессиди, — особый вид мироощущения, специфическое, образное, чувственное, синкретическое * *представление о явлениях природы и общественной жизни*, самая древняя форма общественного сознания» [41, с. 41]. Для современного человека миф — это только вымысел, сказка о никогда не существовавших событиях и героях. В мифах нас привлекает в первую очередь поэтически-художественная сторона, его эстетические достоинства. Но для древнего человека миф и реальность представляли собой единое целое. Миф для него — это особое мирозерцание, картина мира, отождествляемая им с самим миром. Например, мифологическое сознание не разделяет резко естественное и искусственное, живую и неживую природу. Для него вся природа очеловечена, населена живыми существами, одухотворена: даже деревья, камни, источники. Для древнего человека источник — это не только живительная влага и жизнь окружающей его растительности, но и особое божество, требующее поклонения. Вредоносные действия по отношению к источнику или священной роще обращены поэтому не к безжизненным предметам, а к духу и могут караться им.

Всякий миф можно рассматривать двояко. С одной стороны, миф — это превращенное, искаженное, но все же отражение действительности народами древних эпох, и причем не только природной, но и прежде всего социально-исторической, действительности, с другой — мифы фиксируют и канонизируют определенные нормы нравственного поведения (в этом выражается регулятивная функция мифа). Именно поэтому мифы, особенно в последнее время, тщательно исследуются учеными не только как образцы иного мирозерцания, но и как источник сведений о социальной структуре древнего общества, его этических представлениях и даже как свидетельство о некоторых исторических событиях. Например, в основе мифа об аргонавтах, первых древнегреческих путешественниках в Колхиду (современная Грузия) на берега реки Фасис (Риони), несомненно, лежат какие-то реальные события.

* Синкретизм — слитность, сочетание разнородных частей, нерасчлененность, характеризующая первоначальное состояние, например в первобытном искусстве, где пляска, пение и музыка существовали в единстве.

В мифах отражаются и достижения технической ремесленной практики, но, отражаясь в них, они становятся недостижимым культурным «божественным» образцом, канонизируются. Таковым, например, является миф о Гефесте. Посреди его полной чудес кузницы стоит громадная наковальня, в углу — горн и мехи, повинующиеся не рукам, а слову Гефеста. Гомер следующим образом описывает работу бога-кузнеца [27, с. 302, 304]:

Тою порою Фетида достигла Гефестова дома,
Звездных, нетленных чертогов, прекраснейших среди Олимпа,
Кои из меди блистательной создал себе хромоногий.
Бога, покрытого потом, находит в трудах, пред мехами
Быстро вращавшегося: двадцать треножников вдруг он работал,
В утварь поставить к стене своего благолепного дома.
Он под подножием им золотые колеса устроил,
Сами б собою они приближались к сонму бессмертных,
Сами б собою и в дом возвращались, взорам на диво.
В сем они виде окончены были; одних не приделал
Хитроизмышленных ручек: готовил, и гвозди ковал к ним.
Тою порою, как их он по замыслам творческим делал,
В дом его тихо вошла среброногая мать Ахиллеса...
Так пронзесши, оставил ее и к мехам приступил он,
Все на огонь обратил их и действовать дал повеленье.
Разом в отверстия горнильные двадцать мехов задыхали,
Разным из дул их дыша раздувающим пламень дыханьем,
Или порывным, служа поспешавшему, или спокойным,
Смотря на волю творца и на нужду творимого дела.
Сам он в огонь распыхавшийся медь некрушимую ввергнул,
Олово бросил, серебро, драгоценное золото; и после
Тяжкую наковальню насадил на столп, а в десницу
Молот огромнейший взял, и клещи захватил он другую.

И сама работа бога-ремесленника, и продукт ее — доспехи Ахилла — канон, недостижимый образец для подражания человека-ремесленника. Ориентация на канон, конечно, еще не означает невозможность нововведений. Однако и они закрепляются и освящаются традицией, сами включаясь в канон.

Всякое культурное явление ограничено вполне определенными историческими рамками. В то же время в зародышевой форме оно существует в культуре и до его наличия в развитом виде. Еще до возникновения современной проектной культуры в культуре канонической можно предположить существование неких неразвитых потенциальных проектных функций. Эти функции по отношению к технической ремесленной деятельности древности выполняло мифологическое сознание, будучи в то же время по сути своей каноническим. Проектная культура возникла, разумеется, не на голом месте. «Проектность» как функция культуры существовала

всегда... Если допустимо говорить о перерождении канонической культуры в проектную, то это возможно, лишь предположив и в каноне скрытую функцию проектности, актуализация которой и переродила изнутри каноническую культуру» [78, с. 89].

В древних космологических мифах Вселенную «строят», «вытесывают», «плетут», «куют», «ткуют», «лепят» и т. д. Это, хотя и в гипертрофированном виде, отражает реальные элементарные процессы первобытного производства. Здесь еще нет сознательной механической аналогии, она появляется значительно позже. Но такое мифологическое действие с разнообразными природными объектами приучает первобытное сознание к мыслительным операциям еще до выполнения каких-либо конкретных технических действий, предварительной их имитации в идеальной мыслительной, семиотической форме. Здесь уместно вспомнить слова К. Маркса о том, что «в конце процесса труда получается результат, который уже в начале этого процесса имелся в представлении человека, т. е. идеально» [1, т. 23, с. 189].

Но есть и еще одна сторона мифа, отличающая его от любого сколько-нибудь «научного», рационального проекта. Для мифотворчества не существует ограничений. Здесь все возможно. Естественные ограничения снимаются, а сами природные процессы выступают как результат «искусственной» магической деятельности богов. Но это и роднит миф с проектом. Только творческие изобретательские функции приписываются здесь не людям, а богам. В то же время миф в какой-то мере отражает и транслирует последующим поколениям (правда, в гипертрофированном виде) образцы ремесленного опыта. Такой пример невыполнимой и сегодня гигантской «химической» реакции представляет описание в книге I «Махабхараты» процедуры «пахтания океана»:

«Вместо веревки они (боги.— В. Г.) решили взять царя змей Васуки, а мутовкой сделать гору Мандара... С горой Мандара и змеем Васуки боги и асуры пришли к Океану и просили у него позволения сбить его воды, чтобы добыть амриту (напиток бессмертия.— В. Г.). Владыка вод дал им согласие, но за то попросил долю амриты и для себя.

Царя черепах, того, что держит мир на своей спине, боги и асуры попросили спуститься на дно океана, чтобы послужить опорой для горы Мандара — их мутовки. Исполинская черепаха согласилась на их просьбу.

Она подставила спину, и боги вместе с асурами водрузили на нее подножие Мандары, а вокруг той горы обернули змея Васуки, как веревку. И асуры ухватились за голову великого змея, а боги — за хвост... и начали пахтать океан ради амриты, и длилось то пахтание много сотен лет.

Асуры и боги попеременно рывками тянули к себе тело змея, и при каждом рывке из пасти его вырывались дым и пламя; огонь изнурял демонов жаром, лишая их сил, а дым собирался в сверкающие молниями тучи, которые ползли вдоль тела змея к его хвосту и проливали на богов освежающие дожди.

С великим шумом, подобным грому, вращалась гора Мандара, и с ее вершины и склонов низвергались в воды океана, сталкивались в полете огромные деревья с гнездящимися на них птицами и населявшие горные леса звери. И вершина и склоны горы окутались пламенем, возникшим от трения, и в том пламени гибли деревья и травы, звери и птицы. Потом дожди погасили пожар, и соки деревьев и трав, росших на горе Мандара, излились в океан, чтобы придать амрите ее целебную силу.

Без усталости вращали мутовку асуры, опаляемые пламенем, и боги, освежаемые ливнями из туч. Сначала воды океана, смешанные с соками трав и деревьев, превратились в молоко, потом молоко стало сбиваться в масло. Но амрита все не появлялась... И наконец, вышел из моря... бог врачевания и исцеления, неся в руках драгоценную чашу с напитком бессмертия — амритой» [84, с. 64, 65].

Приведенное описание весьма характерно для мифологического сознания, так как в нем причудливо сочетается почти рецептурная заданность конкретных операций (сбивать воду, тянуть рывками, тереть, смешивать воду с соками деревьев и трав, сбивать в масло и т. п.) над реальными природными объектами (гора, змей, океан, черепаха и т. д.), возможно, отражающих вполне определенные процедуры изготовления какого-то неизвестного нам целебного зелья, с космическими атрибутами — Мировой океан, исполинская черепаха, что держит мир на своей спине, сверкающие молнии тучи, которые проливают дожди, низвергающиеся в океан и гибнущие в огне деревья и травы, звери и птицы, в целом создающие довольно реалистическую картину космической катастрофы.

Естественные природные объекты здесь перемеша-

ны с искусственными орудиями, одновременно выполняют их функцию: географически определенная гора — это одновременно мутовка, исполинский змей — веревка, огромная черепаха — опора для мутовки. Причем они испытывают на себе воздействие, в этом смысле являясь пассивными орудиями в руках богов и асуров, и в то же время сами деятельны, одухотворены, персонализированы. Вероятно, именно так относились древние ремесленники к своим орудиям. Даже океан — это и божество, сознательно давшее разрешение на включение его в сферу «технического» действия, и вместилище мира, безличная стихия, и пассивный исходный материал для приготовления конкретного продукта «пахтания» — амриты, над которым осуществляется ряд последовательных действий и который претерпевает несколько промежуточных состояний (во-первых, смешивается с соками деревьев и трав, во-вторых, превращается в молоко, в-третьих, сбивается в масло).

Характерны и последующие промежуточные продукты «реакции» — они имеют, видимо, вполне определенный смысл в символике мифа, не всегда доступный современному рациональному истолкованию. У этой мифотворческой процедуры есть и неконтролируемый побочный продукт, грозящий обернуться катастрофой для всего мира: «Но вслед за всеми этими сокровищами, появившимися из морских вод, когда пахтание уже подходило к концу, возник на поверхности океана страшный яд калакута. Он отравлял миры своими испарениями и грозил сжечь вселенную. Боги, и асуры, и все живые существа пришли в смятение и воззвали о спасении к великому богу Шиве. И ради спасения вселенной Шива проглотил губительный яд» [84, с. 65].

По-видимому, постепенное добывание новых рецептурных знаний и отбраковка технических процедур (возможно, в течение веков) зачастую сопровождались полными драматизма событиями, пока они не закреплялись традицией. Поэтому древний ремесленник и стремился неукоснительно следовать канону, проверенному веками и гарантировавшему от всякого рода случайностей.

Древний человек не просто осуществлял конкретные операции над исходным материалом, преобразуя его в конечный продукт, но и совершал ряд символических, ритуальных действий, кажущихся нам ненужными и излишними, но тесно связанных через мифологическую картину мира с космическими процессами и ре-

лигиозными представлениями и верованиями, воспринимающимися им как единое синкретическое целое, объединяющее, казалось бы, самые разнородные сущности (реальные природные процессы и мифологические образы, рациональные моменты и иррациональные переживания, искусственные орудия и естественные объекты, безжизненное и одухотворенное, богов и людей).

Это делало человека-деятеля сопричастным всеобщим космическим событиям, происходящим здесь и сейчас, при осуществлении данного конкретного, с нашей точки зрения, может быть, и самого земного действия, позволяло ему ощутить себя влияющим на эти события. Тогда всякая, даже самая примитивная техническая операция наполнялась особым смыслом, выходящим далеко за пределы прагматического действия, безгранично расширяющего пределы возможного.

Современному инженеру иногда недостает такого обостренного чувства «космической» важности результатов своего труда. Выполняя, казалось бы, частную работу в рамках сложных проектов, он подчас забывает, что может неблагоприятно влиять на окружающую человека природную среду и на самого человека, ради которого и делается в конечном итоге всякое техническое новшество.

Древний ремесленник относился к своим орудиям иначе, чем современный инженер, техник или рабочий, — как к одухотворенным, содействующим, наделенным активностью и волей помощникам. Тем более, что он получал их, как правило, готовыми, от предшествующих поколений. Да и материал, с которым он работал, не был пассивным, и чтобы он слушался его, необходимы были особые ритуальные действия и заклинания, а каждая незначительная неосторожная операция могла вызвать необратимый космический процесс, жертвой которого могли стать и люди, и боги, и даже вся Вселенная. Поэтому миф был для ремесленника не просто зародышем проекта и не только картиной мира, но и тем реальным пространством, в котором разворачивались все его мысли и действия.

Однако в мифотворческой канонической культуре подспудно осуществлялась не только познавательная, но и проектная функция. Еще до всякой науки можно говорить о существовании элементов преднаучных знаний, вплетенных в религиозно-мифологическую картину мира, и до всякого проектирования — о зародышевой «проектной» установке на предсоздание в мифе пред-

ставления о конкретном продукте и последовательности осуществляемых для его достижения операций. Точно так же можно утверждать, что и в доинженерную эпоху существовали отдельные «образцы» инженерной деятельности. Но они уже относятся к эпохе античности, когда на арену выходит «научная философия» древних греков, постепенно вытесняющая рациональным познанием в целом иррационалистическое мирозерцание мифа.

«Инженер» доинженерной эры

В период античности отношение к мифу как к господствующей форме общественного сознания постепенно меняется. Уже в поэмах Гомера «Илиада» и «Одиссея» и Гесиода «Теогония» и «Труды и дни» первоначальный мифологический экстракт становится, с одной стороны, объектом систематизации и осмысления, а с другой — средством художественного, метафорического представления реальных исторических событий и психических состояний. Миф перестает быть безусловным агентом реальности и не всегда рассматривается как сама эта реальность. Он превращается в мифологически-художественный образ, способ выражения мыслей и чувств художника, поэта, драматурга.

Особенно четко это различие видно на примере древнегреческой драмы, которая выросла из ритуальных культовых действий. В последних, например посвященных культу Диониса, условно-символические действия воспринимались участниками празднеств как вполне реальные и были направлены на достижение конкретных практических результатов — получение хорошего урожая, увеличение плодородия и т. д. Связка «ритуальное действие — практический результат» мыслилась ими как нераздельное целое. Участники же драматического представления (актеры и зрители) четко осознавали условность театрального действия и получали от него эстетическое наслаждение, а не какую-либо практическую пользу.

Так же и в области древнегреческой эпической поэзии, а затем и философии мифопоэтический образ постепенно отделяется от самой реальности. «Вольное» обращение с исходным мифологическим материалом, свободная, с точки зрения традиции, перестановка его событий и участников (богов и героев), основанная на

попытках его рационального осмысления, приучали мыслить абстрактно, логически. В данном контексте с особой силой звучат слова Гераклита: «Мудрость заключается только в одном: признать разум как то, что управляет всем при помощи всего» [51, с. 45].

Важнейшее завоевание древнегреческой философской мысли как раз и состояло в отказе от религиозно-мифологических объяснений и образов и в создании принципиально нового стиля мышления — философского, основанного на рациональном рассуждении, на стремлении получить истинное знание.

Манипулирование Гомера и Гесиода с богами и обожествленными стихиями в конечном итоге приводит к вопросу, находящемуся в центре внимания почти всех древнегреческих философов, — что является истинной причиной вещей и процессов природы, что лежит в основании мира? Олимпийские боги были «устранены» от управления миром, их место занял ЛОГОС.

Анализу и истолкованию этого термина посвящено великое множество работ. Известный исследователь античности И. Д. Рожанский, обобщая имеющиеся суждения, следующим образом характеризует термин «логос»: «...употребляется Гераклитом в нескольких значениях: в значении речи, учения, может быть, содержания учения, поскольку говорится об учении самого Гераклита (иначе говоря, совокупности истин, изложенных в его книге)... количественной меры... точный смысл которой для нас остается неясным... Говорить об особой доктрине Логоса, как высшего закона или божественного Разума, фрагменты Гераклита не дают никаких оснований» [74, с. 188].

Таким образом, первые древнегреческие натурфилософы стали рассуждать о природе. Именно они начали размышлять о природе в понятиях, а не только в мифопоэтических образах, наряду с ними конструируя эти понятия, осмысляя с их помощью окружающую действительность. И главное достоинство их заключается в том, что они впервые стали объяснять явления природы естественными причинами и создавать для этого абстрактные понятия, без которых невозможна никакая наука. Многими из этих понятий наука пользуется до сих пор.

Например, понятие «природа» в современном смысле этого слова как всеобъемлющего космоса, Вселенной, как внутренней структуры вещей окружающего нас мира было введено древнегреческими натурфилосо-

софами. До них оно употреблялось в медицинской практике для выражения костно-мышечной конституции человека или внутреннего строения растения (первоначальное его значение — органическое произрастание, рост).

Произведения ранних греческих натурфилософов чаще всего носят название «О природе». Аристотель следующим образом резюмирует это понятие: «...природою в первом и основном смысле является сущность... а именно сущность вещей, имеющих начало движения в самих себе, как таковых» [74, с. 105—106].

Среди наивно реалистических толкований природных процессов можно встретить и технические иллюстрации, фигурирующие в самых ранних философских системах. Например, у Анаксимандра встречается любопытная «механическая модель». О ней упоминает Аэций: «По Анаксимандру, кольцо солнца в 28 раз больше земли. Оно подобно колесу колесницы, имеющему обод, наполненный огнем. Этот огонь обнаруживается сквозь отверстие в некоторой части обода как бы разрядами молнии. Это и есть солнце... лунное кольцо в 19 раз больше земли. Оно подобно колесу колесницы, имеющему обод, наполненный, как и кольцо солнца, огнем. Оно также лежит наискось и имеет одно испускание, и это как бы разряды молнии... лунное затмение бывает, когда отверстие на поверхности лунного кольца закрывается» [7, с. 272].

Именно подобные наивные представления критиковал Сократ, подчеркивая необходимость четкого отделения причинного объяснения природных явлений и специального исследования самого процесса рационального рассуждения, посредством которого это объяснение получено. «Сократ перевел проблематику познания в новую плоскость, сделав предметом философского познания само знание... Сократовская философия имеет дело не с бытием, но со знанием о бытии» [56, с. 17]. Однако все же Анаксимандр для объяснения природы затмения уже не прибегает к богам, в то время как Гомер без них еще не мог обойтись.

Умение мыслить в понятиях, образовывать их, двигаться в плоскости «чистой» мысли, позволяющее выделить рациональное рассуждение из канвы практического повседневного опыта, — великое завоевание древнегреческой философии, первое основание и предпосылка всякой науки.

Научное познание в этот период отождествлялось

с созерцанием природы, всматриванием, вслушиванием в нее. Да и сам термин «теория» первоначально означал «созерцание». Ибо именно в непосредственном усмотрении истины в природе виделась подлинная цель науки, а всякое практическое действие, манипулирование с природными объектами рассматривалось как мешающее ему, как затемняющее истину.

В античности теоретическая и практическая деятельность была четко разграничена: «Целью теоретического знания является истина, а целью практического — дело» (Аристотель) [9, с. 39]. Именно в античной культуре были впервые сформулированы ценность и реальность «чистой» науки. Причем получение «знания ради знания» рассматривалось как высшая форма человеческой деятельности, сравнимая лишь с высшим разумом (богом). «...Из наук считается... мудростью та, которая избирается ради нее самой и в целях познания, а не та, которая привлекает из-за ее последствий...» (Аристотель) [9, с. 21]. Так сложилось противопоставление теории и практики.

В этом смысле характерны слова Плутарха: «Знаменитому и многим любимому искусству построения механических орудий положили начало Эвдокс и Архит *, стремившиеся сделать геометрию более красивой и привлекательной, а также с помощью чувственных, осязаемых примеров разрешить те вопросы, доказательство которых посредством одних лишь рассуждений и чертежей затруднительно; такова проблема двух средних пропорциональных — необходимая составная часть многих задач, для разрешения которой оба применили механическое приспособление, строя искомые линии на основе дуг и сегментов. Но так как Платон негодовал, упрекая их в том, что они губят достоинство геометрии, которая от бестелесного и умопостигаемого опускается до чувственного и вновь сопрягается с телами, требующими для своего изготовления длительного и тяжелого труда ремесленника, — механика полностью отделилась от геометрии и, сделавшись одною из военных наук, долгое время вовсе не привлекала внимание философии» [64, с. 391].

Однако это вовсе не значит, что вся античная философия и наука в соответствии с идеалом теоретического знания, сформулированным Платоном, никак не бы-

* Диоген Лаэртский об Архите сообщает: «Он первый упорядочил механику, приложив к ней математические основы, и первый свел движение механизмов к геометрическому чертежу» (35, с. 355).

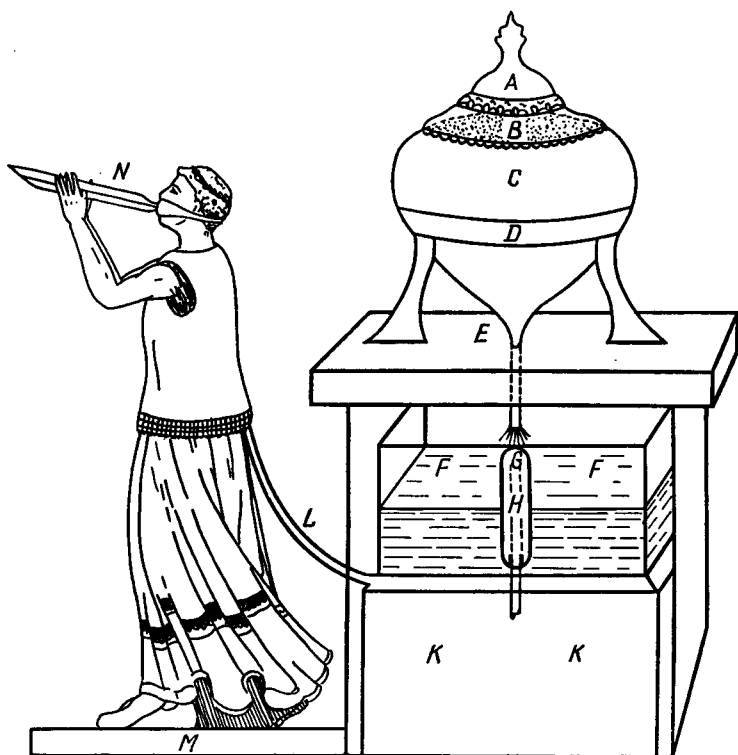


Рис. 2. Клепсидра-будильник Платона

ли связаны с практическими нуждами общества. Так, Сократ был сыном скульптора: резцу молодого Сократа древние приписывают скульптуру из трех одетых Харит, которая некоторое время выставлялась у Афинского акрополя. Анаксимандр изобрел гномон, указывающий солнцестояния и равноденствия, а также соорудил солнечные часы, а возможно, и небесный глобус, нарисовав на нем очертания Земли и моря. Даже Платону приписывают изобретение водяного будильника *. Да и первый древнегреческий философ Фалес, один из се-

* Г. Дильс следующим образом характеризует конструкцию будильника Платона, который, по его мнению, должен был собирать ранним утром учеников академии на лекции и занятия с учителем: объемистая клепсидра *C* вмещает количество воды, достаточное на 6 часов. Она покрыта крышкой *A*, в верхней части ее имеется вкладыш *B* с ситом для задерживания земляных примесей. Клепсидра вставлена в треножник, покоящийся на подставке. Трубка *E*, через которую вытекает вода, сквозь доску подставки проходит в

ми мудрецов, деятельность которого Платон и Аристотель трактовали как образец «созерцательной жизни», по свидетельству Диогена Лаэртского, желая показать силу знания, однажды в предвидении большого урожая оливок взял в наем все маслодавили и этим нажил много денег. Он же точно предсказал солнечное затмение. Таким образом, считает И. Д. Рожанский, реальный Фалес меньше всего походил на академического ученого в современном понимании: «Предложив создать конфедерацию ионийских городов, Фалес выступил как государственный деятель, поднявшийся выше партикуляризма отдельных полисов, живших обособленной друг от друга жизнью и ревниво охранявших свою независимость. Перевод войск Креза через реку Галис (если сообщение об этом считать соответствующим действительности) свидетельствует о высокой квалификации Фалеса в чисто инженерных вопросах» [75, с. 34].

Но все-таки можно ли с достаточной степенью корректности утверждать, что в античности были инженеры? И во всяком случае были ли они инженерами в современном смысле этого слова? Этот вопрос лучше всего разобрать на примере известного древнегреческого механика и геометра Архимеда.

Архимеда традиционно считали отрешенным от земных забот геометром-мудрецом. Решая математическую задачу, он даже не заметил, как римляне ворвались в его родной город Сиракузы, и был убит римским воином, несмотря на просьбу дать ему возможность дорешать геометрическую задачу. Вот что сообщает Плутарх в жизнеописании Марцелла: «Сам Архимед считал сооружение машин занятием, не заслуживающим ни трудов, ни внимания; большинство их появилось на свет как бы попутно, в виде забав геометрии, и то лишь потому, что царь Гиерон из честолюбия убедил Архи-

нижнее помещение, которое может быть закрыто, но нарисовано открытым, чтобы показать обе воздушные камеры F и K , стоящие одна на другой.

Вода, капаящая из клепсидры, постепенно собирается на дне верхнего сосуда и поднимается вверх здесь и одновременно в узком промежутке между внешней и внутренней трубками. Количество воды рассчитано так, чтобы вода, достигнув высоты внутренней трубки GHI в G , перелилась через край трубки GHI , вверху открытой, и с силой, сплошным током, обрушилась в нижний ящик с клапаном.

Сдавленный воздух не находит другого выхода, кроме верхней левой трубки L , которая по телу флейтиста M поднимается до флейты N , где трубы, устроенные внутри, начинают звучать под действием силы выходящей струи воздуха [34, с. 172—174] (рис. 2).

меда хоть ненадолго отвлечь свое искусство от умозрений и, обратив его на вещи осязаемые, в какой-то мере воплотить свою мысль, соединить ее с повседневными нуждами...

Между тем Архимед как-то раз написал царю Гиерону, с которым был в дружбе и родстве, что данную силою можно сдвинуть любой данный груз; как сообщают, увлеченный убедительностью собственных доказательств, он добавил сгоряча, что, будь в его распоряжении другая земля, на которую можно было бы встать он сдвинул бы с места нашу. Гиерон изумился и попросил претворить эту мысль в действие и показать какую-либо тяжесть, перемещаемую малым усилием, и тогда Архимед велел наполнить обычной кладью царское трехмачтовое судно, недавно с огромным трудом вытасченное на берег целою толпою людей, посадил на него большую команду матросов, а сам сел поодаль и, без всякого напряжения вытягивая конец каната, пропущенного через составной блок, придвинул к себе корабль — так медленно и ровно, точно тот плыл по морю. Царь был поражен и, осознав все могущество этого искусства, убедил Архимеда построить ему несколько машин для защиты и для нападения, которые могли бы пригодиться во всякой осаде...

...Архимед пустил в ход свои машины, и в неприятеля, наступающего с суши, понеслись всевозможных размеров стрелы и огромные каменные глыбы, летевшие с невероятным шумом и чудовищной скоростью, — они сокрушали все и всех на своем пути и приводили в расстройство боевые ряды, — а на вражеские суда вдруг стали опускаться укрепленные на стенах брусья и либо топили их силою толчка, либо, схватив железными руками или клювами вроде журавлиных, вытаскивали носом вверх из воды, а потом, кормюю вперед, пускали ко дну, либо, наконец, приведенные в круговое движение скрытыми внутри оттяжными канатами, увлекали за собой корабль и, раскрутив его, швыряли на скалы и утесы у подножия стены, а моряки погибали мучительной смертью. ...Архимед, по-видимому, заранее все предусмотрев, приготовил машины, разящие на любое расстояние, и короткие стрелы; подле небольших, но часто пробитых отверстий в стенах были расставлены невидимые врагу скорпионы с малым натяжением, бьющие совсем близко... прочие сиракузяне были как бы телом Архимедовых устройств, душою же, приводящею все в движение, был он один...

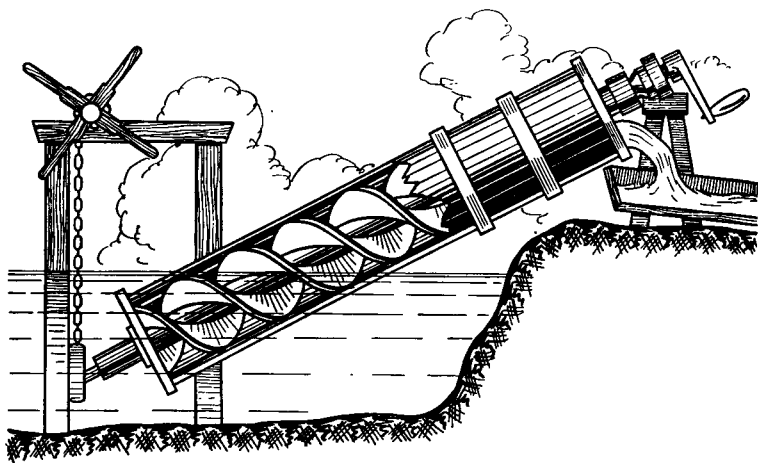


Рис. 3. Винт Архимеда, служащий для поднятия воды

Архимед был человеком такого возвышенного образа мыслей, такой глубины души и богатства познаний, что в вещах, доставивших ему славу ума не смертного, а божественного, не пожелал написать ничего, но, считая сооружение машин и вообще всякое искусство, сопричастное повседневному нуждам, низменным и грубым, все свое рвение обратил на такие занятия, в которых красота и совершенство пребывают не смешанными с потребностями жизни, — занятия, не сравнимые ни с какими другими... И нельзя не верить рассказам, будто он был тайно очарован некой сиреной, не покидавшей его ни на миг, а потому забывал о пище и об уходе за телом, и его нередко силой приходилось тащить мыться и умащаться, но и в бане он продолжал чертить геометрические фигуры на золе очага и даже на собственном теле, натертом маслом, проводил пальцем какие-то линии — поистине вдохновленный Музами, весь во власти великого наслаждения» [64, с. 391—394].

Такое представление об Архимеде не совсем соответствует действительности. Если придерживаться фактов, то Архимед и начал свою деятельность как механик, и закончил ее как механик, и даже в его математических произведениях механика является важным средством решения математических задач. В послании Эратосфену «О механических теоремах» Архимед пишет: «...кое-что из того, что ранее мною было усмотрено при помощи механики, позже было также доказано и геометрически...» [11, с. 299].

К ранним механическим работам Архимеда относится механическая модель «небесной сферы», в которой при помощи одного вращательного движения, видимо, от водяного двигателя, получались столь несходные и различные вращения небесных светил. На ней даже демонстрировались солнечные и лунные затмения. Архимед во время своего пребывания в Александрии усовершенствовал также «улитку» — машину для поливки полей, применявшуюся в Египте, при помощи которой можно было выкачивать огромные количества воды с небольшой затратой сил (рис. 3).

Иногда, правда, столь удивительные достижения Архимеда в практической области подвергаются сомнению, например, сообщение Плутарха и других древних авторов о том, как он один с помощью механических приспособлений сдвинул с места полностью груженный корабль, или легенда о сожжении им с помощью системы зеркал неприятельского флота.

И все же если допустить, что Плутарх не преувеличил заслуг Архимеда, можно ли утверждать, что Архимед был инженером в современном смысле этого слова, если, по общему мнению, он не считал эти достижения для себя решающими и не стремился даже закрепить свое авторство? Архимед, как и другие античные математики и механики, следовал в своей деятельности идеалу построения научного знания, сформулированному древнегреческими философами и впоследствии получившему название гипотетико-дедуктивного.

Характерный образец такого подхода и содержится в работах Архимеда. Например, его работа «О плавающих телах» построена строго в соответствии с научными нормами, сформулированными Платоном и Аристотелем: выдвигаются аксиомы, на основе которых доказываются теоремы, при доказательстве последующих используются знания предыдущих теорем. В этой работе не приведены описания практических моделей, наблюдений или опытов. Идеальная жидкость и погруженные в нее тела не ставятся в соответствие с реальными жидкостями и телами. Если же понятие «жидкость» и «тело» не относить к объектам-оригиналам, а связывать только с идеальными объектами, то теория по способу построения аналогична «Началам» Евклида.

Тем не менее Архимед использовал практические знания о реальных жидкостях и телах, осуществляя даже в определенной форме опыты. Например, широко известный и ставший уже анекдотическим опыт с коро-

ной царя Гиерона с целью определения количества использованного при ее изготовлении золота. Во всяком случае, в учении о плавающих телах Архимед получил такие знания, которые в принципе могли бы быть рассмотрены в явной форме как технические модели, т. е. в плане их использования в практике построения судов. Однако он ничего не говорит об этом и не обсуждает отношение построенных им теоретических описаний к реальным телам и жидкостям.

Фактически сформулированное Архимедом основное уравнение плавучести (так называемый закон Архимеда) нашло практическое применение только в XVII в. «Впервые в 1666 г. английский корабельный инженер А. Дин «предсказал» углубление корабля до спуска его на воду. Он был настолько уверен в правильности своих расчетов весовой нагрузки и объемного водоизмещения судна, что еще на стапеле приказал прорезать в бортовой обшивке пушечные порты (отверстия для выхода стволов орудий), которые после спуска корабля на воду возвышались над ее поверхностью на том именно расстоянии, какое было заранее вычислено строителем» [91, с. 77].

Архимед строго различает доказательство определенного положения, проведенное средствами математики (т. е. его теоретическое обоснование), и практическое усмотрение того же положения с помощью механических средств. По его собственному мнению изучение при помощи механического метода «еще не является доказательством: однако получить с помощью этого метода некоторое предварительное представление об исследуемом, а затем и найти само доказательство гораздо удобнее, чем производить изыскания, ничего не зная» [11, с. 299]. Таким образом, механический метод рассматривается Архимедом как вспомогательное средство для решения некоторых математических задач, но строгих доказательств этот метод дать не может и потому выносится им за пределы всякой науки.

Как видно на примере Архимеда, в период античности можно говорить лишь об отдельных «образцах» инженерной деятельности. В современном же смысле слова Архимеда инженером назвать, пожалуй, нельзя. Хотя научные знания (прежде всего геометрия), несомненно, применялись учеными на практике (для создания простейших научных инструментов, военных машин и т. п.), взаимоотношения науки и техники не были специально нормированы.

Даже если Платон действительно изобрел клепсидру-будильник, то он нигде не упоминает об этом в своих произведениях и, уж во всяком случае, не настаивает на авторстве — ситуация, не типичная для современного инженера-изобретателя, много сил употребляющего, чтобы доказать новизну своего детища и закрепить за ним свое имя. Напротив, большинство изобретений античности было анонимно.

Различные механические изобретения служили своеобразной иллюстрацией «чистой» науки, демонстрацией осознания мощи научного знания, призваны были «удивить» просвещенную публику. Но повсеместного применения в ремесленном производстве они почти не находили. Формула для расчета военных машин была эмпирической.

Поэтому и не возникла в тот период профессиональная организация инженерной деятельности, без которой немислим современный инженер, а сами изобретения часто служили лишь украшением частных библиотек (как «небесная сфера» Архимеда в эпоху Рима). Техническая же деятельность ремесленников строилась отнюдь не на науке, ориентируясь на иные ценности и представления.

Техне древнегреческих ремесленников и античная наука

Сегодня кажется обычным требовать от науки прикладных результатов. Да и сама современная наука без технической практики просто немислима. Однако такое соотношение науки и практики существовало далеко не всегда. В период античности, даже если знания, полученные в ремесленной практике, использовались в науке, то они подвергались переработке и систематизировались в соответствии с идеалами теоретического знания.

Занятие наукой предполагало не только умение рассуждать, доказывать, вычислять, строить фигуры, но и обладание многими неизвестными прежде свойствами, стремление все непознанное сделать познанным, умение удивляться противоречиям и пытаться разрешить их («ибо вследствие удивления люди и теперь и впервые начали философствовать... Но тот, кто испытывает недоумение и изумление, считает себя незнающим...») (Аристотель) [9, с. 22], получение удовольствия от познания, озарения, догадки и т. п. Техническое же дей-

ствие осмысливалось в другой, практической или опытной, более низменной и приземленной реальности. Хотя вещи и машины выходили из рук ремесленников («людей опыта»), причины, которые ими двигали (достижение «блага») и лежали в основании дела, знали только «мудрые», т. е. те, кто владел знанием, наукой.

В античной культуре организация научного знания прежде всего исходила из ограниченного числа «начал» (аксиом, постулатов, определений), позволяла снять противоречия и другие затруднения в мышлении, единообразно осмыслить существующий предметный мир. Сами же знания рассматривались как готовые, полученные в ходе наблюдений, размышлений, обобщений. Роль науки сводилась к установке истины путем доказательств, решения проблем, проведения строгих рассуждений. В этом смысле практика и техника являлись лишь одним из источников знаний, не прошедших обоснования на истинность, не получивших научной организации.

Объекты техники не отождествлялись с «началами», «родами бытия», «причинами», лежали с ними как бы в разных плоскостях. Поэтому практики редко обращались к науке. В то время между изготовлением вещей и машин и получением знаний было мало общего. Античный техник и ремесленник были далеки от мысли, что знание может стать необходимым условием дела, хотя и не отрицали силу знания, но в другой, интеллектуальной сфере. Науку заменяли им традиции, опыт, ловкость рук, везение, наблюдательность, догадка.

В этом смысле весьма показателен трактат Витрувия «Об архитектуре». Целью его труда было описание практически добытой рецептуры. И хотя Витрувий во введении ратует за то, чтобы архитекторы сочетали теорию и практику, он не решается все же утверждать, что теория лежит в основе самой практики, «что на основании научных обобщений можно выполнить какую-нибудь реальную работу. Теория служит у него только для оценки уже выполненной, при помощи эмпирически добытых приемов, работы» [29, с. 62].

Для того чтобы яснее увидеть отличие современной инженерной деятельности от ремесленной технической деятельности периода античности, необходимо рассмотреть понятие «тэхнѣ», которым древние греки называли любое человеческое мастерство: как ремесло, так и художественное искусство, скажем искусство риторики, и вообще любую человеческую деятельность, требую-

щую профессионального мастерства. Но это не прост естественная сноровка. Оно всегда связано с искусст венными человеческими образованиями, продуктами человеческой деятельности, прежде всего с языком — техника, искусство (тэхнѣ) слова и рассуждения.

Следует иметь в виду, что это слово не имеет точно го эквивалента в современном языке. Оно включает в себя и искусство и ремесло в современном смысле сло ва. В изящных искусствах также можно выделить и то го, кто следует определенным правилам и процедурам искусства (а не самому искусству), и того, кто действи тельно овладел искусством или использует его для прак тической цели (например, техника живописи как предмет).

В диалоге Платона «Горгий» Сократ связывает тѣх нѣ с языком. С одной стороны, он различает типы тѣх нѣ: во-первых, то, которое состоит главным образом из фи зической работы и требует минимального использо вания языка (например, скульптура), и во-вторых, то, которое более тесно связано с языком и требует неболь ших физических усилий (например, арифметика). С дру гой стороны, существуют нетехнические виды челове ческой деятельности. У раннего Платона тѣхнѣ относится ко всем видам человеческой деятельности, которые включают искусственный язык или рассуждение и в этом смысле связаны с знанием внутренней природы ве щей. Он пишет: «Вот что я называю угодничеством, и считаю его безобразным,.. потому что оно устремлено к приятному, а не к высшему благу. Искусством (тѣх нѣ.—В. Г.) я его не признаю — это всего лишь сноров ка — ибо, предлагая свои советы, оно не в силах разум но определить природу того, что само же предлагает, а значит, не может и назвать причину каждого из своих [действий]. Но неразумное дело я не могу назвать искусством (тѣхнѣ.—В. Г.)...» [63, т. I, с. 280- 281]. Таким образом, тѣхнѣ — это способность дать рацио нальное объяснение того, что оно предлагает. Но в то же время «логос тѣхнѣ», т. е. научная техника, просто не мыслим для древних греков, хотя и возможен для совре менной техники, являющейся детищем науки.

Это различие можно пояснить на следующем при мере «Воспоминаний о Сократе» Ксенофонта [105]. Сократ спрашивает изготовителя воинских доспехов о принципах его тѣхнѣ. Он спрашивает, почему его до спехи стоят больше, чем у других ремесленников, если тот не делает их более прочными или из более дорогих материалов. И ремесленник ему отвечает, что его цены

больше потому, что он делает отдельные части доспехов лучше соотносящимися.

Далее выясняется, что он не следует какому-то единому стилю или правилу пропорциональности, а подгоняет доспехи к каждому заказчику. Тем не менее он делает доспехи в соответствии с неким общим принципом: доспехи не должны действовать угнетающе на их владельца, а их совокупный вес должен распределяться по отдельным частям тела пропорционально их способности нести тяжесть. В то же время должна быть предусмотрена свобода перемещения владельца доспехов так, чтобы, когда он выпрямляется или сгибается, эти доспехи не беспокоили его.

Покупая же разукрашенные и позолоченные доспехи, если они соответственно не подогнаны, владелец их приобретает позолоченные и разукрашенные неприятности. Итак, общий принцип этого изготовителя доспехов — максимальная защита с минимальными помехами и ограничениями движению воина. Этот пример хорошо иллюстрирует тот род практического мышления, которым должен обладать человек техне.

В то же время логос не заключен в самом техне, техне просто использует логос, полученный им извне. «Разве живописец,— пишет Платон,— знает, какими должны быть поводья и уздечка? Это знают даже не те, кто их изготовил, то есть кузнец и шорник, а лишь тот, кто умеет ими пользоваться, то есть наездник» [63, т. 3 (I), с. 429]. Таким образом, здесь выделяются три типа техне: использование, изготовление и изображение.

Несомненно, изготовитель доспехов внимательно выслушивает критику и указания ветеранов, гоплитов (греческих тяжеловооруженных воинов) — людей, обладающих искусством (техне) битвы в доспехах.

Итак, производитель имеет только (истинное) мнение, тогда как пользователь — подлинное знание о достоинствах и недостатках продукта, который является целью производителя. Для современного инженера характерно, что подлинным знанием изготовленного им устройства обладает лишь он сам. Пользователь, например ЭВМ или радиоприемника, имеет перед собой «черный ящик», принцип функционирования которого скрыт. Да и сами потребности в том или ином предмете часто определяются изготовителем, а не потребителем, поскольку последний может и не знать обо всех истинных возможностях использования того или иного изделия.

Платон в диалоге «Филеб» различает *тэхне* и знание, науку. Первое — это искусство, например арифметика плотников, второе — систематическое знание, например «чистая» арифметика. По Платону, плотник просто использует более общее и универсальное арифметическое знание. И хотя арифметика — *логос*, используемый плотником, она не является *логосом* плотника в смысле существования отдельно от особого *тэхнэ*. Есть, кроме того, элементы знания плотника, которые просто не могут быть выражены через этот *логос*, т. е. не могут быть выражены в языке арифметики. Существуют даже такие элементы любого *тэхнэ*, которые не могут быть выражены вообще. Аристотелевский анализ плотницкого искусства аналогичен [102].

Массовое производство, а следовательно, тесно связанная с ним инженерная деятельность были бы немыслимы для античного мышления, и прежде всего технического, так как *тэхнэ* ориентировано на создание единичных вещей.

Для практики *тэхнэ* *логоса* недостаточно. *Тэхнэ* изучается прежде всего через практическую имитацию: «люди становятся строителями, строя» [102, с. 183]. Именно поэтому, видимо, у Аристотеля не было особого общего труда о *тэхнэ*. Критикуя софистов, Аристотель писал: «...они полагают, что можно обучать, передавая ученикам не [само] искусство, а то, что получено искусством, точно так же как если бы кто обещал передать знание того, как избавляться от боли в ногах, и после этого не обучал кожевенному ремеслу и способу, каким можно изготавливать такую обувь, а [вместо этого] предложил целый набор всевозможной обуви. Это, конечно, принесло бы пользу, но не содействовало бы обучению искусству» [10, т. 2, с. 593].

Особое понимание *тэхнэ* в отличие от техники и инженерии в современном смысле слова обусловлено еще тем, что древние греки не разделяли резко мир природный и мир искусственный. Античный человек проявлял интерес к природе, только если сам был ее частью или если были заметны следы его созидательной деятельности. Именно поэтому античный пейзаж всегда связан с человеком. «В античном искусстве необычны пейзажи, представляющие картину девственной природы, где не видно ни людей, ни каких-либо следов их деятельности или хотя бы кентавров или иных мифологических существ, которыми эллинская творческая фантазия населила всю землю и воду» [14, с. 72].

И в произведениях природы, и в произведениях искусства есть разумное основание (логос). И те и другие возникают ради известной цели. Если бы дом возникал от природы, то он возникал бы так же, как теперь, — путем искусства. Разница только в том, что произведение искусства создает кто-то другой (мастер), а организм создает сам себя. Но в обоих случаях цель и средство к ее осуществлению остаются те же.

Таким образом, в античности *тэхне*, деятельность ремесленника были искусством, а не наукой. Для древних греков большую ценность имели те искусства, которые в меньшей степени были обращены на получение выгоды, — это еще одно отличие от современной технической и инженерной деятельности, ориентированной на максимальную полезность, когда наиболее ценными оказываются наиболее практически выгодные проекты.

Аристотель в «Метафизике» по этому поводу отмечает: «Естественно поэтому, что тот, кто сверх-обычных чувственных восприятий первый изобрел какое-то искусство, вызвал у людей удивление не только из-за какой-то пользы его изобретения, но и как человек мудрый и превосходящий других. А после того как было открыто больше искусств, одни — для удовлетворения необходимых потребностей, другие — для времяпрепровождения, изобретателей последних мы всегда считаем более мудрыми, нежели изобретателей первых, так как их знания были обращены не на получение выгоды» [10, т. 1, с. 67].

Итак, *тэхне* — это прежде всего искусство, но искусство особого рода, смысл которого отличается от того, в котором оно употребляется сегодня, когда говорят «наука и искусство проектирования», т. е. в смысле противопоставления науки практическому опыту. По Аристотелю, опыт — это знание единичного, искусство — знание общего. «Появляется же искусство тогда, когда на основе приобретенных на опыте мыслей образуется один общий взгляд на сходные предметы» [10, т. 1, с. 65]. Например, считать, что одному человеку помогло какое-нибудь средство и оно же помогло другому и многим по отдельности — дело опыта. Дело же искусства убедиться, что оно при определенной болезни помогает всем людям какого-то одного склада, например вялым или желчным при сильной лихорадке.

В то же время искусство (*тэхне*) отличается и от науки. Оно направлено не на изучение сущего как такового, а на создание вещей. Из часто повторяющихся

восприятий возникает опыт, пишет Аристотель. Из опыта же, когда на сходные предметы вырабатывается единый общий взгляд, объединяющий многие практические восприятия, благодаря которым и приобретается навык (опыт), «берут свое начало искусство и наука: искусство — если дело касается создания чего-то, наука — если дело касается сущего», изучения сущности вещей [10, т. 2, с. 346].

Свободный ремесленник был заинтересован в высоком качестве производимой им продукции. В античности ремесленное производство — это прежде всего художественное производство. Оно не ориентировалось на науку в современном смысле этого слова, хотя и использовало научные знания, не было научной техникой и научным производством.

Прикладные исследования, направленные на специальное изучение техники, по существу, отсутствовали, как и многочисленные сегодня технические науки. В них тогда просто не было необходимости. Да и искусственные сооружения не отделялись тогда так четко от природных объектов. Кроме того, рабский труд (хотя в классический период доля его в Древней Греции не была столь уж велика и положение рабов было не таким однородным, как иногда думают) не способствовал развитию техники и целенаправленному приложению к ней науки.

«Шедевр» должен быть не хуже и не лучше

Шедевр в современном словоупотреблении означает виртуозно исполненный, недостижимый образец какого-либо искусства или науки. В средние века шедевром (от фр. *chef d'oeuvre* — «главный труд») назывался образец какой-либо ремесленной деятельности, который должен был выполнить подмастерье или любой, вступающий в разряд мастеров. Причем образец этот — канон — должен был отвечать четко определенным требованиям и качествам: «шедевр» должен быть не лучше и не хуже этого образца. Не хуже — так как тогда ремесленник профессионально не пригоден к отпращиванию своей деятельности и не может создать продукт, соответствующий ожиданиям потребителя; не лучше — так как тогда он, не отвечая установленным цеховой организацией стандартам, дискредитирует саму эту организацию и вносит в нее противоречия, конкуренцию,

грозит «взломать» традиционную цеховую структуру

Цехи, которые возникли в Европе в X—XII вв., в своих статутах строго регламентировали тип и качество используемого материала, качество и характер орудий производства, количество и качество выпускаемых изделий, поведение его членов и т. д. и вели надзор за тем, чтобы предписания этих статутах строго исполнялись. Обычно статут начинался примерно так: кто хочет и знает ремесло, может быть мастером с условием, чтобы он работал согласно обычаям и установлениям цеха, которые таковы [80].

Далее следует перечень запретов: запрещается брать за изготовление винной бочки, предназначенной «для оставления в Келье», больше 8 моргинов; запрещается санивать друг у друга работников под угрозой платы...; ни один мастер не имеет права изготавливать или заказывать другому для себя большее количество суконов, чем ему полагается; мастер не имеет права вырубать больше 110 кож в неделю; закупка материала для всего цеха производится старшинами, которые распределяют его между всеми членами цеха, как богатыми, так и бедными, тем, кто остался должен за прошлые покупки, не следует давать материала, пока они не уплатят долга... и т. д. и т. п. [80].

Однако «кто хочет» не мог стать членом цеха. Даже условия вступления в цех были жестко регламентированы: был необходим первый денежный взнос, предъявлялись определенные требования к происхождению и т. д. Срок ученичества мог быть достаточно долгим. Например, ювелирам приходилось изучать плавление металлов, сплющивание, комбинацию сплавов чеканку, гравировку, эмалирование, на что уходило около десяти лет.

Ремесленник должен был уметь не только обрабатывать сырой материал, но и изготовить свой инструмент. Чтобы стать мастером, необходимо было пройти сложное испытание: сдать «теоретический» экзамен и изготовить образцовое произведение, шедевр.

Кроме того, нужно было дать крупный денежный и натуральный взнос мастерам: «Желающий занять положение самостоятельного мастера в нашем цехе обязан дать цеху 2 бочки пива, марку на жаркое, 8 шиллингов панцирного взноса, стовек (4 бутылки. — В. Г.) вина старшинам и четыре шиллинга на покупку свеч...» [80, с. 393]. Все это усложняло процедуру вступления.

Да и количество мастеров было ограниченным, а переход в другие цехи затруднен. Поэтому к XIV в. повсеместно появляется промежуточный между учеником и мастером институт подмастерьев.

Таким образом, внутренний строй цеха — это постоянная регламентация, которая сопровождает каждого его члена с момента вступления в цех и кончая смертью. Однако нельзя рассматривать цех как явление только консервативное. К его оценке надо подходить исторически.

В момент своего зарождения цехи были прогрессивны. Цех формировался как корпорация свободных ремесленников, занимающихся одним и тем же ремеслом. (Первый известный случай возникновения городской ремесленной корпорации относится к 1061 г. — парижский цех свечников.) Цехи возникают тогда, когда ремесленное производство преимущественно перемещается в города и осуществляется свободными ремесленниками.

Однако постепенно цехи стали тормозом в развитии технической деятельности и ремесленного производства. Хотя к концу средневековья возникает множество разнообразных ремесленных цехов в соответствии с видами производств и даже разделением труда в них (например, сбыт продукции и закупка сырья постепенно выделяются в отдельные цехи, цех ножовщиков распался на изготовителей лезвий и черенков ножей, кожевенный — на сапожный, ременный, сумочный и т. д.), в них по-прежнему господствует дух традиционализма. Ремесленник был проникнут духом цехового консерватизма, работая так, как его отцы и деды, пользуясь полученными от них сведениями и опытом, и не был способен ни к какому новшеству — ни в расширении предприятия, ни в улучшении организации сбыта, ни в технике производства.

Боясь конкуренции, цехи были противниками всяких новшеств и изобретений. Изобретения воспринимались ими как «нечто отвратительное», нарушающее их привилегии. Цехи выдвинули запреты на пользование изобретениями и изделиями, полученными с их помощью, а также на рекламу и продажу товаров по более низким ценам, чем это было установлено их статутами, а изобретателей преследовали.

В акте Кельнского городского совета (1412 г.) записано: «Да будет известно... что к нам явился Вальтер Кезенгер, предлагавший построить колесо для пряде-

ния и кручения шелка. Но посоветовавшись и подумавши со своими друзьями... совет нашел, что многие в нашем городе, которые кормятся этим ремеслом, погибнут тогда. Поэтому было постановлено, что не надо строить и ставить колесо ни теперь, ни когда-либо впоследствии» [80, с. 371]. В конце средних веков цеховая организация промышленности приходит в противоречие с новыми потребностями производства, рассчитанного на широкий рынок.

Но были у средневековых ремесленников и качества, которых часто недостает современному инженеру, — озабоченность нуждами потребителя, ориентация не на абстрактного, усредненного, а на конкретного потребителя, стремление держать высокую марку цеха.

Средневековые «инженерные» фантазии

Средневековых схоластов интересовали не столько сами предметы, сколько сопоставление мнений, рассуждения об этих предметах. Тем не менее не следует и умалять достижений схоластической учености — на таких диспутах оттачивались теоретический фундамент науки, умение превращать факты в понятия, логически строго рассуждать исходя из немногих общих положений.

Все же одних логических доводов было недостаточно, и в качестве основания для предпочтения был провозглашен опыт. «На средние века, — писал Ф. Энгельс, — смотрели как на простой перерыв в ходе истории, вызванный тысячеletним всеобщим варварством. Никто не обращал внимания на большие успехи, сделанные в течение средних веков: расширение культурной области Европы, образование там в соседстве друг с другом великих жизнеспособных наций, наконец, огромные технические успехи XIV и XV веков. А тем самым становится невозможным правильный взгляд на великую историческую связь...» [1, т. 21, с. 287—288].

Уже Альберт Великий, Фома Аквинский, Роджер Бэкон, Вильям Оккам в качестве источника познания объявили вещи, предметы, объекты. Несмотря на существенное различие философских концепций этих мыслителей, все они намечают сходную схему получения истинных знаний.

Линия познания, получившая у Роджера Бэкона название опытной, или экспериментальной, идет от ве-

щей, которые воздействуют на органы чувств. Причем это воздействие может быть независимым от мышления или же подчиненным ему. В результате приобретаются знания эмпирического порядка (интуитивные, наглядные и т. п.).

Роджер Бэкон писал: «...без опыта ничего нельзя познать в достаточной мере.

Имеются ведь два способа познания, а именно с помощью доказательств и из опыта. Доказательство приводит нас к заключению, но оно не подтверждает и не устраняет сомнения так, чтобы дух успокоился в созерцании истины, если к истине не приведет нас путь опыта...

Следовательно, доводов недостаточно, необходим опыт» [7, с. 872—873]. Как видим, меняется отношение к опытной науке, которая теперь рассматривается как дающая «совершенное знание», обладающая «великими преимуществами перед другими науками», ее приоритет обосновывается тем, что она «обладает удивительной пользой». Такое понимание прямо противоположно аристотелевскому разделению наук, где лучшей считается наименее полезная наука.

У Роджера Бэкона опытная наука «предписывает, как делать удивительные орудия и как, создав их, ими пользоваться, а также рассуждает обо всех тайнах природы на благо государства и отдельных лиц и повелевает остальными науками, как своими служанками...» [7, с. 877]. Подобная агитация за опытную науку была следствием изменения средневекового мирозерцания, перехода от распространенного в античности идеала непосредственного созерцания истины без вмешательства в природу к манипулированию с природными объектами для достижения истинного знания, что в античности было просто невозможно. И не последнюю роль в этом сыграли алхимические действия, которыми, кстати, увлекался и Роджер Бэкон.

Алхимия занимала особое место в средневековой культуре, располагаясь между техническим ремеслом и натурфилософией: «В самом деле, теоретизирование алхимиков практично по преимуществу в смысле цели, хотя и заранее безнадежно; практика же умозрительна, эфемерна и живет лишь в слове, да и то тайном, темном. Вещественная же фактура алхимической лаборатории совпадает с фактурой мастерской технохимика-ремесленника. *Ар-Рази* (IX—X вв.) свидетельствует, например, что почти *«все приборы* (алхимической ла-

боратории) можно найти у золотых дел мастера» [69, с. 24].

Однако что же лежало в основе «теории», которой руководствовался алхимик в своих действиях? Он не просто совершает конкретные технологические действия в современном понимании, он творит магическую процедуру: трансмутация, например, железа в золото — не просто химическое превращение одного в другое, а поиск философского камня, золото для него не просто металл, а философский принцип («золотость»), содержащийся во всех вещах, знак совершенства.

Для нас переход алхимика от его «теоретических» (скорее, «мифотеоретических») принципов к алхимической практике — всегда загадка, для него — естественная вещь. Рациональное воспроизведение его квазипрактического действия (в виде химической формулы, например) для нас в принципе невозможно — для этого надо принять его образ мира, каждый раз воспроизводящийся в любом отдельном алхимическом рецепте. Для нас рассуждения и действия алхимика звучат как пародия на современную науку и инженерную практику.

Рецепты для него самого всегда имеют сокровенный космический смысл и вполне реальны, даже более реальны, чем видимая простым глазом природа. Его священный смысл никогда не может быть до конца рационально истолкован с точки зрения современной естественной науки, если его не сопоставить со всей культурной ситуацией рассматриваемой эпохи, с представлениями, предубеждениями и верованиями, со всей системой мирозерцания средневекового алхимика, ремесленника, человека. Но алхимик — это не ремесленник, а алхимический рецепт не идентичен ремесленному (хотя они и близки друг другу).

Алхимик всегда преследует сверхприродную и сверхчеловеческую цель, и любой полезный (с современной точки зрения) практический результат его деятельности для него самого является побочным, ремесленник же ориентирован на потребителя, на достижение вполне конкретной практической пользы. Однако он, так же как и алхимик, — средневековый человек, и поэтому все основные атрибуты средневекового сознания для него, конечно, сохраняются.

Каковы же культурные особенности средневекового ремесла? Это рецептурность; ритуальность (знание в форме секрета); авторитарность — ссыла на боже-

ственный или непререкаемый человеческий авторитет («так надо!», «почему?» — исключено раз и навсегда): внутренняя связь с искусством — предмет осмысливается как нечто индивидуальное; устремленность на автоматизм («знание должно быть организовано так чтобы как можно скорее переходить в опыт, в мускульный неосознаваемый ритм, знание должно учить тому как обходиться без мышления»). Рецептурное знание надо запомнить в мельчайших деталях, чтобы затем точно воспроизвести его по заданному «сценарию» [50, с. 31]. Всякое отступление от него может привести к необратимым и неконтролируемым последствиям. Действование с вещами по данному «сценарию» — дело космической важности.

Таким культовым отношением к слову и действию было пронизано все мирозозерцание средневекового человека. И рецепт ремесленника был не проектом практического действия, как современное рецептурное знание, основанное на науке, а воспроизводимым каноническим образцом ремесленно-магической процедуры, проекцией магического сознания. Поэтому средневековый ремесленный рецепт можно уподобить ритуалу, воспроизводящему соответствующий миф, но не конкретные тексты и сюжеты, а систему мифологического мышления. Мифомышление организовывало мировосприятие ремесленника, «миф был не знанием, а жизнью его не изучали, в нем (и им) мыслили» [92, с. 99].

Современный даже не инженер, техник-мастер-практик, утверждая, что он работает «без всякой науки», все же измеряет заданные наукой параметры, например температуру, содержание углерода в стали и т. д., пользуется научными понятиями и представлениями, ориентируется и работает в рамках научной картины мира, которая «сидит» в нем прочно с самого детства, как миф в сознании средневекового ремесленника. Рецепт же последнего построен по закону мифа, иначе не ясно, почему закаливание стали обязательно должно осуществляться в золе кожи черного козла и в моче рыжего мальчика. Почему черного? Почему козла? Почему рыжего? Оказывается, в этом скрыт сокровенный символ потусторонних дьявольских сил [92].

Кузнец-ремесленник — одновременно маг-колдун. Он священнодействует на грани светлых и темных сил, его социальный статус высок (он может сидеть даже в присутствии короля!). «Подобно этому и вещь рассматривается не как простая наличность, исчерпываемая

своими внешне обнаруживающимися свойствами. Так, вещь, изготовленная мастером, появляется в силу того, что имеется, конечно, совокупность приемов-предписаний (утвержденных, отчетливо определенных, алгоритмичных) по ее изготовлению, но сам этот рецепт сохраняется в тайне и, кроме того, в появлении вещи участвует *тайное искусство* мастера — *превосходящий* всякое предписание акт творения, вкладывающий в произведение его субстанциальную форму» [12, с. 122].

Средневековое знание энциклопедично независимо от того, где оно излагается: в философском трактате или ремесленном рецепте. Поэтому ремесленный рецепт — это не только практическое предписание к исполнению, но и одновременно весь мир, подобно кафедральному собору, со всей иерархией божественного и чувственного. Поэтому в нем собрано все — от практических замечаний и наблюдений до ветхозаветных истин [92, с. 61].

Однако за всем этим видимым хаосом лежит «квизитеория», выстраивающая его в стройную иерархию мироздания, где средневековому сознанию все понятно и все имеет сокровенный смысл, как на картине Босха, содержание которой средневековым человеком воспринималось целостно и не требовало объяснений, для современного же человека оно еще должно быть «рассекречено», «расшифровано».

Античное понимание практики как независимой от знания и науки (и наоборот, науки как независимой от практики) постепенно изменяется; на искусство и технику начинают смотреть как на действие и произведение, в основе которых лежит божественный замысел, план, постижение которого и есть первое дело мудрости — философии и науки. Этому в значительной степени способствовало осознание природного чувственного мира как эманации (истечения) божества. Тогда познание мира, действие с природными вещами осмысливалось как познание бога-творца.

По Роджеру Бэкону, «духовные вещи познаются через телесные следствия и творец — через творение...» [7, с. 869]. (Вспомним Платона, который негодовал против искажения чистых идей геометрии чувственными вещами, их телесными эквивалентами, которые затуманивают божественную истину в глазах мудреца, познаваемую лишь непосредственным усмотрением.) Возможно, это влияние его алхимических занятий. Наука должна изучать мир через опыт, действие с при-

родными объектами, а техническая практика должна быть освещена наукой.

Отсюда уже недалеко и до осознания рациональных основ технического действия, так характерных для современного инженера. Пытаясь «применить» теоретические дисциплины (прежде всего геометрию и перспективу) к технической практике, Роджер Бэкон извергает целый поток «инженерных» фантазий. Он говорит об обработке линз и создании инструмента, при помощи которого «отдаленные предметы покажутся близкими и наоборот». При посредстве «особых стекол» можно «солнце, луну и звезды кажущимся образом спустить вниз и показать над головой наших врагов», можно дать «такую форму (прозрачным телам) что ... скрытое станет видимым» [86, с. 174—175]. Многие его рассуждения — лишь (часто невыполнимые) фантазии, но это уже «инженерные», а не мифологические фантазии, основанные на признании практической, созидательной силы знания и отрицании мифомышления.

Отличие «инженерных» фантазий Роджера Бэкона от мифологических может быть проиллюстрировано следующим сравнением со сказкой.

Однажды вечером путники подошли к пещере, перед которой полулежала отдыхала стройная бледная женщина. Она поддерживала руками свою голову с длинными светло-красными волосами, ее серые глаза смотрели задумчиво.

«Как зовут тебя, женщина? — спросил Зигварт, — и что ты здесь делаешь?»

«Я — Вёла, Провидица, и живу в этой пещере, — ответила незнакомка. — Ты искал меня, чтобы задать мне вопрос?»

«Ты можешь отгадывать загадки, Вёла? — спросил удивленно юноша. — Я могу поставить много вопросов, на которые никто не может ответить. Я хочу испытать, на что ты способна. Скажи, как выглядит та звезда вблизи и кто ее жители?»

Он указал на звезду, которая восходила на темное ночное небо с мерцающим блеском.

Вёла поднялась, взгляд ее стал пристальным и отсутствующим.

«Твое желание исполнится», — сказала она и подняла руки вверх, как будто стаскивая невидимое покрывало.

Звезда стала больше и придвинулась ближе, затем еще ближе к Зигварту...

Отчетливо различил он скалы и море, которые скоро выступили еще яснее. Голые каменные скалы казались такими огромными, будто доставали до самого неба; волны моря кипели, бродили и с огромной силой ударились о них. На скалах не было видно ни деревца, ни травинки... (Далее идет подробное описание увиденного Зигвартом странного «морского народа», потом обратной картины удаления.)

Чужой мир удалялся сначала медленно, а затем все быстрее. Скоро он стал снова звездой, сверкающей на небе.

«Какой удивительный мир!» — воскликнул Зигварт.

«Этот народ моря нашел бы нас тоже странными, — возразила Вёла. — Ты хочешь еще посмотреть что-нибудь, юноша?»...

В этом отрывке из старонемецкой сказки (а сказка всегда граничит с мифом, хотя уже теряет ранг первой реальности), так же как и у Р. Бэкона, видно желание решить проблему кажущегося приближения далеких небесных тел, которая была решена Галилеем, создавшим телескоп. Однако в сказке эта проблема решена иррациональным, мифологическим образом. «Чудеса» же Р. Бэкона вполне рациональны и, кроме того, в принципе «инженерно» реализуемы (считается, например, что он даже создал первые очки).

Мифологическое повествование всегда воплощает в себе сплав обыденного — как отражения существующей технической практики — и чудесного — как воплощения извечных чаяний и стремлений человека к господству над «темными» силами природы, «легкому» управлению «по слову» древними технологическими процессами, которые давались первобытному человеку так тяжело. Это придает мифу сказочную притягательность, как, например, Гефестовы самодвижущиеся треножники и управляемые словом кузнечные мехи из приведенного отрывка «Илиады» Гомера. Конечно, можно, как это нередко делают, найти здесь аналогии (и даже истоки) с современной кибернетической техникой, но такой подход не будет исторически корректным. Он не учитывает специфики мифомышления и его отличия от рационального научного и инженерного стиля мышления, зачатки которого обнаруживаются у Роджера Бэкона и которые являются продолжением рациональной традиции античной философии и науки.

При описании конкретных «практических» рецептов

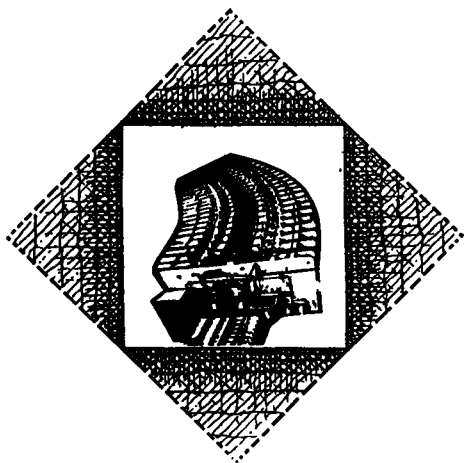
Р. Бэкон алхимически «зашифровывает» их — просто он не может полностью освободиться от данного типа мышления как человек своей эпохи, да и наука еще не имела понятийных средств для такого рода описаний. Не случайно Р. Бэкон пишет: «Не надо прибегать к магическим иллюзиям, когда науки достаточно, чтобы произвести действие» [86, с. 178]. Если он и производил такие действия, то они были еще в значительной степени алхимическими.

Роджер Бэкон повествует о ряде технических чудес, в которых уже нет ничего магического и принципиально невозможного. Это уже близко к зарисовкам и «проектам» Леонардо да Винчи. Но можно ли Р. Бэкона назвать инженером? Конечно, нет.

Да и ремесленная техника тогда была в принципе не готова реализовать его «инженерные» фантазии. Роджер Бэкон четко отделяет и разграничивает неосознанную ремесленную техническую практику и практическое действие, построенное на науке. «Существует естественный и не совершенный опыт, который ... не отдает себе отчета в своих приемах; им пользуются ремесленники, но не ученые. Выше его, выше всех умозрительных знаний и искусств стоит умение производить опыты, и эта наука есть царица наук» [86, с. 163].

Жесткая цеховая регламентация ремесленной технической деятельности, слабая специализация ремесел внутри цехов, ограниченность рынков сбыта, отсутствие стимулов, заставляющих удешевлять и увеличивать выпуск изделий, незаинтересованность в развитии технической базы определяли тогда отношение к технике.

О ТОМ, КАК ИНЖЕНЕРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СТАЛА ПРОФЕССИЕЙ



Чем различаются инженерный и научный стили мышления

В истории инженерной деятельности всегда существовали две главные тенденции, характерные и для современного этапа ее развития. Одна — ориентация на практику, другая — на науку. Эти две тенденции основываются на различных взглядах на саму суть инженерной деятельности. Первая рассматривает ее как искусство, т. е. систему приемов и методов практической деятельности (например, строительное искусство, искусство проектирования и т. п.), вторая — как науку, как порождение науки, как результат приложения науки к технической практике.

В течение XVIII—XIX вв. эти две тенденции конкурируют и поочередно возобладают и в сфере практической инженерной деятельности, и в сфере инженерного образования. «Мы видим, как во второй половине XIX в. постепенно и планомерно механика и техника меняются ролями. Чем ближе к концу столетия, тем все большее число инженерных задач предварительно подвергаются более или менее глубокому теоретическому исследованию. Начинают появляться и отрасли техники,

которые были бы вообще немислимы, если бы предварительно не было выполнено научное исследование» [53, с. 108].

Технический стиль мышления близок художественному, как видно еще из понимания *téchnè* в античной культуре, поскольку оба они связаны с очеловечиванием природы. В эпоху Возрождения эта связь получает новое выражение в деятельности великих мастеров: художников — инженеров — ученых. И хотя у них намечается четкая ориентация на науку, преобладающим является художественный стиль мышления. Мифологическая картина мира средневекового техника-ремесленника в эпоху Возрождения вытесняется художественной картиной реальности, художественным мировосприятием, освященным стремлением к научному познанию окружающего человека мира.

И техника, и искусство, как отмечал русский инженер П. К. Энгельмейер, являются объективирующими деятельностями, т. е. такими, которые воплощают некоторую идею, осуществляют некоторый замысел. В этом смысле техническая деятельность — творческая деятельность человека. Однако «художественное мышление в противоположность научному и техническому не имеет предметной организации (наподобие физики, химии, теории машин и механизмов, теории упругости и т. д.). Его культурная функция — проблематизация ценностей, идеалов и культурных образцов, выражающих замысел и пути формообразования мира по законам красоты» [78, с. 99].

Инженерное же мышление, вырастающее в определенный исторический период в массовый тип мышления, несет в себе черты как практического технического мышления предшествующих эпох, переработанного цехом художников-архитекторов Возрождения в новый художественно-научно-технический стиль, так и теоретического мышления архимедово-галилеевской научно-технической парадигмы (классическим воплощением которой являются часы Гюйгенса). По мнению выдающегося русского инженера В. Л. Кирпичева, настоящий инженер должен сочетать в себе задатки ученого, практика и художника, что «указывает состав инженерного образования: нужно начинать с чистой науки и на ней основывать прикладные знания, но в то же время не оставлять без внимания и искусство» [95, с. 144].

С художественным мышлением инженера сближает и широкое использование им графических средств для

выражения своих идей. «Чертеж,— писал немецкий инженер А. Ридлер,— важнейшее, часто единственное средство выражения, необходимейшее орудие творчества инженера; это его язык — язык богатый и международный. Чертеж в машиностроении есть средство выразить мысль конструктора, выразить так, как того требуют обстоятельства, например, чтобы ее мог усвоить исполнитель-рабочий» [72, с. 51]. Но чертеж для инженера — это не только средство коммуникации с исполнителями и коллегами, это идеализированная, но в то же время поставленная в четкое соответствие с практикой, реальностью, плоскость выражения его мысли. Именно поэтому инженеры предпочитают чертить схемы, а не писать формулы или текст.

Мышление инженера разворачивается в этой графической идеализированной плоскости, в ней он материализует первоначально свою инженерную идею (замысел), чтобы затем воплотить ее в производстве, в пространстве трехмерных материальных форм. По отношению к этим материальным формам такая промежуточная материализация выступает идеальным представлением, существующим до их реального осуществления. В отличие от художника это графическое идеализированное пространство не служит инженеру для изображения, художественного отображения окружающего мира с целью вызвать эстетическое наслаждение (пусть даже с применением строгих геометрических методов как в учении о перспективе Альбрехта Дюрера, нашедшем воплощение в его картинах), а для детализации и конкретизации предварительной инженерной идеи в развернутую схему и для научного обоснования (исследования) и математического расчета этой схемы, чтобы впоследствии можно было выполнить рабочие чертежи — предписания мастерам и рабочим к осуществлению, реализации его замысла.

Техническое черчение — это воплощенная наука, по словам А. Н. Боголюбова, «не что иное, как применение методов начертательной геометрии к решению некоторых практических задач из области машиностроения, строительства, транспортной техники или какой-либо другой отрасли» [15, с. 58]. А одним из создателей этого «языка инженера» является французский инженер и математик Гаспар Монж. «Он понял, что для развития техники необходимо создать строго научную, математически точную систему графических изображений, с помощью которой можно было бы переносить на

плоскость пространственные структуры и, наоборот, воспроизводить в реальном материале и в реальных условиях проект, возникший в уме архитектора или инженера и изображенный им на плоскости» [15, с. 45]. В этом смысле Монж был продолжателем учения о перспективе художников-инженеров эпохи Возрождения. Но он пошел дальше их, сделав «язык чертежа», с одной стороны, более строгим и поистине научным, а с другой — пригодным для решения практических инженерных, технических задач.

Очень скоро техническое черчение стало центральным пунктом инженерного образования. Как отмечал в конце прошлого века В. Л. Кирпичев, «для инженера черчение должно быть родным языком, которым он владеет вполне свободно и естественно. В современных технических школах студенты значительную часть своего времени проводят в чертежных и вполне усваивают себе графический язык. Даже при изложении теоретических предметов в школах для инженеров часто находят более удобным прибегать к этому языку вместо обыкновенных арифметических выкладок и алгебраических формул. Графические построения и графические вычисления получили права гражданства в науке, и применение их повело к созданию новой науки — графической статике, которая по роду вопросов, ею решаемых, но и по приемам, ею употребляемым, должна быть названа настоящей наукой для инженеров» [94, с. 126]. В других отраслях техники также сложились особые графические средства для выражения инженерных идей, хотя и не всегда тесно связанные с геометрией, как, например, электрические схемы в электротехнике и радиотехнике.

Итак, на протяжении веков сформировались три основные особенности инженерного мышления — художественная, практическая (или техническая) и научная. И хотя инженеры более охотно рисуют чертежи и схемы, а ученые пишут формулы и тексты (статьи, монографии, учебники и т. п.), современное инженерное мышление глубоко научно. И чертеж, схема, этот язык инженера, буквально пронизаны наукой, прежде всего математикой. Они для инженера одновременно и средство связи науки с реальным миром технической практикой.

Но хотя техника стала научной, это совсем не значит, что она превратилась в придаток физики, механики, химии. Она стала научной в том смысле, что выра-

ботала свои собственные науки, а именно технические науки. И если современное научное мышление может быть по праву названо научно-техническим, то современное инженерное — технически-научным, точнее, соответственно единым научно-инженерным и инженерно-научным мышлением. Но это единство принципиально двойственно, поэтому в инженерной деятельности и мышлении, а значит, и в инженерном образовании заложены основы для конкуренции двух главных позиций — ориентаций на техническое практическое искусство и техническую науку.

Научная картина мира, вырабатывавшаяся и совершенствовавшаяся на протяжении XVII—XVIII столетий, только в XIX в. начинает робко и далеко не автоматически входить в повседневный быт рядового инженера. В XVIII в. галилеева экспериментальная математизированная наука так и не дошла еще до всех «углов» инженерной практики. Практическая инженерная деятельность большей частью оставалась пока инженерным искусством.

Мастера-Инженеры

Первые инженеры появляются в эпоху Возрождения. Они формируются из среды ученых, обратившихся к технике, или ремесленников-самоучек, приобщившихся к науке. Именно в этот период на историческую арену выходит фигура «инженера, техника-специалиста, одним из основных, а позднее и единственным занятием которого является выполнение различных гражданских и военных технических сооружений» [29, с. 231]. В последние десятилетия Римской империи тоже были руководители крупных технических работ и теоретики техники, «но оба эти занятия... были резко отделены друг от друга. Техник оставался либо старшим рабочим, либо только администратором, которому теория была не нужна; теоретик же был по большей части философствующим дилетантом» [29, с. 231].

Первые инженеры — это одновременно художники-архитекторы, консультанты-инженеры по фортификационным сооружениям, артиллерии и гражданскому строительству, алхимики и врачи, математики, естествоиспытатели и изобретатели. Таковы, например, Леон Батиста Альберти, Леонардо да Винчи, Ванноччо Брингуччо, Никколо Тарталья, Джироламо Кардано и

другие. «Это был величайший прогрессивный переворот из всех пережитых до того времени человечеством, эпоха, которая нуждалась в титанах и которая породила титанов по силе мысли, страсти и характеру, по многосторонности и учености... Тогда не было почти ни одного крупного человека, который не совершил бы далеких путешествий, не говорил бы на четырех или пяти языках, не блистал бы в нескольких областях творчества. Леонардо да Винчи был не только великим живописцем, но и великим математиком, механиком и инженером, которому обязаны важными открытиями самые разнообразные отрасли физики. Альбрехт Дюрер был живописцем, гравером, скульптором, архитектором и, кроме того, изобрел систему фортификации... Кабинетные ученые являлись тогда исключением; это люди второго и третьего ранга, или благоразумные филистеры, не желающие обжечь себе пальцы», — писал Ф. Энгельс [1, т. 20, с. 346—347].

На смену традиционной, цеховой ремесленной деятельности постепенно приходит инженерная деятельность, опирающаяся на науку. «Вместо анонимных ремесленников все в большем количестве появляются техники-профессионалы, крупные технические индивидуальности, знаменитые далеко за пределами непосредственного места своей деятельности. Но быстрое и принципиально новое развитие техники требует и коренного изменения ее структуры. Техника доходит до состояния, в котором дальнейшее продвижение ее оказывается невозможным без насыщения ее наукой. Повсеместно начинает ощущаться потребность в создании новой технической теории, в кодификации технических знаний и в подведении под них некоего общего теоретического базиса. Техника требует привлечения науки» [29, с. 303].

В эпоху Возрождения ассимилируются многие взгляды и представления средних веков, но им придается иной смысл, расставляются новые акценты: постижение божественного замысла начинает трактоваться в познавательном плане — как выявление в науке законов природы (получение научных знаний), а построение в соответствии с законами природы технического действия — как практический, «инженерный» акт. В результате архитектор-инженер и техник-изобретатель этого времени рассматривают и природу, которая описывается в философии и науке, как объект своей практической деятельности, а эту последнюю — как искусство, подчиня-

ющеся законам и действиям природы. «Отцами искусств, как говорят, были случай и наблюдения; пестунами же искусства — практика и опыт; а знание и рассуждение питали его рост», — писал Альберти [6, с. 179].

Быстрое развитие государственности и торговли стимулировало совершенствование военного дела, прежде всего фортификации и артиллерии, строительство гидротехнических и архитектурных сооружений, изготовление различных машин, в том числе и хитроумных увеселительных механизмов и автоматов. Совершенствование артиллерии и фортификации было жизненно необходимо для существования самостоятельных городов-республик Италии: от точности попадания в цель и дальноточности их орудий, прочности фортификационных сооружений часто зависела и их независимость. Одним словом, инженеры-консультанты везде были нужны и высоко ценились королями, герцогами, городскими властями.

Но для осуществления всех этих видов деятельности недостаточно было традиционных ремесленных навыков. Поэтому, решая технические задачи, первые инженеры и изобретатели обращались за помощью к математике и механике, из которых они заимствовали знания и методы для расчетов. А если этих знаний не хватало, они стремились получить их сами, становясь на время подчас весьма продуктивными учеными. Никколо Тарталья, например, инженер-самоучка, будучи «свободным» консультантом техников по вопросам математики, занимаясь, в частности, проблемой увеличения дальности артиллерийской стрельбы (его расчетные таблицы траектории полета снарядов долгое время применялись артиллеристами-практиками), опубликовал книгу «Новая наука», объясняя ее публикацию тем, что необходимо, чтобы каждый христианин был лучше вооружен как для нападения, так и для защиты от угрожавшего венецианцам султана Сулеймана [32].

Знание, как видим, рассматривается теперь как вполне реальная сила, а инженер — как обладатель этого знания. Насколько высоко ценилось такое знание, видно на примере «рядового» (каких тогда было много) флорентийского инженера Чеки, вышедшего из ремесленной среды — из цеха столяров, изготавливавших для архитекторов деревянные модели сооружений, строительные леса и подъемные сооружения. Он был взят флорентийской коммуной на постоянный оклад в качестве городского инженера. В мирное время он ремонти-

ровал крепости, занимался изобретением приспособлений для развлекательных аппаратов. В военное время он помог устроить искусный подкоп, с помощью которого была взята вражеская крепость. Во время выполнения одной из инженерных работ (при измерении лотом высоты стены он выглянул из-за нее) Чеки был убит из арбалета: для врагов его изобретения были страшнее, чем наступление целого войска.

Чеки, однако, не был выдающимся или крупным инженером. Но он был характерной фигурой для того времени. В этот период инженеры были еще недостаточно (с современной точки зрения) научно образованными «выходцами из цехового ремесла, но все тянулись к науке, ощущая абсолютную необходимость ее для надлежащей постановки своих технических работ» [29, с. 240]. Можно сказать, что они уже ориентировались на научную картину мира (хотя еще недостаточно опирались на науку в своей повседневной практике), а не на мифологическую, как средневековый ремесленник.

Да и сам великий Леонардо да Винчи, в молодые годы «нанимаясь» на службу к герцогу миланскому Лодовико Моро, рекламирует в письме к нему прежде всего свои познания и достоинства как военного инженера и лишь в конце как скульптора и живописца. Вот текст этого письма:

«Так как я, светлейший государь, уже достаточно видел и изучал произведения всех тех, которые считают себя мастерами и изобретателями военных орудий, и убедился, что замысел и действие этих орудий ничем не отличаются от обычно применяемых всеми, я хотел бы, чтобы без ущерба для кого бы то ни было Ваша светлость выслушала меня, причем я открою ей свои секреты и предлагаю на ее усмотрение в удобное время оправдать на опыте все то, что частично и вкратце ниже изложено:

1. Я знаю способ делать чрезвычайно легкие, выносливые, прочные и легко переносимые мосты, пригодные для преследования врагов и для бегства от них, и другие безопасные и предохраненные от огня и боя, легко поднимаемые и опускаемые; знаю также способы сжигать и разрушать мосты противника.

2. Я знаю способ, как во время осады какого-нибудь места спустить воду из рвов и как сделать множество мостов, кошек и лестниц и других приспособлений, нужных в таких предприятиях.

3. Также, если благодаря высоте стен, или укреплен-

ности места, или его положения при осаде его невозможно будет пользоваться бомбардами, я знаю способ разрушить всякую цитадель или другого рода крепость если только она не построена на скале, и т. п.

4. Кроме того, я знаю системы удобнейших и легких в перевозке бомбард, умею метать ими камни наподобие бури и их дымом нагонять великий ужас на врага с большим для него уроном и смятением и т. п.

5. Также я знаю способы прокапывать тайные изогнутые ходы без всякого шума... даже если бы пришлось проходить под рвами или какой-нибудь рекой.

6. Также я могу сделать закрытые и совершенно неуязвимые повозки, которые со своей артиллерией, ворвавшись в ряды врагов, вызовут поражение силы любой величины. И за ними может следовать пехота совершенно безопасно и без затруднения.

7. Также, если потребуется, я могу сделать бомбарды, мортиры и огнеметы прекрасной и целесообразной формы, не похожей на обычные.

8. Где нельзя будет применять бомбарды, я сконструирую катанульты, манганты, стрелометы и другие орудия удивительного действия и не похожие на обычные. И вообще в соответствии с каждым данным случаем могу сконструировать бесконечное множество разных приспособлений для нападения (и защиты).

9. И если случилось бы быть в море, я знаю множество систем приспособлений для нападения на суда, которые не будут повреждены выстрелами бомбард любой величины, и пороха, и дыма.

10. В мирное время я надеюсь выдержать сравнение со всяким в архитектуре, в постройке зданий, как общественных, так и частных, и в проведении воды из одного места в другое.

Также я берусь в скульптуре — в мраморе, бронзе или глине, так же как и в живописи, выполнить все, что возможно, не хуже всякого, желающего померяться со мной... и т. д. и т. п.» [29, с. 350—351].

Леонардо, сочетая деятельность собственно художника (он был сначала учеником в мастерской живописца, скульптора и техника Вероккио) с деятельностью техника-экспериментатора, много времени уделял созданию различных увеселительных механизмов, гидротехнических проектов, консультировал и руководил работой фортификаторов, экспериментировал с красками и не всегда удачно (из-за этого так быстро разрушилась его картина «Тайная вечеря»). Он очень долго работал

над картинами, поскольку большую часть времени конструировал леса и всякие механические приспособления к ним, чем раздражал учеников и приводил в бешенство заказчиков. И в конечном счете большую часть своих гонораров он получал именно как военный и гражданский инженер.

Список инженерных изобретений и возможных работ, предлагаемых в письме Леонардо, не является пустой похвалой или невыполнимой «инженерной» фантазией, хотя и неизвестно, что именно из них умел он делать в действительности. В течение жизни он реализовал некоторые свои обещания, хотя многие из них тогда и не могли быть реализованы. В его записках содержатся подробные описания и рисунки, которые, конечно, еще не адресованы конкретному исполнителю, но из них уже можно понять, как их можно воплотить в конкретных сооружениях и устройствах. Это были своеобразные «эскизные проекты», поскольку они основаны на тщательном исследовании природы.

Само существование нереализованных проектов наряду с реализованными — первый признак проектной культуры, в которую вступило человечество в эпоху Возрождения: проектность культуры заключается «в том, что она делает упор на идеальные моменты существования, в том что духовный план бытия для нее вполне реален, что материальные блага для нее лишь средства, а не цель, что действительность возможности она предпочитает возможной действительности... Для нее наличие нереализованных проектов не менее важно, чем реализованных» [40, с. 93—94].

Для инженеров Возрождения характерно стремление не канонизировать недостигаемые образцы, не делать их достижением узкого круга мастеров данного ремесленного цеха, а усовершенствовать существующие образцы, улучшить их, внести в них свое «я» и сделать их всеобщим достоянием, обнародовать, «опубликовать» их под своим именем, которое эти изобретения, в свою очередь, могут прославить. Это уже не нечто экстраординарное в культуре Возрождения, созданное однажды отдельным ученым для демонстрации всесильности науки, как было с Архимедом. Теперь архимедовы хитрые машины стали создаваться многими и повсеместно. Им не просто удивляются, они теперь нужны, труд по их созданию оплачивается и есть многочисленные их заказчики и потребители.

Инженерия незаметно стала профессией наряду

с другими, скажем, преподавателя, врача, адвоката, нотариуса и т. д., хотя еще не вполне сложились ее социальная организация (но из традиционной цеховой ремесленной структуры она уже вырвалась!) и социально-экономические средства охраны приоритета и авторских прав.

В записях Леонардо да Винчи содержатся, как считают исследователи, не только его собственные практически нереализованные «проекты», но и описания существовавших приспособлений и машин, сделанных другими инженерами.

Его записи в принципе проектны по своей направленности, хотя и засекречены (написаны в зеркальном отображении), а значит, и некоммуникативны, по типу алхимического рецепта (кстати, Леонардо усердно занимался даже алхимией, но в его записях нет ничего мистического или мифологического, они научны в своей основе). Однако засекречены не потому, что недоступны непосвященным, а, напротив, потому, что любой может выдать их за свои («украсть»), что нередко случалось и о чем он с горечью сетовал. Социальный механизм защиты авторских прав изобретателей, в том числе их экономического обеспечения, выработался позже. Например, английский изобретатель Сэмюел Морленд, но уже в XVII в., специально занимался получением таких патентов (в частности, на изобретенный им водяной насос), защищавших монопольные авторские права и утверждаемых особыми биллями (законами), которые зачитывались в парламенте (на основе тщательного исследования специально назначаемой комиссией экспертов).

«Проекты» Леонардо не были и просто, как иногда думают, необузданной фантазией, наподобие «инженерных» фантазий Роджера Бэкона. Нереализованные — не значит нереализуемые! Как отмечает известный историк науки В. П. Зубов, трезвость бодрствующего ума всегда противопоставляется Леонардо мир сновидений, пустых снов, фантастических химер. «Изобретение» создает вещи не существующие, но возможные в природе. «Воображение» же направлено на вещи химерические, невозможные и недостижимые. Для Леонардо да Винчи изобретение и даже живопись как искусство — это не просто результат фантазии, полухудожественное наитие или слепое следование ремесленной традиции, а следствие тщательного исследования природы и ее законов. Поэтому во фрагменте «О за-

блуждении тех, кто пользуется практикой без науки» он писал: «Те, кто влюбляется в практику без науки, подобны кормчим, выходящим в плавание без руля и компаса...

Практика всегда должна быть построена на хорошей теории, для которой перспектива — руководитель и вход, и без нее ничто не может быть сделано хорошо в случаях живописи» [99, с. 367].

Брунеллески и Альберти уже не просто фантазируют, как Р. Бэкон, о возможности создания удивительных увеличительных устройств, но разрабатывают (наряду с другими) теорию перспективы (фактически геометрическую оптику), на основе сознательного использования которой созданы так называемые «перспективные (оптические) приборы — устройства», и прежде всего камера обскура — действительный прообраз телескопа Галилея, первоначально так и называвшегося по-латыни — *perspicillum* (перспектива).

Однако все же остается открытым вопрос: почему в эпоху Возрождения появляется такое большое количество инженеров-изобретателей, отстаивающих свои авторские права и положение в обществе, а в средние века их почти совсем нет или, вернее, о них почти ничего не известно?

Дух изобретательства и нововведений охватил в это время все слои общества. Наряду с истинными изобретателями появилось множество самозванцев и псевдоизобретателей (значит, быть изобретателем стало престижно!). Например, В. О. Ключевский в «Курсе русской истории» сообщает, что тверской поп Нестор якобы изобрел «танк» — «подвижной редут», но даже под пыткой не хотел раскрыть секрет своего «изобретения» никому, кроме самого царя (видимо, боялся потерять приоритет!). Ключевский пишет об этом так:

«...Пошли слухи и толки, что наверху жалуют за всякую полезную новость, какую кто найдет или придумает... Устройство внешней обороны страны, открытия и изобретения для ее усиления стали животрепещущими вопросами... В 1629 г. тверской поп Нестор подал царю челобитную с извещением о «великом деле, какого Бог не открывал еще никому из прежде живущих людей ни у нас, ни в других государствах, но которое Он открыл ему, попу Нестору, на славу государю и на избавление нашей огорченной земле, на страх и удивление ея супостатам». Обещал поп Нестор соорудить государю дешево походный городок, в котором ратные люди могут за-

щищаться, как в настоящей неподвижной крепости. Напрасно бояре упрашивали изобретателя сделать модели или чертеж придуманного им подвижного редута, что бы показать его государю. Поп объявил, что, не вида государевых очей, ничего не скажет, потому что не верит боярам. Его сослали в Казань и три года продержали там в монастыре в цепях за то, что рассказывает за собою великое дело, а дело не объявляет и делает это как будто для смуты, не в своем разуме» [42, с. 339–340].

Начиная с эпохи Возрождения кажется вполне нормальным требовать закрепления авторских прав за изобретение инженера. И если его изобретению присваивают чужое имя, он, будучи уязвлен, от этого безмерно страдает. Средневековый же человек, напротив, стремился приписать своему детищу (изобретению или трактату) авторство божественного или непререкаемого человеческого авторитета. Не случайно Полидор Вергилий в своей книге «Об изобретателях вещей» (1-е издание вышло в Венеции в 1499 г.) сетует, что невозможно отыскать имен для многих древних изобретений, в том числе артиллерийских орудий, мельниц, механических часов с боем и т. д. — они анонимны по самой своей сути. И наоборот, в эпоху Возрождения заново переоткрываются, но уже с именем многие известные в древности изобретения, например порох, который давно применялся китайцами. Это вполне понятно, поскольку именно тогда и возникает одна из первых форм инженерной деятельности — изобретательство и одна из первых форм новой инженерной профессии — инженер-изобретатель.

Средневековые изобретатели, чтобы обеспечить распространение своего нововведения, часто скрывали свое авторство или затушевывали его, приписывая его какому-либо авторитету. Поэтому средневековые ученые и философы более охотно писали многочисленные и многотомные комментарии к трудам таких авторитетов, как, например, Аристотель. «Мы узнаем о тех или иных нововведениях случайно, по косвенным упоминаниям, по материальным предметам. Например, считается, что известный ювелир Годфруа де Клер из Гюи был изобретателем особой техники полихромной эмали. Но это предположение основано только на том, что первые из известных изделий, выполненных в этой технике, вышли из его мастерской. Сам же факт изобретения нигде не отмечен. Разумеется, имена многих изобретателей могли

не дойти до нас. Но дело не только в этом. Раз авторы были забыты, то это значит, что их эпоха (в отличие от нашей) и не заботилась о сохранении памяти о них, что изобретательство тогда (опять-таки в отличие от нашего времени.— В. Г.) не являлось деятельностью, высоко ценимой обществом» [93, с. 97].

Наконец, многое объясняется особенностями личности средневекового ремесленника, который не ограничивал себя от цеха, мастерской, корпорации. Стремясь улучшить сделанное, «ремесленник не осознавал, что он творит новое, и даже старался не осознавать, ибо вся социально-культурная обстановка препятствовала этому» [92, с. 53].

В XV—XVII вв. отношение к нововведениям коренным образом меняется. Клеймо Мастера становится лично значимым, а сам он — свободной творческой индивидуальностью. Изменяется и социальный статус Мастера, и отношение к нему общества. Это хорошо видно на примере русского «литца», пушечного мастера Андрея Чохова.

Андрей Чохов всю жизнь проработал на Московском Пушечном дворе — крупном ремесленно-промышленном предприятии того времени, где впервые на Руси были введены новые мануфактурные принципы организации труда, но которое было еще тесно связано с ремесленным производством. Каждый мастер имел здесь несколько учеников, причем в учениках в те годы ходили по десять лет и более. Чтобы стать мастером, нужно было выполнить самостоятельную пробную работу «на образец» (фактически средневековый «шедевр»).

На Пушечном дворе Андрей Чохов ознакомился со многими отраслями технического знания, и прежде всего с искусством литья пушек и колоколов. Здесь делали и оружейные припасы.

Россия весьма преуспела ко времени Ивана Грозного в этом искусстве. Крупные литые орудия стали именными, выпускались с личным клеймом мастера. Например, на одном из них отчеканено: «Божею милостию Иван, царь и великий князь, государь всея Руси. Пищаль Волк. Делан в лето 7085. Делал Ондрей Чохов». Позже он именуется «пушечным мастером», чтобы отличаться от многих «пушечных и колокольных литцов».

Социальный статус такого Мастера был относительно высок. На Пушечном дворе все мастеровые люди не платили налогов, им регулярно выдавалось жалованье

(денежное и хлебное), выделялось жилье (изба в Пушкарной слободе). А сам Чохов получал денежное жалование даже больше, чем административный глава Пушечного приказа — пушечный приказчик Игнатий Трескин. Жаловал его царь и отдельно по выполнении крупных работ.

Технический процесс отливки больших артиллерийских орудий был сложен. Например, изготовление орудия «Царь Ахиллес» длилось около года. В работах участвовало большое количество людей (потребовалось соорудить новое подъемное оборудование, срубить новый большой литейный амбар, много времени ушло на подготовку литейного материала и т. п.), а руководил работами «пушечный мастер» Андрей Чохов, о чем свидетельствует клеймо. На мелкие орудия клейма не ставилось, но выполнялись они в большом количестве по единому «проектному» рецепту. В «Уставе ратных, пушечных и других дел, касающихся до воинской науки» иногда даются очень подробные рецепты-предписания. В одном из них описано, как делать ядра в «огненной хитрости»:

«...положи составы в огненные хитрости в мешок и учини вверху и внизу по кольцу железному и потом обвяжи мешок кругом сквозь колец вервью и как то свяжешь и ты проделай дырю сквозь мешка от кольца и до другого кольца и в ту дыру сделай железной проемной гвоздь, чтоб у гвоздя с одного конца была лапа, а в другом конце была бы чека железная, и взяв за тот гвоздь и учнешь в серу и в смолу и всякие составы замачивати... И как все то свершишь и ты поделай стволики боевые железные глухие концы остры бы сваями длиной по ядру смотря, а по острым концех у стволиков поделай запалы, да заряди те стволики добрым порохом, да свинчатыми пульками, и те стволы вбивай острыми концами в то связанное огненное ядро, чтоб дула у стволиков с ядром ровны были... И таких стволов доведется в ядро огненное вделати сто или двести или триста, смотря по простору величины ядра. И как все те железные стволики в то связанное ядро вделаешь, потом обдай то ядро огненными составы и увей его гораздо вервymi и потопляй его в серу еловую и серу горючую» [55, с 49—50]

Рецепт «огненной хитрости» рационален, «проектен» и поэтому воспроизводим. В рецептах этого времени уже нет ничего мистически-мифологического, хотя и нет еще собственно науки, да и техническая термино-

логия не совсем устоялась. Средневековый шедевр, как и рецепт его изготовления, неотделим от мастера, неразрывно слит с ним. В эпоху же Возрождения «рецепт как форма деятельности отделяется от мастера. Не только рецепт, но и вещь живет уже самостоятельно — отделенной от мастера жизнью» [69, с. 63]. Поэтому на ней и ставится личное клеймо Мастера, удостоверяющее, кто ее сделал, «изобрел».

В эпоху Возрождения сформировалось особое отношение к Инженеру не просто как к технику, ремесленнику (как это было в древности и в средние века). Он теперь Творец, подобно божественному творцу, творящий само бытие. «Сначала он подражает творцу мира и природы, а затем постепенно сам начинает творить мир и — вторую — природу. ... Художник подражает теперь не столько созданиям бога, что, конечно, тоже имеет место, — он подражает самому *творчеству бога*: в созданиях бога, т. е. в природных вещах, он стремится теперь увидеть *закон их построения*» [20, с. 516]. И тогда «машину мироздания можно назвать великой и благородной живописью, рукою господина и природы нарисованной» (Бенедетто Варки) [99, с. 397].

В центре мироздания становится Человек, созданный отчасти небесным и божественным, он является высшим творением бога и ему подчинены все другие создания. А художник-инженер из рядового члена ремесленной корпорации превращается в придворного, «князя» искусств, в самоценного творца, носителя божественного таланта, владеющего даром божьим, равного в искусстве самому богу. «...Началом этих искусств была сама природа, образцом же или моделью — прекраснейшее мироздание, а учителем — тот божественный пламень, вложенный в нас особой милостью, который поставил нас не только выше всех прочих животных, но и сделал нас подобными, да будет дозволено нам это сказать, богу» (Вазари) [99, с. 427].

Наиболее характерна такая эмансипация Мастера от ремесленной среды для Альбрехта Дюрера — живописца и гравера, архитектора и фортификатора, знатока математики и оптики. Родившись в семье нюрнбергского ювелира, он принадлежал к ремесленной среде, но сумел преодолеть ограниченность ремесленника, превратившись в высокообразованного человека (Ювелирам, кстати, приходилось изучать, как уже говорилось, плавление металлов, сплющивание, комбинацию сплавов, чеканку, гравировку, эмалирование — не так мало!)

Он первым начал подписывать не только картины и гравюры, но и рисунки, считая, что легкий рисунок великого мастера ценится выше кропотливой работы ремесленника. Дюрер большое значение придавал науке, особенно математике, прежде всего геометрии и перспективе, фанатически веря во всемогущество знания. Даже в живописи он работал фактически как мастер-инженер, буквально конструируя портрет.

Инженерная деятельность и экспериментальное естествознание — братья-близнецы

В предыдущем разделе мы говорили о том, что инженерная профессия сложилась в результате обособления Инженера-Художника от средневекового ремесленного цеха. Это так. Но следует оговориться, что сам ремесленный цех был уже не тем, чем был раньше, особенно цех художников.

Учитель Леонардо да Винчи Вероккио, ремесленник по происхождению и образованию, усиленно и серьезно занимался математикой и обучал ей своих учеников. Для художников-техников эпохи Возрождения живопись не была лишь ремесленным искусством, она стала сложной наукой и почиталась выше всех искусств. Поэтому они так горячо ратовали за введение ее в состав так называемых свободных искусств, куда, в частности, входила и математика (ранее живопись включалась в состав механических искусств, или ремесел).

По мнению Леонардо, «живопись распространяется на философию природы», она «состоит из тончайших умозрений». Живопись — это наука об изучении природы и ее законов, «образ природы». Живопись основана на зрении, «благороднейшем из чувств человека», окне души, которое «непосредственно ведет к интеллекту». Но поскольку она базируется на зрении — в основе ее лежит геометрия. Отсюда такое решающее значение придавалось математике. Однако это не абстрактная математика, отвлеченная от действительности, природы. Это геометрия, тесно связанная с природой, — учение о перспективе.

Альберти в связи с этим отмечал: «...я пишу об этих вещах не как математик, а как живописец; математики измеряют форму вещей одним умом, отрешившись от всякой материи». Альберти же желает изобразить

вещи только для зрения («живописец должен стараться изобразить то, что видимо»). Поэтому он дает материально зримые образы математических объектов: поверхность — это «крайняя часть тел, которая познается не в своей глубине, а только лишь в своей длине и ширине, а также в своих качествах... Плоская поверхность будет такая, что если положить на нее прямую линейку, она во всех частях будет к ней прилегать. С такой поверхностью очень сходна поверхность воды». И далее: «...поверхности приобретают различия в зависимости от перемены места и света». (Определение дано совсем не математически, а физически). «...Поверхности измеряются некими лучами, как бы служителями зрения, именуемыми поэтом зрительными, которые передают чувству форму предметов» [99, с. 330—331]. Эти лучи Альберти представляет в виде тончайших нитей, идущих от глаза к противоположащей поверхности. Таким образом, здесь налицо «математизация природы», так характерная для современного математического естествознания со времен Галилея, в отличие от качественной физики («философии природы») Аристотеля.

И действительно Галилей был хорошо знаком с учением о перспективе итальянских живописцев. Он в течение всей своей жизни дружил с Лодовико Чиголи — выдающимся живописцем его времени. Галилей даже помог ему (в письме) разработать аргументы против тех, кто утверждал, что скульптура выше живописи. Именно геометризация природы, или, иначе, материализация геометрии, во многом позволила Галилею создать новую науку — математизированное экспериментальное естествознание.

Итак, «визуализация» объектов природы художниками Возрождения позволила дать их геометрическое описание в науке Нового времени. Современная инженерная деятельность также пользуется ее средствами — работа в плоскости чертежа, схемы, закладывает основу будущих инженерных проектов, графической проектной документации.

Леонардо да Винчи в своих записках как истинный инженер горячо отстаивает преимущество чертежа над словесным описанием: «О, писатель, какими словами будешь ты описывать полную конфигурацию, которую этот чертеж здесь составляет» [106, с. 185]. И это не удивительно! Чертеж, рисунок, набросок — самая душа трех искусств: архитектуры, скульптуры, живописи. В нем воплощается предварительный замысел худож-

ника. «В уме образуется нечто, что, будучи затем выражено руками, именуется рисунком», который представляет собой «не что иное, как видимое выражение и разъяснение понятия... которое человек вообразил в своем уме и которое создано в идее» (Вазари) [99, с. 418, 419].

Но живопись, рисунок являются основой всех механических искусств: «ведь ни один кузнец или ремесленник не сможет сделать даже ложки без рисунка» (Пало Пино) [99, с. 491]. Как это похоже на современное инженерное проектирование и конструирование, в которых техническая документация никогда не обходится без эскиза, чертежа, схемы.

Таким образом, живопись для художников-инженеров эпохи Возрождения — это не просто наука о природе, но и средство выработки правил для действия на базе раскрытых природных закономерностей. «Если бы ты меня спросил: что дают эти твои правила? — пишет Леонардо да Винчи. — На что они нужны? Я тебе отвечу: они обуздывают инженеров и исследователей, не позволяя им обещать себе или другим вещи невозможные и прослыть безумцами или обманщиками» [37, с. 135]. Рассуждая о том, как создаются «все произведения искусства», Бенедетто Варки замечает: «Прежде всего обдумывается и устанавливается цель того произведения искусства, которое хочет кто-то заказать, потом изыскиваются те средства, которые соответствуют этой цели и достаточны для ее достижения» [99, с. 390]. (Чем не описание порядка инженерной работы!)

Живопись для художников Возрождения — это прежде всего «конструирование» совершенного изображения: если такового нет в природе, художник составляет его из различных существующих в природе вещей (как изображение совершенного человека). Но для этого опять нужна наука, исследование естественных, природных строений, а «для познания совершенных и несовершенных частей человеческого тела надобен анатомический подход» (Винченцо Данти) [99, с. 447].

Именно в этом смысле надо понимать высказывание: «Искусство должно подражать природе» — не в смысле копирования, а в смысле воссоздания в искусственных построениях, где существуют свои законы. Разве это не инженерный подход, базирующийся на науке? Да, но лишь в основе. Для дальнейшего развития новой техники требовалась и новая наука.

Одним из творцов этой новой науки, ориентирован-

ной на технические нужды, является Галилей. Именно он установил отношения между научными знаниями и объектами практики. Его фундаментальный труд «Беседы и математические доказательства» начинается описанием знаменитого венецианского арсенала: «Обширное поле для размышления, думается мне, даст пытливым умам постоянная деятельность вашего знаменитого арсенала, синьоры венецианцы, особенно в области, касающейся механики, потому что всякого рода инструменты и машины постоянно применяются здесь большим числом мастеров, из которых многие путем наблюдений над созданиями предшественников и размышления при изготовлении собственных изделий приобрели большие познания и остроту рассуждения. ...Вы несколько не ошибаетесь, синьор. Я, будучи по природе любознательным, часто ради удовольствия посещаю это место, наблюдая за деятельностью тех, которых по причине их превосходства над остальными мастерами мы называем «первыми»; беседы с ними не один раз помогли мне разобраться в причинах явлений не только изумительных, но и казавшихся сперва совершенно невероятными» [21, т. 2, с. 116].

Галилей выбрал необычную для схоластической науки позицию: техника стала опираться на математические знания и модели. В то же время он критиковал ремесленную точку зрения на техническую деятельность, не учитывающую научных знаний и законов при сооружении машин: «Механики часто заблуждаются, желая применить машины ко многим действиям, невозможным по самой своей природе». Главная причина этих заблуждений состоит в том, что механики-практики, «строющие иногда свои изобретения на ложных основаниях», «обманывают природу, не учитывая основы ее устройства» [21, т. 2, с. 8, 54, 10]. (Как это созвучно приведенному выше высказыванию Леонардо!)

Подобная ориентация одновременно на инженерную практику и математическое знание (причем получаемое строго теоретически) в значительной мере предопределила направление развития галилеевских идей: теоретическое исследование траектории движения снаряда и было той исходной задачей; с которой Галилей начал свои исследования. Ее постановка и решение стимулировались запросами нарождающейся инженерной практики (в данном случае связанной с развитием артиллерии).

Эта задача была поставлена еще Никколо Тартальи,

который консультировал инженеров и артиллеристов венецианского арсенала, как надо наклонить орудие, чтобы оно стреляло дальше. И он дает необычный, казалось бы, ответ — под углом 45° . Несколько опытов оказали его правоту, причем сам он утверждал, что у него были «математические доводы», хотя он нигде их не воспроизводит (доказательство этого факта теоретически дал Галилей).

В книге «Проблемы и различные изобретения», изданной в 1546 г., Тарталья писал, что траектория полета снаряда (т. е. тела, брошенного под углом к горизонту) в этом случае «не имеет ни одной части, которая была бы совершенно прямой». Галилей доказал и показал, что движение будет идти по параболе — математической кривой.

Сопоставляя траекторию полета артиллерийского снаряда (криволинейное движение) с уже известными в геометрии кривыми, и в частности со спиралью Архимеда, Галилей явно под влиянием архимедова метода приходит к мысли разложить движение снаряда на равномерное и естественно ускоренное движение (свободное падение). Именно эта мысль, по-видимому, стимулировала его стремление построить единую науку (теорию) о всех трех видах движения (криволинейном, равномерном и свободном падении).

На первых этапах работа Галилея, по существу, не отличалась от архимедовой. Однако приступив к построению теории свободного падения, он обнаружил, что сконструированные им модели и идеальные объекты не могут полностью объяснить эмпирические знания о свободном падении тел. Галилей стал не только усложнять и перестраивать эти идеальные объекты, но и решительно изменил философское представление о научной теории, и прежде всего о характере и процедуре научного обоснования: он связал воедино теоретическое и опытное (экспериментальное) доказательства, чем заложил основы не только новой экспериментальной науки, но и современной инженерной деятельности.

Согласно представлениям Галилея, модели и идеальные объекты теории должны объяснять не всю сумму знаний, относящихся к изучаемому объекту, а лишь те знания, которые получены в эксперименте. Именно в эксперименте объект, построенный в теории, сопоставляется с объектом-оригиналом. Выявив различия, а также зная инженерные возможности, можно определить технические средства и устройства, позволяющие со-

здать условия, в которых оригинал ведет себя в соответствии с теоретическими представлениями. Таким образом, в процессе эксперимента объект-оригинал преобразуется в «экспериментальный» объект, как инженерную реализацию идеального объекта (предварительно построенного в теории).

Реальный объект, по Галилею, с одной стороны, точно соответствует идеальному объекту, с другой — трактуется как искажение идеального поведения объекта под воздействием различных факторов, например трения. Это дает возможность Галилею изменять реальный объект, практически воздействуя на него. В результате нейтрализуются его «нежелательные» свойства, которые мешают отождествить реальный объект с идеальным.

До Галилея научное исследование по античному образцу мыслилось как получение знаний об объекте, который всегда рассматривался как неизменный. Никому не приходило в голову практически изменять изучаемый реальный объект (в этом случае он мыслился бы как другой объект). Ученые, напротив, старались так усовершенствовать теоретическую модель, чтобы она полностью описывала поведение реального объекта.

Таким образом, Галилей не только создал модель экспериментальной деятельности. Он показал, как строить научное знание, чтобы его можно было использовать в технических целях.

Такой подход стал возможен потому, что новая наука Галилея уходила корнями в техническую практику, которая была к этому времени достаточно богатой (а обобщение ее требовалось весьма настоятельно), и ориентировалась на нее. С инженерами и техниками Возрождения Галилей был связан самым непосредственным образом. Его научная карьера начиналась «технически» — Галилей учился во Флоренции у инженера и архитектора Риччи, принадлежавшего к школе Тартальи. Восприняв от него интерес к технической практике и инженерным задачам, Галилей постоянно в течение всей своей жизни поддерживал с инженерами самую тесную связь.

Атмосфера социальной необходимости технических инноваций, создававшаяся в это время в Италии, подогревала многих так или иначе пробовать свои силы на изобретательской ниве. Не обошла эта страсть и Галилея. В течение многих лет он имел в своем доме в Падуе техническую мастерскую, в которой изготавливал научные инструменты и ставил опыты. Падуя принадлежала Ве-

нецианской республике, и Галилей поддерживал постоянные контакты с венецианским арсеналом.

Проблема определения траектории полета снарядов стала в это время очень актуальной. От ее решения в буквальном смысле зависела точность попадания в цель. «Ошибочная теория неизбежно приводила к порочной технике, а ошибки последней больно отражались на самом существовании ошибающегося... Отстать в военном деле, а следовательно в его технике, значило потерять право на существование» [29, с. 224]. Университетская наука, занимающаяся проблемами движения, не интересовалась решением подобных задач. Она была совершенно оторвана от технической практики. Применяемые же расчетные таблицы давали только приближенные значения.

Если Тарталья решал эту задачу инженерным путем, то Галилей заинтересовался ею как ученый. Теоретическое описание траектории движения снаряда и было той исходной задачей, с которой Галилей начал свои исследования.

Галилей постоянно подчеркивал и практическую направленность своих умозрений. В предисловии к «Рассуждениям о телах, плавающих в воде, и о тех, которые в ней движутся» он, например, отмечает, что его труд бесполезен «и для постройки мостов или иных сооружений над водами» [21, т. 2, с. 43]. Сравните с трудом Архимеда «О плавающих телах», где рассматриваются аналогичные проблемы. Да и сама работа Галилея навеяна этим трудом.

Однако для Архимеда мысль указывать в теоретическом труде на его практическую применимость, видимо, казалась абсурдной — труд должен быть построен по канонам «чистой» доказательной науки типа евклидовой геометрии. Галилей не просто слепо следует Архимеду: «Сам Архимед научил меня удовлетворять свой разум только тем, в чем убеждают меня рассуждения, а не только авторитет учителя...» [21, т. 2, с. 43]. Он действует в теории иным путем — инженерным, тем, которым действовал Архимед на практике, но который не допускал в науку. В связи с этим Галилей отмечал: «Выводы последнего (Архимеда. — В. Г.) я постараюсь подтвердить иными методами и иными средствами...» [21, т. 2, с. 44], т. е. «инженерно организованным» опытом, например, экспериментом с сосудами из воска и с зернышками свинца.

Описание им опыта равноценно инженерному рецепту

и технически воспроизводимо: «Кто хочет произвести подобный опыт с другим удобным материалом, легко принимающим любую форму, может взять чистого воска и сделать из него шарик или другую плотную фигуру и затем прибавить к воску свинца в таком количестве, чтобы эти фигуры с трудом тонули, т. е. чтобы свинца на одно зернышко менее было бы уже недостаточно для их погружения. Придав тому же воску форму сосуда и наполнив его водою, найдем, что без свинца он не пойдет ко дну, а со свинцом опустится с медленностью; в общем, налитая вода не внесет никакого изменения». В результате он заключает: «...доктрина Архимеда истинна, так как вполне согласуется с опытами...» [21, т. 2, с. 58]. Такая аргументация в теории Архимеду даже в голову не могла прийти. У Галилея же она, несомненно, навеяна техническими занятиями.

Галилей был не только изобретателем и конструктором (телескопа и других технических инструментов науки), но и величайшим пропагандистом использования технических устройств в научном исследовании, не только создателем, но и умелым пропагандистом новой экспериментальной науки.

В связи с этим Галилей отмечает, что «нисыменное изложение представляет единственный способ научить различать истинное от ложного, действительные причины от кажущихся» [21, т. 2, с. 42]. (Сравните с приведенным выше замечанием Леонардо да Винчи о приоритете рисунка над словесным описанием.) Поставив перед собой задачу убедить ученых-оппонентов в правоте своей новой науки, Галилей обращается к широкой аудитории итальянских инженеров-практиков, часто не знавших латыни и чуждых классической средневековой университетской образованности.

Не случайно эти университетские ученые не приняли его аргументов и даже объявили «кажимостью» существование гор на Луне и спутников Юпитера. (Конечно, телескоп Галилея был тогда не лучшим, а весьма слабым средством для наблюдения, и многое увиденное в него могло быть отнесено за счет оптических искажений. Но кроме того, над университетскими учеными-философами довлела установка аристотелевской физики, согласно которой все небесные тела должны обладать идеальной, божественной шарообразной формой.) Поэтому Галилей, так же как и Леонардо, писал по-итальянски, а не на латыни, как было принято в ученых философских трактатах того времени. Галилей обращался

к новой, ставшей уже достаточно широкой и заинтересованной в новой науке инженерной аудитории.

«Диалог» и «Беседы» — еще не «Начала» Ньютона, но уже и не записки Леонардо да Винчи. От «Начал» их отличает нестрогость изложения, от Леонардо — стремление аргументированно и развернуто доказать всем правоту своей точки зрения. Именно логика изложения заставляет его рассуждать более научно, чем Леонардо да Винчи. Леонардо обращался к самому себе и, возможно, к потомкам, но не к современникам. У него еще нет строго выдержанной терминологии, а только первые попытки найти нужные слова и понятия для выражения инженерных и научных идей.

Жанр записок Леонардо — это жанр «проектных записок», замечаний к «проектам», прообраз будущих описаний изобретений. Они требуют научной терминологии, но еще не выполняют, как позже, коммуникативной функции (передачи замысла, руководства к созданию искусственного сооружения другими). Пока еще это заметки для себя.

Чертежи и описания, пометки на рисунках — та зримая «реальность», в которой разворачивается и актуализируется инженерное мышление Леонардо. У него еще нет ощущения необходимости создания строгой понятийной системы, характерной для сложившегося позже естествознания, это задача Галилея — ученого, а не инженера, но ученого, создавшего язык инженера, его понятийные средства. Однако логика предмета заставляет Леонардо переосмысливать слова обыденного языка, вкладывать в них новый (научно-технический) смысл.

Поэтому так часто в записках Леонардо можно встретить целый каскад терминов. Например, в начале «книги о воде» он дает более или менее точные определения широкой водной поверхности, бассейна (*pelago*), пучины (*gorgo*), реки (*fiume*), потока (*torrente*) и некоторых других понятий.

Затем Леонардо да Винчи переходит к простому перечислению слов, по возможности употребимых для описания водной стихии («гидродинамических» процессов): «отскакивание, круговое движение, круговращение, обращение, кружение, отражение, погружение, вздымание, склон, подъем, углубление, исчерпание, удар, разрушение, опускание, стремительность... замедления, порывы, разделения, отверстия, быстрота, сила, яростность, стремительность, слияние...» [37, с. 99]. Такое ощущение, что он ищет нужные слова для описания водной

потока и находит их много, но между этими словами еще нет никакой строгой логической связи, соединяющей их в концептуальную (понятийную) схему науки, делающую их научными понятиями, без чего невозможно никакая научная теория.

У Леонардо да Винчи нередки и поэтические образы для передачи увиденного явления глазами художника во всей его единичной конкретности, картинности, дающей зримый осязаемый образ этого явления. «И если ты даешь направление воде, — замечает он, — напиши о том, как открывать ее затворы вверх, в середине или внизу, о различиях, которые она обнаруживает, успокоясь или двигаясь на поверхности, и о том, какое действие она производит, падая таким образом на землю или стоячую воду, и о том, что она делает, только что придя в движение, как она ведет себя в ровном и неровном капале и как она внезапно образует водовороты и вымоины, что можно видеть в однокамерных шлюзах Милана» [37, с. 101]. Но даже и в этом случае он мыслит не просто как художник, наблюдающий незамутненную человеком природу, но и как инженер, описывающий функционирование искусственного инженерного сооружения (шлюза) и пытающийся понять, как в нем все это происходит. Здесь еще нет научного объяснения, как у Галилея, для которого опыт — это средство доказательства. У Леонардо он лишь фиксация увиденного, может быть, с определенными инженерными, но не научными целями.

Галилей, задавшись вопросом: «Почему в проливах течение быстрее, чем на открытых местах?», также наблюдает функционирование инженерных сооружений — каналов, но преследует при этом чисто научные цели. Он пытается «понять причину сильных течений, возникающих в узком проливе», и в конечном счете доказать вращение Земли, перенося полученные при наблюдении искусственных сооружений выводы на природные процессы. Галилей, используя инженерные средства, мыслит и действует прежде всего как ученый-естествоиспытатель. Он не просто разрабатывает более строгие научные понятия, но и «конструирует» особую идеализированную плоскость рассуждения, идеализированный мысленный эксперимент, как «проект» реального эксперимента, особое идеализированное представление природных объектов, которое затем может быть практически реализовано в эксперименте (с помощью устранения побочных влияний).

Однако в экспериментальном естествознании ученый

должен не только построить логически удовлетворительную теоретическую схему, объясняющую и предсказывающую ход развития того или иного природного явления, но и сконструировать практическую экспериментальную ситуацию, воспроизводящую это явление искусственно, в наиболее «чистом виде», отвлекаясь от его второстепенных черт, и проверяющую достоверность выбранной теоретической схемы.

Действительно, чтобы осуществить эксперимент, надо, устранив побочные явления, воссоздать природный процесс инженерным путем в условиях, которые не наблюдаются в природе в чистом виде. Например, Галилей, проверяя закон падения тел, выбрал для бросаемого шарика очень твердый материал, позволяющий практически пренебречь его деформацией. Кроме того, он всячески старался устранить трение на плоскости (в канале, прорезанном в доске), оксидив ее отполированным пергаментом.

В свою очередь, инженерным путем воссозданные в эксперименте ситуации должны быть представлены и описаны в научном плане как некоторые идеализированные конструкции. В данном случае такой конструкцией является наклонная плоскость. Теперь искусственно полученная экспериментальная ситуация рассматривается уже как некоторый идеализированный естественный процесс движения природных тел по наклонной плоскости, т. е. объективно. Полученная теоретическая схема может быть распространена на некоторый класс реальных объектов, для которых можно пренебречь трением и упругой деформацией.

Таким образом, Галилей мыслит и как инженер. Не случайно он так часто апеллирует не к чистому наблюдению, созерцанию очевидности, что было характерно для античной науки, а к ремесленной технической практике. Доказывая шероховатость Луны по тому, как она отражает солнечные лучи, Галилей говорит: «...также и бриллианты выделяются со многими гранями», «отшлифованная сталь под некоторыми углами зрения кажется блестящей, под другими темной». «...Известно, что различные точки зрения при рассматривании шлифованных поверхностей порождают такие световые различия, что для подражания и изображения в живописи например шлифованного панциря, нужно накладывать беспримесные черные и белые краски одну рядом с другой на тех частях этого вооружения, куда падает прямой свет» [21, т. 1, с. 177].

Галилей для доказательства своих утверждений обращается и к наблюдению за функционированием действующих технических устройств, например насоса. В «Беседах и математических доказательствах» он писал: «...насос имел поршень с верхним клапаном, так что вода поднималась всасыванием, а не давлением, как это делается в насосах с нижним клапаном. Пока колодец был наполнен водою до определенной высоты, насос всасывал и подавал ее прекрасно, но как только вода опускалась ниже этого уровня — насос переставал работать. Заметив первый раз такой случай, я подумал, что насос испорчен, и позвал мастера для починки; последний заявил, однако, что все было исправно, но что вода опустилась до той глубины, с которой она не может быть поднята насосом вверх; при этом он прибавил, что ни насосами, ни другими машинами, поднимающими воду всасыванием, невозможно поднять воду и на волос выше 18 локтей; были ли насосы широкими или узкими — предельная высота остается той же самой» [21, т. 2, с. 128].

Невозможность искусственного воспроизведения какого-либо природного явления — самый веский аргумент Галилея. Для него математический объект (например, точка) всегда соотносится не только с физическим объектом (физическое тело, скажем, камень), но и с искусственно созданным объектом (например, некое пушечное ядро). Однако Галилей не просто соотносит их, он их идеализирует, «конструируя» в теории особые «идеальные объекты» (иначе говоря, абстрактные, идеализированные объекты теории).

Они специально конструируются в теоретическом знании как результат особого рода идеализации и схематизации экспериментальных, а следовательно, и инженерных объектов. Таковы, например, у Галилея упоминавшаяся выше наклонная плоскость или математический маятник — идеализированная модель маятниковых часов, на которой могут быть исследованы законы свободного падения тел. Здесь действие одной причины — сопротивление воздуха отделено от действия другой причины — силы тяжести. Именно такой опыт не оставлял, с его точки зрения, сомнения в ложности существовавших тогда в науке аристотелевских представлений. Без такой идеализации было невозможно не только экспериментальное естествознание, но и инженерная деятельность.

Современный инженер чаще всего не имеет дела не-

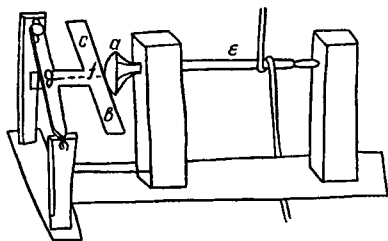


Рис. 4. Станок для шлифовки линз. Рисунок И. Ньютона

посредственно с реальными техническими объектами, его мышление разворачивается в идеализированной плоскости проекта, чертежа, схемы. Он не сам изготавливает технический объект, а лишь руководит изготовлением, организует его производство, эксплуатацию и техническое обслуживание. Деятельность инженера к деятельности ученого-экспериментатора гораздо ближе, чем это иногда думают. Поэтому классические образцы инженерной деятельности часто дают именно ученые, конструирующие экспериментальное оборудование, а не профессиональные техники-практики.

Ученые или инженеры-изобретатели?

Итак, многие крупные ученые-естествоиспытатели Нового времени, совершенствуя экспериментальную технику, разрабатывая и проводя эксперименты, дали подлинные образцы изобретательской инженерной деятельности. Даже Ньютон — этот признанный теоретик физической науки номер один — изобрел телескоп новой конструкции — отражательный телескоп.

Сама идея изобретения была простой — о свойстве вогнутых зеркал увеличивать изображение предметов было известно давно. Однако на пути реализации этой идеи было много чисто технических трудностей. Требования к качеству шлифовки зеркальной поверхности были в этом случае очень высокими и лежали за пределами возможностей существовавшей тогда технической практики. Ньютон сам придумал способ полировки металлической поверхности, нашел подходящие сплавы для зеркала, сам сконструировал модель нового телескопа и затем несколько раз усовершенствовал ее, выступая фактически как изобретатель и конструктор.

Ньютон разработал также и новую технологию изготовления (полировки) металлических зеркал и даже построил специальный станок для шлифовки линз (рис. 4).

Вот как он сам описывает этот сложный «технологический процесс»:

«Полировка, которой пользовался я, была такого рода. Я имел две круглые медные пластинки, шесть дюймов в диаметре каждая, одну выпуклую, другую вогнутую, точно притертые одна к другой. К выпуклой пластинке я притирал объективный металл или вогнутое зеркало, которое нужно было полировать до тех пор, пока оно принимало форму выпуклой пластинки и было готово к полировке. Затем я покрывал выпуклый металл очень тонким слоем смолы, капая расплавленной смолой на металл и нагревая его; для того чтобы сохранять смолу мягкой, в это время я притирал ее вогнутой медной пластинкой, смоченной для того, чтобы распределить смолу поровну по всей выпуклости. Тщательно обрабатывая смолу таким образом, я достиг толщины гроша; после того как выпуклость охлаждалась, я притирал ее снова, придавая ей возможно правильную форму. Затем я брал очень тонкую золу, отмытую от больших частиц, и, положив немного ее на смолу, притирал к смоле вогнутой медью до тех пор, пока не прекращался шорох; после этого я притирал быстрым движением объективный металл к смоле в течение около двух или трех минут, сильно на него нажимая. Далее, я насыпал на смолу свежей золы, притирал ее снова до исчезновения шума и после этого, как и прежде, притирал объективный металл. Эту работу я повторял до тех пор, пока металл не отполировался, притирая его напоследок со всей моей силой в течение изрядного времени и часто дыша на смолу, для того чтобы держать ее сырой, не подсыпая свежей золы» [31, с. 50—51].

В новой экспериментальной науке ученые усваивали методы работы ремесленников, постепенно совершенствуя их. Ньютон в «Оптике» с гордостью отмечал: «Когда я сделал мои телескопы, один мастер в Лондоне пытался их повторить; пользуясь, однако, способом полировки, отличным от моего, он достиг значительно меньшего, чем я, как я узнал позднее из разговора с одним рабочим, служащим у него» [31, с. 51—59]. Такой подход характерен, как видим, и для Ньютона, и для Галилея, и для многих других ученых Нового времени, «не боявшихся обжечь себе пальцы». Однако одним из первых, разрушивших социальный барьер между ученостью и ремеслом, по праву считается респектабельный английский ученый и придворный врач королевы Елизаветы Вильям Гильберт.

Его знаменитая книга «О магните, магнитных телах и о большом магните — Земле», вышедшая в 1600 г. в Лондоне, тесно связана с практической металлургией и горным делом (особенно часто Гильберт цитирует Агриколу). Не копируя, а переосмысляя ремесленный опыт, она обращена к новому роду ученых — «истинных философов», ищущих знания не столько в книгах, сколько в самих вещах. Влияние на Галилея Гильбертова «экспериментального» метода и его суждения о Земле как большом магните несомненно (Галилей сам неоднократно ссылался на него). Но метод этот еще не опосредован строгой научной теорией и математическими доказательствами, а потому может быть назван лишь предвестником нового научного метода.

Именно исходя из этого метода, Галилео Галилей фактически воплотил в реальную инженерную конструкцию фантазии Роджера Бэкона и «проекты» Леонардо да Винчи. Сергей Иванович Вавилов по этому поводу отмечал: «Для Леонардо и де ля Порта зрительная труба была одним из фокусов «натуральной магии», вроде камеры-обскуры и «магических» зеркал. Галилей передаст в полном соответствии с действительностью, с какой неслыханной быстротой он сумел по одному намеку найти схему трубы, усовершенствовать ее, доведя увеличение до очень больших размеров, и без промедления реализовать основные применения ее» [31, с. 20].

Зрительные трубы, называвшиеся «новыми очками», были созданы в 1608 г. голландскими мастерами-оптиками. Эти трубы были еще очень несовершенными и имели отрицательные отзывы о возможности их использования. Галилей же сразу понял практическое значение этих инструментов, их удобство «как на суше, так и на море».

Галилей следующим образом описывает свое изобретение: «Месяцев десять тому назад дошел до наших ушей слух, что некий бельгиец построил перспективу, при помощи коей видимые предметы, далеко расположенные от глаз, становятся отчетливо различимыми, как будто бы они были близкими. Сообщалось об опытах с этим удивительным прибором, одни их подтверждали, другие отрицали. Несколько дней спустя это было подтверждено мне в письме... из Парижа. Это и было причиной, по которой я обратился к изысканию оснований и средств для изобретения сходного инструмента. Вскоре после сего, опираясь на учение о преломлениях, я постиг дело и сначала изготовил свинцовую трубу,

на концах коей я поместил два очковых стекла, оба плоских с одной стороны, с другой стороны одно стекло было выпукло-сферическим, другое же вогнутым. Помещая засим глаз у вогнутого стекла, я видел предметы достаточно большими и близкими, именно они казались в три раза ближе и в десять раз больше, чем при рассматривании естественным глазом. После сего я разработал более точную трубу, которая представляла предметы увеличенными больше чем в шестьдесят раз. Засим, не жалея никакого труда и никаких средств, я достиг того, что построил себе орган, настолько превосходный, что вещи казались через него при взгляде почти в тысячу раз крупнее и более чем в тридцать раз приближенными, чем при рассматривании с помощью естественных способностей» [31, с. 18—19].

Галилей признавал приоритет голландских мастеров, но в отличие от «фламандской перспективы», которая была результатом случайности (т. е. традиционного для ремесленной технической деятельности метода проб и ошибок), его телескоп был детищем науки, результатом ее сознательного применения для создания и усовершенствования технического устройства известных к началу XVII в. знаний оптики, изобретения, в конечном итоге перевернувшего все имевшиеся тогда представления человека о Вселенной. «Теперь мы достоверно знаем, — писал Галилей, — что голландец — изобретатель телескопа — был простым мастером, изготавливавшим обыкновенные очки. Случайно перебирая стекла разных сортов, он взглянул сразу через два стекла, одно выпуклое, другое вогнутое, находившиеся на разных расстояниях от глаза, и при этом увидел и наблюдал возникший эффект и таким образом открыл инструмент. Я же, движимый вышеупомянутым известием, нашел инструмент путем рассуждения» [24, с. 61].

«Рассуждение мое, — писал Галилей, — было таким: это сооружение состоит или из одного стекла, или более чем из одного. Оно не может состоять только из одного. Фигура стекла или выпуклая, т. е. более толстая в середине, чем к краям, или вогнутая, т. е. более тонкая в середине, или же ограничена параллельными поверхностями; такое стекло совсем не изменяет видимых предметов увеличением или уменьшением, вогнутое их уменьшает, а выпуклое их значительно увеличивает, показывает очень неотчетливыми и искаженными. Посему одного стекла недостаточно для получения эффекта. Я перешел затем к двум стеклам и, зная, что стекло с па-

раллельными поверхностями ничего не изменяет, как сказано, заключил, что эффект не может также произойти от сочетания его с каким-нибудь из двух остальных. Посему я захотел испытать, что получается из соединения двух остальных, т. е. выпуклого и вогнутого, и увидел, что при этом искомое получается. Таков ход моего открытия...» [24, с. 19—20].

Далее Галилей справедливо утверждает, что предварительное знание эффекта, т. е. результата, который должен быть получен, не облегчает решения задачи. Действительно, он решал фактически инженерную задачу, где всегда предварительно заданы технические требования к продукту и необходимо лишь построить техническое устройство, реализующее данные требования.

Однако не это изобретение (и многие другие, сделанные им) — главный вклад Галилея в развитие экспериментального естествознания и инженерной деятельности, основанной на новой науке. Он впервые в отчетливой форме разработал стиль научно-инженерного мышления, принципиально новый тип рассуждения, о необходимости которого много писали и Роджер Бэкон, и Леонардо да Винчи, и Никколо Тарталья, и многие другие, но создать его удалось лишь Галилею. Его главная заслуга состояла, таким образом, в том, что он смог соединить новое инженерное мышление с теоретической традицией, идущей от античности и развитой средневековыми философами и учеными. Но наука Галилея — не только результат соединения рассуждений ученых с методами инженеров и техников-ремесленников, она прежде всего результат глубокой теоретической работы. Главную роль в становлении этой новой науки сыграли не непосредственное наблюдение и опыт, а точно планируемый эксперимент. Экспериментальное естествознание, так же как и основанная на нем инженерная деятельность, предполагало оперирование с идеализированными объектами и схемами, что создавало основу для их математизации.

Необходимым условием экспериментирования было использование языка математики (точнее, геометрии) — геометризация пространства, т. е. замещение конкретного пространства догалилеевской физики абстрактным пространством евклидовой геометрии. «Философия написана в величайшей книге, — подчеркивал Галилей, — которая всегда открыта перед нашими глазами (я разумею Вселенную); но ее нельзя понять, не научившись

сначала понимать ее язык и не изучив буквы, которыми она написана. А написана она математическим языком, и ее буквы это — треугольники, дуги и другие геометрические фигуры» [12, с. 220]. Галилей фактически реализовал в своей науке принцип Леонардо (выразившего, впрочем, чаяния большинства инженеров его времени): «механика — рай математических наук». Развита Галилеем геометро-механическая схема природных явлений, подготовленная геометрическими «упражнениями» с природой художников-инженеров Возрождения, легла в основу всего последующего экспериментального математического естествознания и инженерной деятельности. «Галилей — по отношению к наблюдателям природы скорее практик, который разрушает и перестраивает естественный предмет, чтобы в искусственно организованном явлении обнаружить всеобщий принцип, по отношению к практике — скорее наблюдатель, видящий в техническом процессе опять-таки не конечную и частную цель, которая в нем достигается, а всеобщий закон, который в нем обнаруживается» [12, с. 217]. Именно такое срединное положение между «чистой» наукой и технической практикой характерно для инженерной деятельности.

Галилей не только соотнес геометрическую схему с физической реальностью, он сопоставил их с конструктивной схемой физического эксперимента, т. е. фактически с искусственной, технической реализацией этой схемы. Это позволило ему, подобно В. Гильберту, моделировать на искусственных механических моделях естественные, природные процессы.

Сравним рассуждения Гильберта и Галилея. Гильберт писал: «Итак, возьми магнит сильный, прочный, достаточно большой, однородный, твердый, цельный; сделай из него шар с помощью того вращающегося инструмента, которым пользуются для придания круглой формы кристаллам и некоторым камням, или с помощью других инструментов, если того потребует материя и крепость камня, который иногда трудно поддается искусственной обработке. Этот камень, таким образом отделанный, есть подлинное порождение Земли, одинакового с ней состава и имеющее ту же фигуру, получившее искусственным путем круглую форму, какую природа от начала века наделила всеобщую мать — Землю. Он представляет собой насыщенное многими свойствами небольшое физическое тело, благодаря которому люди могут легче познакомиться с множеством сокровенных

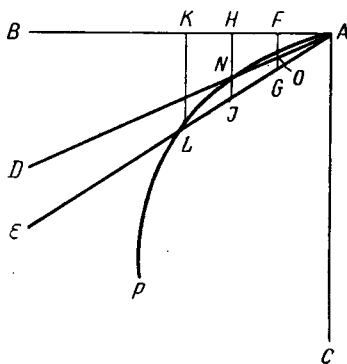


Рис. 5. Чертеж Галилея

и оставшихся в пренебрежении философских истин, к несчастью, покрытых мраком. Этот круглый камень мы называем... землицей» [23, с. 36—37]. Опираясь с этим прибором — по-латински терреллой (землицей), — Гильберт переносит полученные им в опытах знания на естественный, природный объект — Землю, рассматривая ее как большой магнит.

Аналогично рассуждал и Галилей: «Вообразите себе теперь, что Земля — это большое колесо, которое движется с огромной скоростью и должно отбрасывать камни» [21, т. 1, с. 294]. Но Галилей не ограничивается только этой констатацией. Он замещает Землю колесом, а колесо-Землю — геометрической фигурой и проводит геометрическое доказательство выдвигаемого им утверждения в соответствии с постулатами и нормами евклидовой геометрии, употребляя чисто геометрические понятия и представления (линия, отношение линий, круг, центр круга, секущая, касательная, дуга, отрезок, точка, диаметр, угол и т. п.). Получив решение математической задачи (в данном случае, правда, неверное, что отнюдь не умаляет огромного значения развиваемого им научного метода), он снова переходит к физической проблеме и использует уже физические понятия: «покой», «движение», «скорость» («медленность»), «тяжесть» («легкость»), «тело» (вместо «точки») и т. д. Затем опять прибегает к помощи чертежа, который должен облегчить решение задачи (рис. 5)

Галилей ставит мысленный эксперимент (сравнивает на геометрическом чертеже вращение двух колес — маленького и большого) и получает принципиально новый вывод, идущий вразрез с первоначальным, переходя от искусственной, технической модели к объяснению

естественного природного явления: «...можно считать, что вращение Земли способно отбрасывать камни не в большей мере, чем любое иное малое колесо, вращающееся столь медленно, что в двадцать четыре часа оно совершит всего лишь один оборот» [21, т. 1, с. 317].

Таким образом, получаются идеально-реальные, природно-математические синкретические объекты, т. е. природные объекты, «внутри» которых «скрыта» математическая (геометрическая) схема. По этому поводу Галилей отмечал: «...из-за несовершенства материи то тело, которое должно быть совершенно сферичным, и та плоскость, которая должна бы быть совершенно плоской, конкретно не оказываются такими, какими вы их представляете себе в абстракции... Значит, всякий раз, как вы конкретно прикладываете материальную сферу к материальной плоскости, вы прикладываете несовершенную сферу к несовершенной плоскости и говорите, что они соприкасаются не в одной-единственной точке. А я вам говорю, что и в абстракции нематериальная сфера, которая является несовершенной сферой, может касаться нематериальной, также несовершенной плоскости, не одной точкой, а частью поверхности. Так что то, что происходит конкретно, имеет место и в абстракции. Было бы большой неожиданностью, если бы вычисления и действия, производимые абстрактно над числами, не соответствовали затем конкретно серебряным и золотым монетам и товарам. Но знаете ли, сеньор Симплицио, что происходит на деле и как для выполнения подсчетов сахара, шелка и полотна необходимо скинуть вес ящиков, обертки и иной тары; так и философ-геометр, желая проверить конкретные результаты, полученные путем абстрактных доказательств, должен сбросить помеху материи, и если он сумеет это сделать, то, уверяю вас, все сойдется не менее точно, чем при арифметических подсчетах. Итак, ошибки заключаются не в абстрактном, не в конкретном, не в геометрии, не в физике, но в вычислителе, который не умеет правильно вычислять. Поэтому, если у вас есть совершенные сфера и плоскость, хотя бы и материальные, не сомневайтесь, что они соприкасаются в одной точке. А если их невозможно получить, то все же утверждение, что *sphaera aenea non tangit in puncto* (бронзовая сфера не касается в точке. — В. Г.), весьма далеко от сути дела» [21, т. 1, с. 307].

Кроме того, утверждает далее Галилей, есть инженерные (технические) способы приблизить несовершен-

ные («выпирающие» из совершенной геометрической формы) природные объекты к идеальным, математическим, совершенным. Это шлифовка, выбор неподдающегося деформации материала и т. д., для которого можно пренебречь незначительными отклонениями от идеальной формы. (Не так ли он конструирует свой телескоп!)

Несомненно, что в своих абстрактных рассуждениях Галилей опирается на существующую техническую практику: «Быть может, эти математические положения, которые истинны в абстракции, не подойдут в точности при конкретном приложении к физическим материальным кругам. Однако, мне кажется, что бондари, для того чтобы найти полудиаметр днища, которое должно быть сделано для бочки, пользуются абстрактным правилом математиков, хотя днища и являются вещами, достаточно конкретными и материальными» [21, т. 1, с. 332]. Но не только!

В своей новой науке Галилей «действует» с природными объектами как современный инженер: «...если бы земной шар был просверлен через центр, то пушечное ядро, падая по этому колодцу, преобретало бы в центре такой импульс скорости, который по миновании центра гнал бы его вверх на такое же расстояние, как и расстояние падения, причем скорость по ту сторону центра постоянно уменьшалась бы, убывая в соответствии с возрастанием, приобретаемом при падении, и время, затраченное на такое восходящее движение, думается было бы равно времени спуска» [21, т. 1, с. 327]. Однако он действует как инженер главным образом в сфере мышления, а не практического действия, задавая новый стиль научно-инженерного и инженерно-научного мышления и действований.

Работы Галилея создали почву для формирования образцов инженерного мышления и деятельности уже не только в сфере теории, но и на практике; одним из самых ярких было творчество Христиана Гюйгенса, младшего современника Галилея. Его с полным правом можно назвать инженером и изобретателем в современном смысле слова. Он осуществлял свою, по сути инженерную, деятельность на основе точного расчета и сознательного применения научного знания.

Гюйгенс принял эстафету от Галилея не только в развитии науки. Обращаясь к исследованию изохронного качания математического маятника — детищу Галилея, Гюйгенс внес уточнение: изохронность математического маятника (независимость периода его колебаний

от амплитуды размаха) справедлива лишь приближенно для малых углов размаха. Такой теоретический вывод возник у Гюйгенса в процессе конструирования нового механизма часов и послужил отправным пунктом для создания более совершенного механизма. Этой задаче он посвятил более сорока лет.

Часовое дело в эпоху Гюйгенса было достаточно развито в Европе. Часы представляли собой наиболее совершенную машину тех времен. Они стали образцом для изучения теоретической механики. Часы отразили в себе характер «машиностроения» мануфактурного периода — они легко раскладываются на отдельные детали, доступные для изготовления отдельным рабочим.

Часы широко использовались в различных областях практики и науки, например в астрономии, а со времен Галилея и в теоретической механике как научный инструмент. Однако долгое время они были громоздки и несовершенны. Гюйгенс сознательно поставил перед собой цель создать точные часы, которые можно было бы использовать в качестве морского хронометра.

Первый экземпляр часов по проекту Гюйгенса изготовил голландский часовщик Костер. Гюйгенс получил патент на изобретение, а в 1658 г. вышла его брошюра «Horologium» с описанием изобретения. Гюйгенс действовал, таким образом, прежде всего как инженер, реализовавший в часовом механизме известное свойство изохронности маятника.

Он ввел в свои часы ряд усовершенствований: впервые применил пружинный завод и маятник в качестве регулятора равномерности хода часов. Кроме того, его первые часы в максимальной степени использовали элементы конструкции уже существовавших тогда механизмов, чтобы облегчить возможность быстрой переделки имевшихся часов в маятниковые. Иначе говоря, как истинный инженер, он учел и конструктивные, и технологические требования и ограничения.

Часы Гюйгенса вместе с компасом и секстантом позволяли ориентироваться в море: сравнение показаний часов с астрономическим временем, определяемым по состоянию неба в данном месте, служило способом определения долготы места. Гюйгенс не только изобрел новую конструкцию часов и организовал их изготовление, но и провел их испытания в реальных условиях. Вот как он сам описывает их первое применение в море:

«Двое первых часов такого рода были применены в морском путешествии в 1664 г. Вот что донес адми-

рал после возвращения в Англию его корабля вместе с другими тремя кораблями, бывшими вместе с ним. Отплыв от берегов Гвинеи и достигнув острова св. Фомы, лежащего на экваторе, он, после установки здесь своих часов, направился на запад и, пройдя, не останавливаясь, около семисот миль, стал испытывать действие ветра, относившего его назад к берегам Африки. После того, как он держался этого курса на протяжении 200—300 миль, командиры остальных кораблей, опасаясь, как бы не лишиться пресной воды, прежде чем достигнут берегов Африки, стали советовать повернуть к американским берегам для того, чтобы запастись ею. Тогда он, собрав шкиперов и приказав принести им их журналы, нашел, что расчеты их отличаются от его собственных у одного на 80 миль, у другого на 100, у третьего еще более. Справившись же с показанием часов, он нашел, что они находились не более 30 миль от острова del Fuerte, недалеко от Африки, и могут его достигнуть на следующий день. Доверившись показаниям часов, он приказал направить туда свой курс, и, действительно, на следующий день в полдень он был в виду этого острова, а немного часов спустя бросил там уже якорь» [77, с. 31—32].

Однако вклад Гюйгенса в развитие инженерной деятельности не ограничивается только тем, что он изобрел новую конструкцию часов. Гюйгенс построил и научные знания, которые могут быть использованы в технике, и, главное, продемонстрировал, как их применять при решении технических задач. Фактически им была сформирована новая инженерная деятельность, опирающаяся, с одной стороны, на специально построенные научные знания, а с другой — на отношения параметров реального объекта, рассчитанных с помощью этих знаний.

Инженерная задача, стоявшая перед Гюйгенсом, заключалась в необходимости сконструировать часы с изохронным качанием маятника, т. е. подчиняющимся определенному физическому соотношению (время падения такого маятника от какой-либо точки пути до самой его низкой точки не должно зависеть от высоты падения). «Простой маятник нельзя считать надежным и равномерным измерителем времени... — писал Гюйгенс. — Однако при помощи геометрии я нашел новый, до сих пор неизвестный способ подвешивания маятников... ход часов стал чрезвычайно правильным и надежным, как показали испытания на суше и на море. Великая поль-

за этих часов для астрономии и мореплавания может считаться установленной» [33, с. 9].

Анализируя движение тела, удовлетворяющее указанному выше математическому соотношению, Гюйгенс пришел к выводу, что маятник будет двигаться изохронно, если он будет падать по циклоиде, обращенной вершиной вниз. Таким образом, Гюйгенс прежде всего решил математическую задачу: по какой кривой должна двигаться точка, чтобы период ее колебаний не зависел от амплитуды, т. е. чтобы время качания маятника не зависело от величины размаха (физическая проблема, эквивалентная этой задаче). Циклоида, писал Гюйгенс, «из-за разных ее свойств... исследовалась многими, а много — ввиду ее пригодности для измерения времени, которую я обнаружил, исследуя ее по строгим методам науки и не подозревая ее применимости» [33, с. 9].

Открыв далее, что развертка циклоиды есть также циклоида, он подвесил маятник на нитке и поместил по обеим ее сторонам циклоидально изогнутые полосы так, чтобы при качании нить с обеих сторон прилежала к кривым поверхностям. Тогда маятник действительно описывал циклоиду. Такому выводу предшествовали специальные исследования по теории механики. Для применения этих доказательств потребовалось укрепить и, где нужно, дополнить учение великого Галилея о падении тел.

«Для применения моего изобретения,— писал Гюйгенс,— к маятникам мне необходимо было установить новую теорию» [33, с. 10]. Добавим — физическую теорию. Однако Гюйгенс при этом не забывал и своей конечной цели. «Для изучения его природы я должен был произвести исследование о центре качания... Я здесь доказал ряд теорем... Но всему этому я предпосылаю описание механического устройства часов...» [33, с. 10].

Гюйгенс фактически реализовал намеченный Галилеем путь приложения научных знаний на практике от математической, геометрической схемы (циклоиды) к физическим представлениям и процессам (качание маятника) и от них к конструктивной схеме. Но это уже была не техническая схема эксперимента (как у Галилея), а конечный продукт инженерной деятельности — новая конструктивная схема искусственного устройства (механизма часов). Гюйгенс придумал, какое приспособление нужно сделать круговому маятнику, чтобы у него был постоянный размах, он придумал конструкцию, которая осуществила движение центра тяжести маятни-

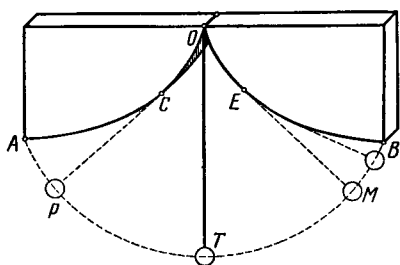


Рис. 6. Циклоидальный маятник

ка по математической кривой — циклоиде. В первых его часах с этой целью использовались ограничители в форме щек, на которые частично наматывалась нить подвеса маятника (рис. 6).

Инженерную работу, которую осуществил Гюйгенс, сегодня можно было бы назвать изобретательской. В его деятельности в соответствии с техническими требованиями, предъявляемыми к работе механизма (часов), сначала устанавливается принципиальная связь между определенным природным процессом, описанным в естественной науке (движение маятника по циклоиде), и данными требованиями. Затем эта связь воспроизводится (реализуется) с помощью имеющихся технических средств в виде конкретной конструкции («новый, до сих пор неизвестный способ подвешивания маятников»).

Другими словами, инженер изобрел новый принцип действия будущего инженерного объекта. При этом на первых этапах развития инженерной деятельности он не только анализировал возможность технической реализации того или иного закона природы, но и рассчитывал во всех деталях соответствующую конструкцию инженерного объекта, а затем изготовлял и даже опробовал ее. В «Трех мемуарах по механике» Гюйгенс писал: «Но всему этому я предпосылаю описание механического устройства часов и применения маятника в форме, оказавшейся наиболее удобной для астрономических целей. Легко по этому образцу строить часы для других целей, введя необходимые изменения... 16 лет тому назад я сам придумал конструкцию часов и изготовил часы» [33, с 10].

Часы Гюйгенса — это воплощенная теория. Это первый аппарат, конструкция которого основана на законах новой науки. Исходя из технического требования, предъявляемого к функционированию маятника, и знаний механики, Гюйгенс определил конструкцию, которая может удовлетворять данному требованию. Решая эту

техническую задачу, он отказался от традиционного метода проб и ошибок, типичного для ремесленной технической деятельности, и обратился к науке. Гюйгенс свел действия отдельных частей механизма часов к естественным процессам и закономерностям и затем, теоретически описав их, использовал полученные знания для определения конструктивных характеристик нового механизма.

Другими словами, он опирался на установленные Галилеем отношения между научным знанием (идеальным объектом теории) и реальным инженерным объектом. Но если Галилей показал, как приводить реальный объект в соответствие с идеальным и, наоборот, превращать этот идеальный объект в «экспериментальную модель», то Гюйгенс продемонстрировал, каким образом полученное в теории и эксперименте соответствие идеального и реального объектов использовать в технических целях. Тем самым и Гюйгенс, и Галилей практически осуществляли то целенаправленное применение научных знаний, которое и составило основу инженерного мышления и инженерной деятельности.

Теперь, наконец, настало время и появилась возможность развернуто ответить на вопрос, сформулированный в заголовке данной главы: «Чем инженерная деятельность отличается от деятельности ученого-экспериментатора?» Отвечая на этот вопрос, мы попытаемся использовать известный методологический прием, который получил название «естественное — искусственное».

Естественное и искусственное

Мы уже видели, что возникновение экспериментального естествознания было тесно связано с «миром искусственного», с исследованием и развитием мира «механических искусств», в том числе с исследованием, по словам Галилея, «как природы механических орудий, так и принципов их действия». «...Действительной почвой физического эксперимента становится «естественная механика», или же, иными словами, «механическая природа» [12, с. 217]. Да и сами природные процессы часто осмысливаются в новой науке как рукотворные, искусственные.

Природа — «божественный зодчий» — «удивительно пользуется способами самыми неожиданными; говорю удивительными и неожиданными для нас, но не для

нее, — писал Галилей, — так как природа с величайшей легкостью и простотой совершает вещи, для нашего разума бесконечно изумительные, и то, что нам в высокой степени трудно постигнуть, для нее не представляет никаких затруднений сделать» [21, т. 1, с. 539]. Здесь природа рассматривается как «Иинженер», «искусственно» создающий природные, а значит, естественные объекты, и задача ученого — раскрыть ее «хитрости», постичь то, что ей уже сделано. Да и инженер, изучив эти премудрости природы, сознательно учитывает ее законы, создавая технические объекты, в отличие от «механика»-ремесленника, действующего часто «вопреки» природе, стремящегося ее обмануть, т. е. вопреки «естественному» течению процессов на основе искусства или «ухищрения».

Даже первые инженеры-самоучки в отличие от «технических романтиков» средневековья, которые делали свои изобретения, по словам В. Л. Кирпичева, «как будто бы они были вовсе свободны от стеснения, налагаемого свойствами материалов, из которых придется изготовлять изобретенную машину, и способами изготовления...», обязательно опирались на современные им научные достижения. Например, изобретатель паровой машины Ползунов «в совершенстве знал физику и механику — как эти науки были развиты в его время — и сделал свое изобретение не случайно, а исходя из научных начал» [94, с. 79, 80].

Итак, и в экспериментальном естествознании, и в инженерной деятельности не существует непроходимой грани между миром природным и миром искусственным («второй природой», созданной деятельностью человека-творца), между естественным и искусственным.

С естественной точки зрения, любая и природная и техническая система рассматривается как самодвижущийся объект — «организм», развивающийся по своим собственным внутренним законам, не зависящим от человеческой деятельности, с искусственной точки зрения, — как конструируемый «механизм», являющийся результатом человеческой деятельности.

Понятия «естественное» и «искусственное» были развиты еще в античной философии. Первоначально естественное (закон, принцип развития или внутренняя сила, обуславливающая именно данный, а не иной ход процесса) античными натурфилософами рассматривалось как антитеза сверхъестественному. Платон различал существующее «по природе» (то, что от природы) и

«по закону» (то, что приобретается старанием, упражнением, обучением, что принуждает ко многому, что противно природе), т. е. благодаря природной способности (врожденное) и с помощью искусства, от умения возникшее (искусное). «Мудрость состоит в том, чтобы говорить и действовать «согласно природе»... учил еще Гераклит. Платон переворачивает это соотношение: для него «искусство» (тэхнѣ.— В. Г.) — то ли божественное, то ли человеческое — стоит выше природы» [74, с. 101].

Аристотель различал «естественное», происходящее сообразно природе, «вероятное» и «случайное». Здесь естественное противопоставляется допустимому. Естественное — то, причина чего заключена в самой вещи, что происходит по определенному закону, либо всегда, либо по большей части. Однако естественное противопоставляется Аристотелем насильственному, неестественному. Естественное движение — по природе, т. е. к своему «естественному» месту. Но он различает существующее по природе, возникшее от природы и возникающее путем искусства, образование искусством.

В Новое время в связи со становлением экспериментального естествознания проблема соотношения естественного и искусственного переосмысливается. Галилей рассматривает эти понятия в нескольких контекстах. Во-первых, естественное (человеческое) как естественный ход вещей противопоставляется им сверхъестественному (божественному) — чуду. Во-вторых, естественное как необходимое является для него антитезой насильственному и случайному (находящееся под воздействием сил не может быть постоянным). В-третьих, естественное (природное, врожденное, самопроизвольное) отличается им от искусственного (человеческого, рукотворного, изобретенного). Но главное его достижение в решении этой проблемы состоит не столько в разграничении, сколько в соотношении этих двух понятий, установлении их взаимопереходов.

В отличие от Аристотеля Галилей рассматривает естественное движение в искусственных условиях, в идеализированном искусственном путем эксперименте. Прямолинейного движения не существует в природе; оно результат идеализации искусственного воспроизведения естественного явления за счет устранения побочных влияний (воздействия внешних сил). Говоря, например, о плавающих телах, он пытался понять причину этого явления, наблюдая его в искусственно при-

готовленном сосуде, в котором, как он считал, эти явления можно увидеть естественно происходящими.

В то же время он говорил и о «природе» механических орудий, рассматривая их естественный компонент. Именно таким привнесением искусственного в естественное и естественного в искусственное были заданы идеалы и нормы экспериментального естествознания, с одной стороны, и инженерной деятельности — с другой.

Такая двойственная ориентация инженера, с одной стороны, на научные исследования естественных, природных явлений, а с другой — на производство, воспроизведение замысла искусственным путем, целенаправленной деятельностью человека-творца заставляет его взглянуть на свое изделие иначе, чем это делают и ремесленник, и ученый-естествоиспытатель. Для первого оно только изделие рук человеческих, для второго — прежде всего природный объект.

Для инженера всякое создаваемое им техническое устройство выступает как «естественно-искусственная» система. С одной стороны, оно представляет собой явление природы, которое подчиняется естественным законам, с другой — то, что необходимо искусственно создать (орудие, механизм, машину, сооружение и т. д.). Если цель технической деятельности — непосредственно задать и организовать изготовление технической системы, то цель инженерной деятельности — сначала определить материальные условия и искусственные средства, влияющие на природу в нужном направлении, заставляющие ее функционировать так, как это нужно для человека, и лишь потом на основе полученных знаний задать требования к этим условиям и средствам, а также указать способы и последовательность их обеспечения и изготовления.

Это позволяет установить соотношение между инженерными требованиями и научным исследованием. Так, Гюйгенс показал, что изохронное движение маятника может быть обеспечено конструкцией, представляющей собой развертку циклоиды. Падение маятника, видоизмененное такой конструкцией, вызвало естественный процесс, соответствующий как научным знаниям, так и инженерным требованиям к механизму часов.

Непонимание роли естественных законов для решения технических задач характерно лишь для доинженерного технического мышления. Как отмечал Галилей, «неразумные инженеры, думающие обмануть природу и

только посрамляющие себя, стремясь применять машины для невыполнимых предприятий», фактически действуют как ремесленники [21, т. 2, с. 10]. Если для технического мышления характерна «искусственная» позиция, то для инженерного — «естественно-искусственная» точка зрения (любые искусственные преобразования должны осуществляться в рамках естественных законов, изучаемых наукой).

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 и т. д. Совмещая эти два рода знания, он находит те точки соприкосновения природы и практики, в которых, с одной стороны, удовлетворяются требования, предъявляемые к этому объекту его употреблением, а с другой — можно добиться совпадения природных процессов и действий изготовителя. Если инженеру удастся в такой двухслойной «действительности» выделить непрерывную цепь процессов природы, действующую так, как это необходимо для функционирования создаваемой системы, а также найти в практике изготовления процедуры преобразования искусственных средств и создания материальных условий для «запуска» и «поддержания» процессов в этой цепи, то он достигает своей цели.

Однако не только наука повлияла на становление норм современного инженерного мышления, но и инженерная деятельность оказала заметное влияние на формирование нового идеала научности. Современное естествознание было бы невозможным без экспериментальной техники: прогресс науки зависел в большой степени от изобретения подходящих научных инструментов. Маятниковые часы, изобретенные Гюйгенсом, телескоп Галилея, микроскоп Гука, термометры Фаренгейта и Цельсия и т. п. инструменты и приборы сыграли важную роль в стимулировании соответствующих научных исследований. О зависимости науки от уровня развития инженерной практики свидетельствует, например, хотя бы тот факт, что Гюйгенс, переезжая во Францию, опасался, что в Париже он не найдет для своих телескопов и инструментов таких искусных мастеров, как в Голландии.

Под влиянием инженерной деятельности постепенно

меняется и представление о научном опыте. Его содержание составляет уже не только простое наблюдение, но и эксперимент на базе использования инженерных средств. Галилей, например, употребляет понятие «опыт» в нескольких смыслах: во-первых, в смысле ежедневного опыта, обычного наблюдения за ходом природных явлений; во-вторых, наблюдения за функционированием искусственных сооружений (скажем, каналов и шлюзов), созданных для каких-либо других целей инженерами; и наконец, в-третьих, искусственного, 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 опытов и наблюдении за его функционированием.

Формируется совершенно новая в науке фигура учебного-экспериментатора (в отличие от теоретика), функции которого — проведение и демонстрация экспериментов, а также совершенствование экспериментального оборудования. Одним из них, несомненно, был Роберт Гук. Он известен широкой публике больше как автор закона, который устанавливает пропорциональность напряжения и силы и с открытия которого начинается подлинная история развития механики твердого тела — сопротивления материалов и теории упругости.

Однако он работал не только как ученый, но и как инженер, создавая и совершенствуя конструкции экспериментальной техники. Гук долгое время был куратором экспериментов Лондонского королевского общества, в его обязанности входила демонстрация два-три раза в неделю новых опытов собственного изобретения. «Одновременно с экспериментальной работой он продолжает и свою изобретательскую деятельность. В сущности, оба эти направления его творчества настолько тесно связаны друг с другом, что отделить их почти невозможно: для проведения опытов Гук изобретает новые приборы и оборудование, одновременно экспериментирует со своими новыми «выдумками» [17, с. 178].

Гук изобрел микроскоп собственной конструкции, построил «пневматическую машину» (воздушный насос) для Бойля, будучи его ассистентом, сконструировал ряд астрономических инструментов (прибор для определения расстояний от Луны до неподвижных звезд, отражательный телескоп, модель фермы для подвески длин-

ных телескопов и др.), барометр, прибор для определения влажности и дождемер, приборы для шлифовки оптических стекол и для точного деления зубчатых колес, изготавливаемых часовщиками, ряд приборов для воспроизведения различных математических кривых, машин и приборов для вычисления, новые часы, движение которых регулировалось естественным магнитом, а баланс представлял собой стальной стержень, и т. п. К сожалению, до нас дошли лишь очень немногие из этих изобретений.

Однако, несомненно, что влияние Гука на современных ему изобретателей было значительным. «Так, в 80-х годах он переписывается с Ньюкоменом; темой их переписки была атмосферическая машина и машина Папена. Гук, поддерживая с Папеном дружеские отношения, был в курсе всех его идей и изобретений; об этом он неоднократно писал в «Дневнике». Гук обсуждал с Ньюкоменом паровую машину Папена, делал для него эскизы и высказал ряд замечаний. Известно, что Ньюкомен позже работал с Севери, чья паровая машина в 1699 г. была предъявлена для демонстрации Королевскому обществу. Очевидно, что какие-то вопросы, связанные с изобретением этой машины, решал и Гук» [17, с. 180—181].

Существенную часть инженерного творчества Гука занимали изобретения механизмов для воспроизведения нужного ему движения и для преобразования одного типа движения в другое. Шарнир Гука, придуманный им для крепления астрономических приборов, до сих пор играет важную роль в машиностроении. Этот тип шарнира дает возможность передавать вращательное движение между двумя осями, расположенными в различных плоскостях.

Гук в своем «Трактате об экспериментальном методе» неизменно восхваляет большую научную роль приборов и инструментов и прежде всего как средство против ошибок чувственного опыта. Совсем в духе ремесленной техники он превозносит «верную руку» и «добросовестный глаз». Поэтому особое внимание он обращает на необходимость знакомства ученого со всевозможными ремеслами и искусствами.

Фактически Роберт Гук через много лет воплотил в себе тип того идеального «мастера-экспериментатора», о котором мечтал еще Роджер Бэкон: тот «знает естественные науки... посредством опыта, а равно знает медицину, алхимию и все относящееся к нему и дальне-

му миру. Он испытал бы стыд, если кто-либо из людей мирских... или старая женщина, или воин, или крестьянин из деревни знал бы то, чего он сам не знает. Он знаком со всем делом литья металлов и с тем, как обрабатываются золото и серебро и другие металлы и все минералы. Знает он и самолично и все относящееся к военному делу, оружию и охоте. Он изучил сельское хозяйство, землемерное дело и земледелие. Он ознакомился даже с экспериментами и гаданиями колдуний... с предсказаниями... их и всех магов. Равным образом он знает фокусы и искусство всех жонглеров, дабы от него не укрылось ничто достойное познания и чтобы уметь отличить все ложное и магическое» [70, с. 677, 678].

Влияние инженерного мышления сказалось не только на экспериментальной деятельности ученых, но и на самих научных представлениях. Действительно, чтобы осуществить эксперимент, необходимо уметь искусственно вызвать явления, притом в возможно простом и чистом виде. Нетрудно заметить, что такой подход связан не с одной только искусственной позицией, а с идеализированным искусственно-естественным представлением, свойственным мышлению инженера.

Для эксперимента необходимо создать искусственные условия, которых нет в природе. Например, Галилей не просто наблюдает происходящее в природе. Он сначала строит идеализированную экспериментальную ситуацию, отвлекаясь от ее выполнимости техническими средствами, но принципиально реализуемую, хотя не имеющую места в природе. Затем он строит оригинальный «проект» технически реализуемой экспериментальной ситуации, скажем маятника (нить с грузом), где сила тяжести отделена от приложенной к телу силы. На основе этого «проекта» уже может быть «сконструирован» и проведен реальный эксперимент.

В свою очередь, искусственно созданные в эксперименте ситуации сами должны быть представлены и описаны в научном плане как некоторые естественные процессы. Рассуждая о механиках-практиках, Ньютон, к примеру, пишет, что «даже тяжесть (так как это не есть усилие, производимое руками) рассматривалась ими не как сила, а лишь как грузы, движимые... машинами. Мы же, рассуждая не о ремеслах, а об учении о природе, и следовательно, не об усилиях, производимых руками, а о силах природы, будем, главным образом, заниматься тем, что относится к тяжести, легкости, силе упругости, сопротивлению жидкостей и тому по-

добным притягательным и напирющим силам». Другими словами, в науке искусственно воссозданным экспериментальным ситуациям должен быть придан естественный модус. Без этого полученные в эксперименте результаты нельзя считать научными. «Вся трудность физики... состоит в том, чтобы по явлениям движения распознать силы природы, а затем по этим силам объяснить остальные явления» [57, с 3].

Следовательно, даже в эксперименте, явно ориентированном на инженерное мышление, главный акцент все же должен делаться на естественной позиции. В то время как в самой инженерии он ставится на искусственной позиции, хотя инженеру присуща смешанная искусственно-естественная точка зрения. Этот факт объясняется прежде всего различием задач экспериментальной научной и инженерной деятельности. Основная цель эксперимента — подкрепить, обосновать искусственным путем теоретически выведенные естественные законы, цель же инженерной деятельности, учитывая эти законы, создать искусственно технические средства, удовлетворяющие определенную человеческую потребность.

Инженер, таким образом, так же как и ученый-экспериментатор, оперирует с идеализированными представлениями о природных объектах. Однако первый из них использует эти знания и представления для создания инженерных объектов («искусственно-естественно-искусственная» позиция), а второй создаст экспериментальные устройства для обоснования и подтверждения данных представлений («естественно-искусственно-естественная» позиция). В этом и выражаются прежде всего сходство и взаимовлияние экспериментального естествознания и инженерной деятельности, в то же время в современной культуре выполняющих разные функции и имеющих различную направленность.

Создание учеными экспериментального оборудования, и прежде всего точных измерительных инструментов, имело важные последствия для развития инженерной деятельности. По образному выражению известного французского философа и историка науки А. Койре, на смену миру «приблизительности» и «почти» в создании ремесленниками различных технических сооружений и машин приходит мир точности и расчета новой науки. Средневековые философы и ученые не интересовались проблемами точного знания о природе. Алхимия, например, и средневековая оптика пренебрегали точным

экспериментом и математическим расчетом. Описание машин ремесленной технической практики средневековья также было приблизительным. Часто эти машины изобретались с указанием их реальных размеров, но они не являлись результатом математических расчетов.

Для ремесленника была характерна работа «на глазок». «Так как ремесленники довольствуются в работе лишь малой степенью точности,— писал Ньютон,— то образовалось мнение, что механика тем отличается от геометрии, что все вполне точное принадлежит к геометрии, менее точное относится к механике. Но погрешности заключаются не в самом ремесле или искусстве, а принадлежат исполнителю работы: кто работает с меньшей точностью, тот — худший механик, и если кто-нибудь смог исполнить изделие с совершеннейшей точностью, тот был бы наилучшим из всех механиков» [57, с. 1]. Таким образом, микроскоп и телескоп, созданные учеными-инженерами, «наилучшими из всех механиков», — это результат не только практического мастерства, но и точных математических расчетов при изготовлении линз. Галилей усовершенствовал технологию изготовления линз до такой степени, какой она еще никогда не достигала. Это и позволило ему изготовить зрительную трубу тридцатикратного увеличения, в то время как зрительные трубы очковых мастеров увеличивали всего в 3 раза.

Конечно, ученые-изобретатели задавали ремесленникам образцы точности, целенаправленного применения науки к решению технических задач. Новый экспериментальный метод стал связующим звеном между наукой и технической практикой. Но все же инженеры в XVII—XVIII вв. не особенно интересовались теорией, а больше эмпирическими приемами и практическими рекомендациями, так как считали, что сложная математика к инженерному делу неприменима. Это опять приводило к давнему разделению механики на рациональную (умозрительную, общую), развиваемую точными доказательствами, и практическую, к которой относятся все механические ремесла.

Многочисленные изобретения этого времени, в том числе и научных инструментов, «могли получить осуществление,— по словам К. Маркса,— только благодаря тому, что эти изобретатели нашли значительное количество искусных рабочих-механиков, уже подготовленных мануфактурным периодом» [1, т. 23, с 393]. Однако эти многочисленные техники-ремесленники работали

еще в значительной степени по старинке, без ориентации на новую науку. Да и учились они еще по старому, ремесленному способу.

Круг научных знаний первых инженеров был невелик. Например, по указу Петра I от 21 февраля 1721 г. «нужнейшая часть Инженерства: 1) Пять частей арифметики, а по самой крайней нужде хотя одна нумерация. 2) План геометрии со всем циркульными приемами. 3) Масштаб, по которому мог бы чертить на бумаге и после оное перевести на землю к делу...» [18, с 68]. В Англии, которая шла в авангарде промышленного развития, до середины XIX в. не было технических школ и инженеров продолжали готовить путем индивидуального ученичества.

Подлинная связь науки с производством, с техникой начинается лишь в XIX в. Практическая же механика XVII в. прежде всего заключалась в «сооружении мельниц, технических машин различного назначения, машин, применяемых в строительстве и горном деле для подъема грузов и подъема воды, и устройстве военных машин. Затем — фортификация и военно-инженерное искусство, сооружение зданий и мостов, портов, каналов и иных гидротехнических сооружений. Теоретическая механика для этого или не дает ничего или весьма мало (за исключением, пожалуй, теории часов); при этом то, что дано, является результатом деятельности именно ученых конца XVI—XVII вв. Основные же познания, которыми пользуются устроители мельниц, инженеры и архитекторы, — познания практические, полученные путем индивидуального ученичества (ибо иного технического образования в те годы просто не существовало)» [53, с 75].

Галилей, Гюйгенс, Ньютон и другие ученые задали классические образцы инженерной деятельности, основанной на новой науке, но реализованы они массовым тиражом были позже. С точки зрения современного им ремесленника, «труд» экспериментатора представляется не более чем игрой. Например, при исследовании законов равновесия или движения рычагами действуют не для того, чтобы перемещать тяжести, весами пользуются не для того, чтобы определять вес, снаряды выпускают не для того, чтобы поразить цель, и т. д.» [12, с. 20]. Все же постепенно в течение XVIII столетия формируется профессиональная организация инженерной деятельности, отличная от ремесленной, которая явилась результатом своеобразной «диффузии» в сфе-

ру инженерной практики норм и методов естественно-научного мышления и экспериментальной деятельности.

Отношение науки и техники очень напоминает отношение между братьями-близнецами: при первом поверхностном взгляде бросается в глаза их поразительное сходство. Если же присмотреться повнимательнее, находишь массу различий и индивидуальных черт — при общих родителях они выполняют разные социальные функции, и это накладывает на них неизгладимый отпечаток. Но если исследовать предмет еще подробнее, откроется их глубинная общность и связь, и казавшиеся ранее такими разительными различия отходят на второй план.

Исторические перипетии взаимоотношений науки и техники показывают, что экспериментальное естествознание и инженерная деятельность возникли в конкретных исторических обстоятельствах, порождены историческими условиями нарождающейся буржуазной культуры, нового способа производства. Такой анализ соотношения науки, техники и производства, как хорошо известно, дал К. Маркс: «Если процесс производства становится *применением науки*, то наука, наоборот, становится фактором, так сказать, функцией процесса производства. Каждое открытие становится основой для нового изобретения или для новых усовершенствованных методов производства. Только капиталистический способ производства впервые ставит естественные науки на службу непосредственному процессу производства, в то время как, наоборот, развитие производства предоставляет средства для теоретического покорения природы... Люди науки — поскольку естественные науки используются капиталом в качестве средства обогащения и таким путем сами становятся средством обогащения для тех, кто развивает науку, — конкурируют друг с другом в поисках *практических применений* этих наук. С другой стороны, *изобретение* становится особой профессией» [1, т. 47, с. 553—554, 556].

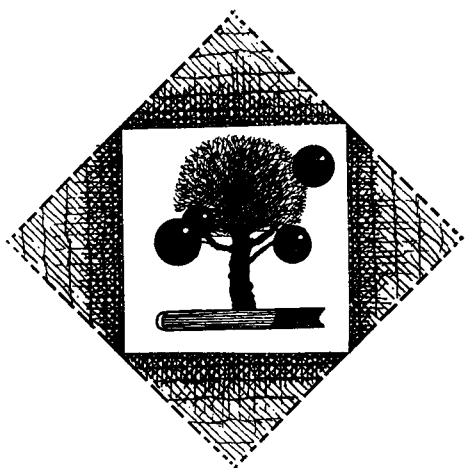
Таким образом, экспериментальное естествознание и инженерная деятельность выполняют в современной культуре функцию средств производства, становятся на службу непосредственному процессу производства. Однако инженерная деятельность в период мануфактурного производства несет на себе еще остатки профессиональной организации ремесленной технической деятельности, например индивидуального ученичества. Поэтому инженерная деятельность в это время существует глав-

ным образом в форме изобретательской деятельности отдельных «энциклопедических» личностей, творческих индивидуальностей, Мастеров-Инженеров, инженеров-консультантов (типа Леонардо да Винчи), отчаянно отстаивающих, хотя и не всегда успешно, свою независимость и свободу (прежде всего внутреннюю) от норм и запретов старого общественного устройства.

Наибольшее развитие тогда получают виды инженерной деятельности, не связанные с производством: появляются военные и строительные инженеры, инженеры мостов и дорог, горных и водяных работ и т. п. Других инженерных профессий еще не было. Мануфактурная промышленность обслуживалась исключительно практиками-рабочими и мастерами.

Подлинное свое развитие инженерная деятельность получает лишь с появлением машинного производства, требующего массовой подготовки инженеров. Именно с развитием в XVIII—XIX вв. высших технических школ инженерное сообщество, оказавшее такое решающее влияние на формирование новой науки — экспериментального естествознания, само постепенно приобретает черты зеркального отражения сложившегося уже к этому времени научного сообщества (высшее образование, ученые степени, общества инженеров, инженерные исследовательские лаборатории и журналы и т. д.).

ИНЖЕНЕРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ— ИСКУССТВО ИЛИ НАУКА, ИЛИ ЧЕМУ УЧИТЬ ИНЖЕНЕРА?



В XVIII—XIX вв. промышленность постепенно переходит на машиностроительные рельсы: сначала к машинному производству, а затем и к производству самих машин при помощи машин. В мануфактурный период машины применяются лишь спорадически и в принципе могут быть заменены работой живых сил. К наиболее совершенным машинам мануфактурного периода относятся прежде всего часы и мельницы.

К XVIII в. накопилось такое большое количество машин самых разнообразных видов, что их описание с трудом уместилось в девятитомный фундаментальный труд Я. Лейпольда «Общий театр машин». Традиционного описания всех этих машин при помощи так называемых простых машин (блок, винт, клин и т. д.), известных каждому из школьного курса теоретической механики, было уже недостаточно. Требовалось более целенаправленное и специальное применение науки к стремительно развивающейся технике — разработка особой науки о машинах. В связи с этим К. Маркс отмечал: «В качестве машины средство труда приобретает такую материальную форму существования, которая обуславливает замену человеческой силы силами природы и эмпирических рутинных приемов — сознатель-

ным применением естествознания... причем, разумеется, теоретическое решение должно быть усовершенствовано, как и раньше, с помощью накопленного в широком масштабе практического опыта» [1, т. 23, с. 397, 391]. Это выдвинуло на первый план проблему целенаправленной научной подготовки инженеров для развивающейся промышленности, передачи и обобщения накопленного технического опыта.

Университеты и академии наук

Университеты для этого все еще не годились. Европейские университеты возникли в XII—XIII вв. на основе духовных школ. В современном понимании университет — это вместилище всех наук. В средние века университетом называли всякий организованный союз людей, всякую корпорацию. Истоки у них те же, что и у западноевропейских ремесленных цехов, да и возникают они примерно в одно время. Поэтому они близки и по своему строю. Ученое «производство» или «ремесло» облеклось в такие же формы, как и любое другое ремесленное производство: общее собрание членов под председательством главы, известная дисциплина и последовательность традиций; градации школяров, бакалавров и магистров соответствовали здесь цеховым градациям учеников, подмастерьев и мастеров [82]. И процесс обучения в чем-то был аналогичен: ученик (школяр), желающий обучаться мастерству, поступал на обучение к мастеру. После двухлетнего ученичества его представляли к испытанию, выдержав которое, он становился бакалавром.

Бакалавром в средние века назывался вассал низшего ранга — воин со скромной экипировкой и без свиты, каноник низшего ранга в церковной иерархии, подмастерье в ремесленных цехах. Итак, в средневековом университете бакалавр был подмастерьем «ученого цеха». Продолжая учиться, он уже начинал и преподавать. Еще через два года учебы назначалось новое испытание, дающее возможность стать мастером науки — доктором или магистром — и самостоятельно учить (для этого выдавалась лиценция).

Вместе с лицензией вручались и знаки докторского достоинства — книга, перстень и берет (четырёхугольная шапочка). Форма одежды в средневековом обществе значила очень много, так как была индикатором со-

диальной принадлежности, и поэтому жестко регламентировалась. А ранг магистра и доктора был достаточно высок и открывал путь к высшим должностям. Эти «ученые степени» перешли из средневековых университетов и в современную науку и живы до сих пор, как и многие их традиции и организационные установления.

Первым основанием средневековой науки была, как мы говорили, ссылка на авторитет. Одним из таких непререкаемых авторитетов, рассуждения которого не подвергались сомнению, был Аристотель. Новая наука — экспериментальное естествознание — подвергла отрицанию этот принцип. Еще Роджер Бэкон ратовал за опыт как основание подлинного научного доказательства и против авторитета. Галилей опровергал средневековый принцип авторитарности весьма оригинальным способом — ссылкой на авторитет, что сам Архимед научил его удовлетворяться, как мы уже отмечали раньше, своими собственными рассуждениями; а не только авторитетом учителя. И все же этот принцип сохранился в рудиментальной форме до сих пор.

Ссылка на авторитеты играет важную роль и в современной науке. Только теперь она не единственное и безусловное доказательство правоты, как в средние века. Это отразилось и в структуре любого научного текста, обязательной принадлежностью которого является ссылочный аппарат (правда, в технической литературе он имеет меньшее значение, чем в научной). Современному ученому нет необходимости самому доказывать справедливость всех своих рассуждений, он опирается на опыт предшественников — без этого эффективное развитие науки было бы просто невозможным.

Некоторые понятия, связанные с учебным процессом в средние века, сохранили свое значение до сих пор, хотя несколько изменили его, и не только для современных университетов, но и для высших технических школ. Правда, студентами называли тогда не только школяров, но и всех, кто штудирует, т. е. посвящает себя научным занятиям, — и учителей, и учеников (но слово сохранилось).

Конечно, средневековые университеты имели гораздо большую самостоятельность и более высокие статус и привилегии, чем, скажем, ремесленные цехи. Они обычно находились под личным покровительством королей и императоров, а не городских властей. (Коллегия же докторов была частью городского управления, из-за чего нередко возникали всякие досадные инциденты

между школярами и преподавателями.) В университетах учились люди разных стран, национальностей и социальных слоев. Все это, находясь в русле средневековой культуры, в конечном счете прорывало традиционную для ее социальных институтов корпоративность, давая членам университетского цеха дополнительные степени свободы и известную вертикальную социальную мобильность.

И хотя возникновение университетов, несомненно, было явлением прогрессивным, уровень преподавания в них отставал от запросов практики, особенно в Новое время, о чем свидетельствует тот факт, что Галилей оставил Падуанский университет, чтобы самостоятельно заняться математикой. Это, однако, совсем не означает, что преподавание в университетах не улучшалось, в них начали изучать и естественные науки («натуральную философию»), и математику, но культивировалось презрение к практическим (а значит, ремесленным) искусствам.

Университетская схоластическая наука исчерпала себя, а новое знание прививалось очень медленно. В Падуанском университете, например, лишь в XVIII в. было введено преподавание прикладных знаний, но метод преподавания был чисто описательным и не преследовал цели подготовки инженеров. Со временем, конечно, свежий ветер перемен разрушил и традиционализм университетской науки, и она сыграла свою положительную роль в развитии теоретических основоположений техники. Но в XVII—XVIII вв. «прорыв к опыту» реализовывался в иных, новых социальных структурах: научных обществах и академиях наук.

Широкого спектра практических знаний средневековые университеты дать не могли. Они были далеки от развивающейся технической практики. Однако горячее желание получить такие познания, в том числе и в области математики, в среде широкой публики все более возрастало. Появляется даже новая профессия учителя математики, который при случае мог быть и землемером, и строителем фортификационных сооружений, изобретать новые инструменты, чертить карты и планы.

Они вели, подобно итальянским инженерам, художникам и архитекторам, бродячую жизнь: обучением математике занимались в мирное время и военные инженеры, например Никколо Тарталья. Кроме того, начиная с XV в. возникают кружки ученых, которые, пользуясь поддержкой монархов или отдельных влиятельных лиц,

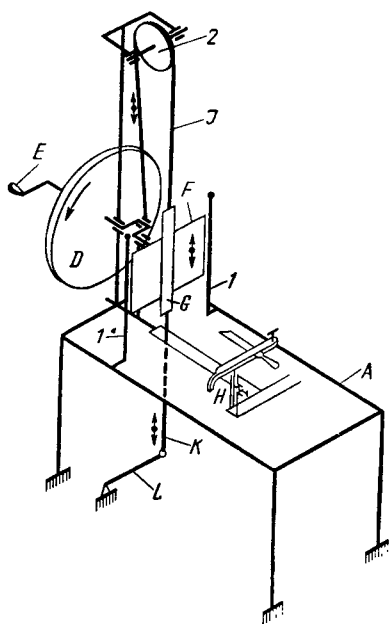


Рис. 7. Схема строгального станка конструкции А. К. Нартова

1724 г.— Петербургская академия наук и т. д.). Они преследовали в основном исследовательские цели, хотя в ряде случаев брали на себя и функции учебных заведений. Но имея в своем составе практиков, в том числе инженеров, выполнять функции инженерной подготовки они и не могли и не ставили это своей задачей. Некоторые из них, имея финансовую поддержку от правительств, стали со временем официальными научными учреждениями.

В XVII—XVIII вв. подобные научные общества и академии наук получили широкое распространение. Прежде всего они обеспечивали условия для экспериментальной работы, которых не было в университетах того времени.

Большую роль в них играли и изобретатели. Например, талантливый русский инженер и изобретатель Андрей Константинович Нартов, который был личным токарем Петра I, принимал активное участие в организации Петербургской академии наук. Будучи первым советником Академии наук и руководителем ее инструментальных мастерских, он внес много улучшений в их

развивают бурную научно - исследовательскую, литературную и преподавательскую деятельность. Они получают название академий.

Академии наук возникли в XVI—XVII вв. как объединения естествоиспытателей (1560 г.— Академия тайн природы, г. Неаполь; 1603 г.— Академия Линчеи (рысьеглазых), членом которой был Галилей; 1657 г.— во Флоренции основана Академия дель Чименто (эксперимента); 1660 г.— Лондонское королевское общество; 1666 г.— Парижская академия наук; 1700 г.— Научное общество в Берлине;

оборудование и организацию (например, построил строгальный станок собственной конструкции, рис. 7).

Руководители мастерских Петербургской академии наук должны были вместе с академиками различных специальностей принимать участие в рассмотрении изобретений и технических проектов, давать консультации по техническим вопросам, изобретать и изготавливать научные приборы.

С 1769 по 1787 г. этими мастерскими руководил выдающийся русский изобретатель Иван Петрович Кулибин. «Многое сделал Кулибин и для совершенствования технологии производства ряда научных приборов. Приступая к работе над каким-либо прибором или инструментом, изобретатель обычно сам изготовлял чертежи, вникая во все детали работы, затем разрабатывал наиболее дешевые и удобные способы изготовления» [62, с. 70]. Он начал свою работу в мастерской с ремонта и изготовления телескопов. Есть данные, что Кулибин изготовил «по наставлению Эйлера для опыту медный нового рода с объективными стеклами обратный телескоп». Наряду с изготовлением различных приборов (термометров, барометров, электрических машин различных конструкций и размеров, астролябий и морских компасов и т. д.) Кулибин много работал над усовершенствованием микроскопов, в частности ахроматического микроскопа, основанного на расчетах известного математика члена Петербургской академии наук Леонарда Эйлера.

Академии начали издавать печатные труды, в которых помещались, в частности, отчеты об изобретениях; вообще, прикладным аспектам науки уделялось большое внимание. Академии занимались экспертизой технических изобретений. «Просматривая выборочно протоколы Королевского общества, можно заметить, что на долю теоретических вопросов, относящихся ко всем областям естествознания и математики, в первые годы существования Общества приходится почти столько же сообщений о готовых и продолжающихся работах, сколько их падает на долю прикладных и вообще практических тем» [70, с. 666]. В Проекте Положения об учреждении Академии наук и художеств, составленного по указанию Петра I, также написано: «Еще ж Академия повинна все декуверты (изобретения), которые в помянутых науках иногда предложены будут, розискивать и свою апробацию откровенно о том сообщать: [1.] сиречь — верны ли оные изобретения. 2. великой

ли пользы суть или малой. 3. известны ли оные прежде сего бывали или нет» [88, с. 35].

В составе академий было много людей, занимающихся практической деятельностью (инженеров, врачей, кораблестроителей). В Хартии Лондонского королевского общества, например, было записано, что оно должно «совершенствовать познания натуральных вещей и всех полезных искусств, мануфактур, механической практики, машин и изобретений при помощи экспериментов...» [17, с. 43].

Однако уже в XVIII в. интерес академии к вопросам техники уменьшился. Это было связано с совершенствованием организации науки. Ввиду увеличения фронта исследований академии сконцентрировали свое внимание на решении фундаментальных научных проблем. Возникли новые формы организации научной деятельности в области техники.

Одна из важных заслуг академий наук в том, что они создали научную прозу как новый литературный жанр, новую литературную форму ученого сочинения. Это «вопрос не только жанрового многообразия, но и раскованности, свободы выбора формы, свободы от следования установленным образцам, что имеет прямое отношение и к содержанию ученого сочинения, и к его ориентации на иные, новые общественные слои — вне узкокорпоративной замкнутости средневековой науки. Открытый диалог Галилея и его послания, обращенные (как «Послание Инголи») не к названному в заглавии адресату, а к общественному мнению, современной научной и околонаучной интеллигенции, — необъяснимы вне гуманистической литературной традиции» [53, с. 26].

За некоторым сходством этих двух жанров — литературного и научного, несомненно, лежит и глубинное различие двух типов, стилей, мышления, которые получили наибольший расцвет в современной европейской культуре соответственно в эпоху Возрождения и Новое время: художественного и научного. Техническое мышление, становясь инженерным, испытывает на себе влияние этих двух фундаментальных стилей мышления, что четко видно в творчестве Леонардо да Винчи. Решающим для Леонардо является именно художественный стиль мышления. Но Леонардо — не только художник, он и ученый, и, может быть, главным образом Мастер-Инженер. Тип мышления Леонардо, значит, более правильно было бы назвать художественно-научно-техническим, а значит, инженерным.

В Новое время в Езропе определяющим становится научный стиль мышления, точнее научно-технический. У Галилея, находящегося на перепутье этих двух поворотных эпох в развитии современной человеческой цивилизации, стиль мышления еще находится под сильным влиянием художественной культуры Возрождения и поэтому может быть назван научно-художественным, вернее, научно-художественно-техническим, что нашло выражение и в соответствующей форме подачи им научного текста (в отличие от строго научных текстов Ньютона). Эти два главных стиля мышления оказали сильное влияние на трансформацию технического мышления ремесленников в инженерно-художественное мышление Мастеров-Инженеров эпохи Возрождения и его развитие в современное инженерно-научное мышление и, несомненно, на новую техническую литературу.

Когда возникла техническая литература

Когда же в таком случае возникла современная научная проза и техническая литература, чем они отличаются друг от друга и что между ними общего?

В общей форме можно сказать — тогда, когда ученые и инженеры начали публиковать свои труды в широкой печати. Поэтому в науковедении (науке о науке) такое важное значение придается анализу динамики массива публикаций. Именно через них происходит социализация результатов научного исследования, его конструктивная критика и развитие. Науковеды выделяют несколько жанров научных публикаций: статьи, обзоры и рефераты, монографии, учебники и научно-популярные издания академического типа. Например, во времена Ньютона оперативную научную коммуникацию обеспечивали в основном письма, переписка между учеными. Но она не закрепляла в достаточной степени авторство.

Сегодня основным средством оперативной научной коммуникации являются статьи, однако и они уже не обладают достаточной степенью оперативности. Результаты, полученные на переднем крае научного исследования, попадают в них лишь через два-три года. И это не следствие журнальной волокиты, а их нормальное прохождение (необходимы их рецензирование, редактирование, обсуждение на редколлегии, доработка, наконец, возможны технические задержки и «очередь»). По-

этому в последнее время среди ученых становятся все более популярными так называемые депоненты и препринты. Они не требуют тщательного редактирования, рассылаются лишь специалистам и закрепляют авторство, хотя и рассматриваются как предпубликации.

В эпоху Возрождения появляется и первая техническая литература нового типа: во-первых, в виде «энциклопедий» технических знаний и, во-вторых, инженерно-художественных размышлений-трактатов. К первому типу относится, например, фундаментальный труд немецкого ученого и инженера эпохи Возрождения Георгия Агриколы «О горном деле и металлургии в двенадцати книгах», вышедшей на латинском языке в 1556 г. Он был, по существу, первой производственно-технической энциклопедией и включал в себя практические сведения и рецепты, почерпнутые у ремесленников и из его собственной многогранной инженерной практики, относящиеся к производству металлов и сплавов, к вопросам разведки и добычи полезных ископаемых и многим другим техническим вопросам. В более позднее время к этому жанру технической литературы могут быть отнесены уже упоминавшиеся «театры машин» и «театры мельниц» и современные технические справочники.

Второй тип литературы претендовал фактически на развитие особой «технической теории», основывающейся не столько на обобщении существующей технической практики и описании имеющихся рецептов, сколько на предписании ей определенных эстетических идеалов. К такого рода литературе относится, например, трактат Альберти, где, по сути, художественная теория инженерного, архитектурного и т. п. творчества заменяет научную теорию техники. С развитием научной литературы художественный стиль мышления заменяется на научный, канон для технической литературы становится научный трактат.

Необходимость научного описания техники, систематизации научных знаний, нужных инженеру, и научного обобщения имеющихся технических знаний возникает в первую очередь в связи с настоятельной потребностью подготовки инженеров. Поэтому первая действительно научная техническая литература — это учебники для высших технических школ. Технические журналы появляются вместе с образованием профессиональных инженерных обществ по типу научных академий. Эти общества развиваются из профессиональных содружеств

инженеров, одной из задач которых было оказание помощи их членам в усовершенствовании их знаний.

В Англии, где долгое время не было технических школ, это были учебные клубы, известные под названием институтов. Одной из первых возникла Организация (Институт) гражданских инженеров. «На рубеже XVIII и XIX вв. в Англии появилась техническая периодика. В 1797 г. Н. Никольсон создал первый в мире журнал по вопросам прикладных знаний — «Nicholson's Journal»... [18, с. 187]. (В «Ведомостях» первых технических училищ отражались поначалу только организационные вопросы: уставы училищ, изменения к ним, сведения о приеме и выпуске, программы преподавания и т. п. Лишь «Политехнический журнал» Парижской политехнической школы, организованной по типу технического университета, начал публиковать наряду с этим и научные тексты. Но его еще нельзя назвать в собственном смысле слова техническим журналом: во-первых, он не был отраслевым, во-вторых, он занял место ведущего периодического издания по математике и, в-третьих, в нем публиковались на первых порах прежде всего стенограммы лекций. Таким образом, он фактически выполнял функцию учебной литературы, которая в дальнейшем перешла к учебникам.)

В качестве примера профессионального общества инженеров можно назвать Российское общество радиоинженеров, которое было организовано в 1918 г. В том же году оно выпустило первый номер журнала «Радиотехник». В дореволюционный период с 1866 г. существовало Русское техническое общество, в составе которого в 1880 г. создается электротехнический отдел и начинает издаваться один из первых электротехнических журналов в мире «Электричество». Несколько раньше, в 1856 г., был организован Союз германских инженеров, также учредивший свой журнал. Американское общество инженеров-механиков, выпускавшее «Инженерный журнал», существует с 1880 г.

Однако главным первоначальным средством теоретического обобщения технических знаний были и остаются учебники для высших технических школ. Первым из них был учебник строительного искусства Белидора, изданный в 1729 г., — «Наука инженерного дела». Белидор был военным инженером и профессором математики, членом Французской академии наук. В 1725 г. он опубликовал «Новый курс математики для артиллеристов и инженеров», который содержал большое коли-

чество практических задач. В своей «Науке инженерного дела» он ввел в механику математические расчеты, в частности, предложил один из способов расчета элементов зацепления зубчатых колес.

Это было важным шагом на пути «онаучивания» техники, так как «на протяжении почти всего XVIII в. практические инженеры упорно отрицали возможность приложения математики к решению инженерных задач, несмотря на то что ученые достигли в этом направлении уже некоторых успехов» [18, с. 68]. Это и не удивительно, поскольку даже зубчатые колеса во многих существовавших тогда механизмах и машинах были деревянными и делались на глазок, отчего часто ломались. Дальнейшее же развитие военной и строительной техники требовало не только опыта и практических знаний, но также и способности анализировать новые насущные проблемы технической практики теоретическими средствами. Для решения этой задачи требуется и новая научная подготовка инженеров — возникают первые технические школы: военно-инженерные, строительно-дорожные и горные.

Как и чему учить инженера?

«Попытки ввести техническое образование предпринимались еще в XVII в.: отдельные школы, готовившие техников, были во Флоренции, в Дании и во Франции. Однако лишь в XVIII столетии основываются технические школы для подготовки инженеров: военных, морских... путейских, т. е. по специальностям, которые обеспечивали «государственную» службу. Такие школы почти одновременно возникают в России, Германии, Франции» [15, с. 172].

В 1720 г. во Франции открыт ряд военно-инженерных учебных заведений для подготовки специалистов по фортификации и артиллерии, в том же году — Корпус инженеров путей сообщения, а в 1747 г. — Школа мостов и дорог. Важное значение имела Мьезерская военно-инженерная школа, основанная в 1748 г., выпускником и преподавателем которой долгое время был Гаспар Монж — организатор высшей технической школы нового типа (в 1794 г.), Парижской политехнической школы, о которой речь еще пойдет ниже. Появляются и первые учебники для этих школ.

В Германии инженерные школы возникли несколько

позже: 1799 г.— Строительная академия в Берлине, 1815 г.— Политехнический институт в Вене, 1821 г.— Ремесленный институт в Берлине, затем возникают политехнические институты в Карлсруэ (1825), Мюнхене (1827), Дрездене (1828), Ганновере (1831), Штутгарте (1840) и т. д. Они оказали сильное воздействие на развитие промышленности, подготовив новые высококвалифицированные образованные инженерные кадры, что позволило Германии к концу XIX в. выйти на одно из первых мест в промышленном и инженерном отношении. Английские же инженеры в то время не интересовались теоретическими проблемами и игнорировали занятие математикой.

В Англии в течение первых трех десятилетий XIX в. еще не было специальных технических учебных заведений, и хотя она долгое время считалась самой передовой страной в промышленном отношении, отставание в области высшего технического образования привело в конечном счете и к отставанию в практической сфере.

Английские инженеры были самоучками, не обладавшими широкими научными знаниями. Лишь в 1841 г. в Лондонском университетском колледже были организованы три технические кафедры (по гражданскому строительству, механике и машиностроению). Вопрос же об открытии специальных высших технических школ все еще продолжал обсуждаться.

В США первым техническим учебным заведением была Вест-Пойнтская военная академия, основанная в 1802 г. по решению конгресса. Бруклинский политехнический институт открыт в 1854 г., а Массачусетский технологический институт — в 1861 г.

Техническому образованию в России положили начало Инженерная (1700 г.) и Математико-навигационная школы (1701 г.): «Петр I заставил изучать инженерное дело не только в Морской академии, но и в полковых школах и даже в духовных семинариях» [53, с. 90]. Однако, как мы уже видели из Указа Петра I 1721 г. «Нужнейшая часть инженерства...», преподавание научных дисциплин в этих заведениях было еще весьма элементарным и примитивным с современной точки зрения. В то же время профессия инженера усложнялась и практика предъявляла новые требования к подготовке квалифицированных инженерных кадров. Горнозаводское дело одним из первых ощутило нужду в специальных горных школах. В России таким техничес-

ким учебным заведением стало учрежденное в 1773 г Горное училище — детище крупного организатора горного дела и высшего образования в России Михаила Федоровича Соймонова.

В первоначальном плане «О горных школах» центральное место занимал раздел «О науках, каких горных кадет непременно обучать должно», включающий в себя арифметику, геометрию «для снятия на поверхности земли ситуаций заводских и их окрестностей, отводу лесов, высоты гор и тому согласного для рудников; маркшейдерское искусство, чтоб иметь сведение, где противу поверхности в какой глубине работа производится, каким образом для разведания горы разрез оный сделать должно, где отдушину без ошибки прямо опустить против штольни, и тем работающим подать помощь, а промышляющего избавить излишней траты; минералогия, чтоб по верным основаниям узнавать породы руд и их богатство, прочность и непрочность рудника по его положению, качеству и салбантам и в каком он роде камня или земли лежит; химия для опыту и плавки и разделения или разведания содержания металлов, минералов, рудных всяких земляных пород с точною достоверностию и к открытию лучших способов приобретения металлов, как в плавленном, так и в пробирном деле и в произведении из оных потребных видов и существ, кои оным свойственны; архитектура и гидравлика для заведения плотин, познания пропорции воды, действия оной по сравнительной ее тягости в рассуждении высоты падения к порядочному подвигу колес, валов и прочего; механика для сооружения и сложения потребных членов в корпуса, нужные к заводским действиям в замену человеческого бремя и скорейшему в деле успеху; физика для генерального понятия и ясного рассуждения о всем том, яко связанном с естеством знанием», а также знания языков (латинского, немецкого и французского)» [26].

Сюда Соймонов добавил еще нужное для горного инженера искусство рисовать, «дабы он не только изображал на плане строения заводов и рудников, но чтоб мог и прямой вид дать рудным штуфам, которые от времени в воздухе теряют прямые свои колера, а потому и наводят затруднение делать точное о рудниках заключение». Учебный курс был рассчитан на 4 года, но одаренные и хорошо подготовленные студенты могли окончить его раньше, «непонятным» же (если они «впредь к наукам прилежным себя не сделают», то на их содер-

жание казенные деньги больше тратиться не будут) давался лишь унтер-офицерский чин.

С самого начала Соймонов большое значение придавал практическим занятиям студентов: «Для практического понятия преподаваемым из горных наук сделал шахты, штольни, строения и квершлаг и, словом, всевозможные горные работы, осыпал их землею, а по гангам рудным в пристойных местах вмазал настоящие штуфы тех пород, какие где нужны, дабы студенты, слушая лекции в минералогии, вошед в сии горы, могли яснее видеть свойство тех гангов со штуфами и их бергорты... а в классах маркшейдерских и механическом также практическом научились студенты горные, дабы по выпуске в горные офицеры, будучи на заводах отдаленных и в лесных местах, где не только механиков, но и хороших мастеровых пайти трудно, могли без ошибки показывать сложенне машин» [26, с 58—59].

Уставом Горного училища были назначены следующие классы: математический, маркшейдерский, химический, механический, минералогический, физический и рисовальный. Учащиеся знакомились также со всем «обрядом заводского правления», расстановкой горных служителей и с ведением отчетности. В механических классах рассматривались вопросы использования полученных знаний при постройке машин (умения все «части машин сделать, сложить, скрепить»).

В минералогическом классе, кроме теоретических, предполагалось проведение практических занятий на учебном руднике и в Кабинете минералов и искусственных тел. В рисовальном классе, по мнению Соймонова, следует развивать умение не просто «изображать», но давать «особливо в профилях, горным работам прямые виды не только рудных гангов и флещов, но и всех вообще с теми соединенных земляных и каменных слоев, дабы при случае сочинения заводских, а особливо горных чертежей, подлинный вид тех пород, каковы в рудниках найдутся, точнее изображаем был». Для закрепления полученных знаний студентов отправляли «сперва по казенным заводам», а потом и за границу.

Учебные пособия зачастую приходилось переводить самим студентам, в типографии училища печатались и собственные сочинения. Первоначально они использовались лишь для внутренних нужд, но Соймонов полагал, что «такого рода книги переводятся в пользу заводов», и дал указание «разослать на казенные и партикулярные заводы по несколько, положи оным настоящую

цену». Горное училище превратилось в первоклассное техническое учебное заведение, выпускающее специалистов высокой квалификации. Однако все же теоретическая подготовка в подобных технических училищах все еще значительно отставала от уровня развития науки (они были в большей мере практически ориентированными).

Большую роль в реорганизации Горного училища в Горный кадетский корпус сыграл Аполлос Аполлосович Мусин-Пушкин. Он отмечал в своей записке о работе училища, что оно выпускает «незрелых еще питомцев в горные офицеры, которые и привозят с собой на заводы не что иное, как поверхность слегка схваченных познаний и надменность, несовершенству в оных свойственную, не имея же никакой опытности в хозяйстве заводском и едва ли какую в тех отраслях горных наук, которые с оным нераздельны, соделываются к служению своему малоспособными, вскоре скучают оные и многие покидают его к явному ущербу сего рода службы, не столько отбытием своим из оной, как в отношении бесполезного воспитания их на таковое служение втуне приготавливавшегося» [71, с. 39].

Мусин-Пушкин предложил увеличить время знакомства «с практикой заводского хозяйства» и горных работ, для чего отправлять выпускников «на главнейшие заводы российские, где и должны, прежде чем удостоиться звания офицерского, употребляться, по крайней мере два года, в практическом обращении по всем отраслям служения горного, начиная с обязанностей самых нижних чинов... Часть времени, на заводах ими проводимого, с пользой также употреблено быть может и на отправление в партии и на приискание руд под надзором сведущего чиновника, ибо, имея уже предварительно теоретические познания, к предмету сему нужные, тем легче на практике оные употребить могут к пользе общества» [71, с. 41]. Он предлагал также улучшить преподавание теоретических дисциплин, прежде всего математики и физики, обновив и усложнив их содержание.

Итак, как видно из только что рассмотренной истории Горного училища, методика преподавания в инженерных учебных заведениях носила характер, скорее, ремесленного ученичества: инженеры-практики объясняли отдельным студентам или небольшим группам студентов, как нужно возводить тот или иной тип сооружений или машин, как осуществлять практически тот

или иной вид инженерной деятельности. Новые теоретические сведения сообщались лишь по ходу таких объяснений. Было бы неправильным в какой-то степени сравнивать эти школы с современными высшими техническими заведениями. Инженерам приходилось вести работы, пользуясь несложными тихоходными машинами, расчет которых сводился к условиям статического равновесия между движущей силой и сопротивлением; понятия о коэффициенте полезного действия не было, да оно и не требовалось, так как не был нужен учет потерь при расчете водяного колеса — важнейшего источника механической энергии в XVIII в. Поэтому математическая подготовка инженера была элементарной.

Обучение в высших технических школах, в том числе и французских, состояло в изучении некоторых практических правил, элементарной математики и описательных сведений, относящихся к архитектуре, гидравлике, фортификации и т. д.

Если взглянуть в учебники по инженерному делу, вышедшие в течение столетия (а было их очень немного), можно обнаружить, что даже лучшие из них, как, например, «Инженерная наука» и «Гидравлическая архитектура» Белидора, являются в основном описательными курсами; формулы встречаются в них крайне редко. Еще в 1805 г. парижский архитектор и член Совета общественных работ Шарль Виель опубликовал труд под названием «О беспомощности математики для обеспечения прочности сооружений», в котором, в частности, указывал: «В архитектуре для прочности зданий абсолютно не необходимы сложные вычисления, переполненные цифрами и алгебраическими выражениями с их «степенями»... их «показателями», их «коэффициентами» [15, с. 173 — 174].

Что важнее — инженерная практика или теоретическая подготовка инженеров?

Парижская политехническая школа, основанная в 1794 г. Гаспаром Монжем, с самого начала своего существования ориентировалась на высокую теоретическую подготовку студентов. Здесь впервые учащиеся встретились с настоящей математикой и настоящей теоретической наукой. Поэтому не удивительно, что ее первые выпускники (Пуансо, Био, Пуассон, Коши, Навье, Гей-Люссак) внесли серьезный вклад в развитие

экспериментального естествознания. Обучение в Политехнической школе было общетехническим (в течение двух лет), после чего ее выпускники специализировались в одной из отраслевых школ (также два года). Однако создатель этой школы Монж был не только теоретиком, творцом начертательной геометрии, но и инженером-практиком, занимавшимся, например, изготовлением пушек. И вся его деятельность связана с теоретическим осмыслением инженерной практики.

Политехническая школа скоро стала центром развития математики и математического естествознания, заменив в этом отношении университеты. Впервые в план высшего технического заведения был включен по предложению Монжа курс построения машин, подробный план которого был разработан Ашеттом, а затем Ланцем и Бетанкуром, написавшим на этой основе первый учебник по механике машин (1808 г.).

По образцу этой школы строились многие инженерные учебные заведения Германии, Испании, Швеции, США. В России по ее образцу в 1809 г. был создан Институт корпуса инженеров путей сообщения, начальником которого был назначен ученик Монжа испанец А. А. Бетанкур. Правда, в отличие от Парижской политехнической школы в Институте корпуса инженеров путей сообщения последний год, по предложению Бетанкура, «чтобы при самом выходе из института воспитанники его были знакомы с основными началами наук и практическими их приложениями к инженерному искусству», — выпускники «должны посвятить исключительно практике» [18, с. 112]. Этот институт оказал огромное влияние на развитие инженерной деятельности. Такие его выпускники, как П. П. Мельников, разработчик первой в России железной дороги Петербург — Москва, С. В. Кербедз, проектировавший многих мостов, и другие внесли существенный вклад в развитие путейского строительства.

В 20—30-х гг. XIX в. Институт корпуса инженеров путей сообщения стал ведущим научным центром в области строительного искусства. Проекты всех крупных инженерных сооружений в этой области, как правило, или разрабатывались или рассматривались в институте. Сам Бетанкур много времени отдавал инженерной деятельности, построив первый в России большой постоянный мост в Петербурге и мосты в других городах, руководя строительными работами при сооружении фундаментов Исаакиевского собора, занимаясь очисткой и

расширением Кронштадского порта, преобразованием Тульского оружейного завода, проектированием пушечного завода в Казани и Манежа в Москве, разрабатывая новые машины.

Занимаясь вопросами технического образования, Бетанкур разработал проект, в соответствии с которым были учреждены училища для подготовки среднего технического персонала: военно-строительная школа и школа кондукторов путей сообщения в Петербурге. Военно-строительная школа путей сообщения готовила техников-строителей, «способных к практическому производству всякого рода работ как под водой, так и по сухопутной части, равно всех зданий, постройка которых на Главное управление путей сообщения возлагается» [19, с.16]. Позже эта идея была развита и реализована выдающимся русским ученым, членом Петербургской академии наук И. А. Вышнеградским, по мысли которого, техническое образование должно быть распространено на все ступени промышленной деятельности: высшие школы, готовящие инженеров, средние, готовящие техников (ближайших помощников инженеров), и училища для мастеров, фабричных и заводских рабочих.

Однако проблема соотношения теории и практики в подготовке инженеров до сих пор постоянно выходит на первый план. Эту проблему, трудности в ее разрешении, ее неоднозначность наглядно выразил в романе «Инженеры» Н. Г. Гарин-Михайловский в диалоге своих героев — инженеров-железнодорожников:

«— Что, собственно, из наших институтских познаний пригодится?

— Для практического инженера? Ничего. Практически то, что знает хорошо десятник, мы так никогда и знать не будем.

— А теорию ведь мы тоже не знаем.

— Научились рыться в справочных книжках — на все ведь готовые формулы есть...» [22, с. 239].

В этих словах четко выражен промежуточный статус инженера между теорией и практикой, между наукой и производством. Вероятно, содружество и в то же время конфликт теории и практики коренятся в самом существе стиля мышления инженера, его сходствах и различиях со стилем мышления ученого, с одной стороны, и техника-ремесленника — с другой.

Знать и уметь: «образовать голову и сделать хорошего инженера»

Качественно новая фаза в развитии инженерной профессии наступает с расширением машинного производства, с образованием крупной промышленности. По словам Маркса, только производя машины с помощью машин, крупная промышленность «создала адекватный ей технический базис и стала на свои собственные ноги» [1, т. 23, с. 396]. Такое производство совершенно утрачивает ремесленный характер, развивается на новой, своей собственной основе и требует для себя инженеров иного типа, имеющих высшее техническое образование и обслуживающих самые различные этапы и фазы промышленного производства.

«...Кооперативный характер процесса труда становится здесь технической необходимостью, диктуемой природой самого средства труда», — отмечал К. Маркс. Подобно тому как «частичный рабочий не производит товара», «лишь общий продукт многих частичных рабочих превращается в товар» [1, т. 23, с. 397, 367], отдельный инженер уже не может осуществлять все этапы инженерной деятельности и контролировать все фазы производства, и в ней возникает объективная потребность разделения труда. В то же время здесь *«научный фактор»* впервые сознательно и широко развивается, применяется и вызывается к жизни в таких масштабах, о которых предшествующие эпохи не имели никакого понятия» [1, т. 47, с. 556].

Научная подготовка инженеров, их специальное именно *высшее* техническое образование становятся к концу XIX в. настоятельно необходимыми.

К этому времени многие ремесленные, средние технические училища преобразуются в высшие технические школы и институты. К ним относятся, например, Технологический институт в Петербурге, созданный в 1862 г. на основе школы мастеров (для низших сословий: крестьян, ремесленников, разночинцев); Петербургский электротехнический институт, одно из первых высших учебных заведений чисто электротехнического профиля, образованный в 1891 г. на базе Почтово-телеграфного училища (1886 г.); Московское высшее техническое училище. Последнее создано в 1868 г. после реорганизации ремесленного учебного заведения (1830 г.) с целью «доставлять учащимся в нем высшее образование по специальности механической и химической».

Большое внимание в этих институтах стало уделяться именно теоретической подготовке будущих инженеров: «Нельзя трактовать политехническую школу,— говорил в своем выступлении в 1871 г. русский математик А. В. Летников, которому вместе с инженером В. К. Делла-Восу была поручена реформа Московского технического училища,— как училище чисто практическое, имеющее в виду только удовлетворять непосредственным целям мелкой и крупной промышленности, но лишенное научного характера... изучение прикладных предметов может принести пользу только при высоком теоретическом развитии... сила действительного практического знания прямо пропорциональна высоте научных сведений, высоте теоретического образования» [25, с. 16—17].

В конце XIX в. тем не менее между наукой и технической практикой существует еще заметный разрыв. Этот разрыв усугублялся тем, что в среде инженеров-механиков во второй половине XIX в. господствовало экспериментальное конструирование машин, поощрялось экспериментирование над большим числом вариантов и частных случаев. Удача конструктора целиком зависела от его чутья и интуиции. В результате такой «экспериментальной доводки» от первоначального проекта ничего не оставалось и строился фактически совершенно новый проект.

Во второй половине XIX в. с развитием машинного производства положение коренным образом меняется — для конструирования машин и создания прочных строительных сооружений все более настоятельно требуются теоретические расчеты. Но инженеры-практики продолжали, как и механики-ремесленники, исходить из простого геометрического подобия. Отсутствие же предварительного расчета приводило к частым авариям, например, паровых машин.

Для отдельных выдающихся инженеров необходимость теоретических расчетов стала ясной уже в первой половине XIX в., как, например, русскому инженеру-кораблестроителю и ученому, члену Петербургской академии наук, адмиралу А. С. Грейгу.

Строительство судов в его время велось по старинке, на глазок. Расчеты сводились в основном к кропотливым арифметическим вычислениям и давали положительный результат только при наличии большого личного опыта, накопленного при постройке и испытании судов. А. С. Грейг разработал усовершенствованный

метод математического образования поверхности подводной части корпуса, так называемый параболический метод. На основании этого метода был рассчитан и построен 84-пушечный корабль «Императрица Мария», а затем и многие другие корабли российского флота.

Большое значение Грейг придавал расчету архитектуры и конструкции судов, применяя самые современные решения. В практику кораблестроения им были введены правила вычисления, например методы пересчета крена корабля на случай сильного ветра и при стрельбе с одного борта. Эти меры увеличили срок службы судов и исключили их частые аварии.

Однако такое положение дел в сфере массовой инженерной практики XIX в. было скорее исключением из правила, чем правилом. Прикладная механика пока оставалась наукой описательной, создававшей многочисленные атласы чертежей существующих машин, а не разрабатывающей теоретические расчеты и обобщения. В теоретической же механике господствовала излишняя, с точки зрения инженеров, строгость и аналитичность. Прикладные исследования велись тогда в основном в технических школах, теоретические — в перестроившихся в значительной мере университетах. Но в университетах преподавание даже теоретической механики первоначально рассматривалось как раздел прикладной математики. В конце XIX в. положение меняется — в России, например, возникла мысль об организации при физико-математических факультетах университетов технических отделений (по английскому опыту).

Цели университетского образования мыслились тогда совершенно отличными от инженерного. Университет должен готовить ученых, поэтому основной акцент в преподавании делался на методах. Для инженера же наука хотя и играет важную роль, но не исключительную. Это различие в целях университетов и высших технических школ очень четко выразил В. Л. Кирпичев: «...дух преподавания в технической школе совсем другой, чем в университете, в технической школе нужно часто руководствоваться эмпирикой, и во многих случаях ничего другого нельзя сказать, кроме того, что так делается и выходит хорошо — так и делайте, между тем как в университете это совершенно невозможно. Техническая школа обязана дать решение всех практических вопросов, а университет — только тех, которые получили полное научное решение» [94, с. 119].

Такое положение не могло продолжаться слишком

долго, инженерная практика сама начинает настоятельно требовать теории. «Чем ближе к концу столетия, тем все большее число инженерных задач предварительно подвергается более или менее глубокому теоретическому исследованию. Начинают появляться и отрасли техники, которые были бы вообще немыслимы, если бы предварительно не было выполнено научное исследование» [53, с. 108]. Но для этого необходимо было видоизменить и сами научные исследования, приспособить их к нуждам стремительно развивающейся инженерной практики.

В важности теоретических исследований для инженера были убеждены многие ученые и инженеры конца XIX в. Например, В. Л. Кирпичев считал, что многие усовершенствования в технике целиком основаны на применении научных результатов. Он писал: «Научные познания всегда выведут инженера из затруднения при каждом новом представившемся вопросе и помогут ему быстро освоиться при введении усовершенствования, или нового производства. Практики, всю жизнь свою проводшие на каком-нибудь одном деле и знающие его до тонкости, становятся в тупик перед любым новым вопросом и оказываются бессильными по сравнению с молодым инженером, вооруженным научными сведениями» [94, с. 123].

Творения конструктора не должны противоречить законам природы, знание которых дает наука. Но «отвлеченный закон науки,— по словам И. А. Вышнеградского,— только тогда может приносить всю свою пользу в приложениях, когда разобраны все условия, в которых он может быть приложен, когда надлежащим образом произведена оценка всех обстоятельств, могущих иметь влияние на явление, могущих в большей или меньшей степени видоизменять его» [87, с. 68].

Инженер в отличие от ученого, с одной стороны, должен изучать машину во всех деталях, упрощать и пренебрегать реальным положением дел, как ученый в эксперименте, он не может. Инженер должен учитывать при расчетах действительные условия работы деталей машины. Поэтому ему необходимо черпать свои знания не только из теории, но и из инженерной практики, учиться у практиков-мастеров. С другой стороны, инженеру не требуется такая математическая строгость и точность вычислений, которая необходима ученому. В начавшей тогда формироваться технической науке, непосредственно ориентированной на нужды инженер-

ной практики, складывается и новый научно-инженерный метод приближенных вычислений.

Для инженера применение математических методов имеет лишь служебное значение, его цель — достижение нужного результата с помощью простейшего математического аппарата. Эту особенность применения математики в инженерном деле отмечал в своей работе по теории корабля академик А. Н. Крылов: «...полное игнорирование, а порой и превратное толкование этого вопроса в средних и высших учебных заведениях создают то, что одни с почти суеверным страхом относятся к возможности какого-либо сокращения в процессе расчета и ведут его «на всякий случай» с добросовестностью, достойной лучшего применения, и умопомрачающей (к тому же фиктивной совершенно) точностью, другие, более или менее уяснившие себе сущность расчета, а порой выработавшие себе собственные приемы сокращенного вычисления, не решаются их применять на практике из боязни быть заподозренными в небрежности расчета лицами, которым этот расчет попадет в руки» [91, с. 12]. Постепенно правила приближенного вычисления стали играть в технической науке и в инженерной практике решающую роль, так как обеспечивали минимальную затрату труда и времени на получение расчета в сочетании с необходимой степенью точности.

Таким образом, математика в приспособленном для использования инженерами виде проникает в сферу технической практики. По образному выражению В. Л. Кирпичева, математика «это есть царский путь в науке, это легкий способ образовать голову и сделать хорошего инженера» [94, с. 125]. Без науки в образовании получается средний техник, с использованием науки, в частности математики, — образованный инженер. Но математические формулы могут быть использованы лишь после того, как они согласованы с опытом и в соответствии с ним откорректированы. Если это сделано, наука становится мощным фактором развития инженерной практики. Такую мощь и силу теоретической науки, научного знания, приспособленного к инженерной практике, продемонстрировал, например, великий русский ученый, «отец русской авиации» Н. Е. Жуковский.

До работ Жуковского в русских университетах теоретическая механика даже не рассматривалась как самостоятельная научная дисциплина и развивалась как прикладная математика. Кроме того, в университетской механике господствовал аналитический метод.

главное внимание в ней уделялось точности и строгости изложения, практическим приложениям придавалось второстепенное значение.

Жуковский с детства мечтал стать инженером и, как его отец, учиться в Петербургском институте корпуса инженеров путей сообщения. Но в силу различных обстоятельств он вынужден был окончить физико-математическое отделение Московского университета. Тяга к инженерному делу, несомненно, сыграла положительную роль в научной работе Жуковского. После окончания университета он год учился в Институте корпуса инженеров путей сообщения, где стремился постигнуть прежде всего техническое черчение и геодезию, но не очень в этом преуспел и вынужден был бросить обучение.

Изобретательские упражнения Жуковского также не принесли ему славы и скоро были отброшены, так как, по его собственному признанию, ему недоставало практического знания и умения. После долгих исканий Н. Е. Жуковский наконец четко определяет свой жизненный путь: «Механиком-теоретиком я сделаюсь хорошим, тогда как практиком едва ли могу быть» [46, с. 26]. Он тем не менее, может быть, как никто другой, ясно осознавал необходимость синтеза этих двух направлений: инженерно-практического и научно-теоретического. Не случайно Жуковский преподавал механику не только в университете, но и в Высшем техническом училище, с удовольствием консультировал инженеров и осуществлял экспертизу многих инженерных проектов.

И все же Жуковский был прежде всего теоретиком. Но почему тогда инженерная общественность в начале XX в. провозгласила его инженером высшего ранга, а Высшее техническое училище в 1911 г. присвоило ему звание инженера-механика и золотой нагрудный знак инженера? (Это было до его основополагающих работ по аэродинамике.) Стиль мышления Жуковского в своей основе был инженерно-научным, он был теоретиком нового склада — теоретиком зарождающейся технической науки. Это хорошо видно на примере решения им важной практической инженерной задачи, связанной с частыми поломками водопроводных труб.

В 1897—1898 гг. Жуковский принял на себя руководство опытами над ударами воды в водопроводных трубах. В результате им были разработаны и теоретические основы механизма гидравлического удара, и решена сложная техническая задача ограждения водопроводов от гидравлических ударов. Но и решая инже-

нерную задачу, он идет теоретическим путем. «Инженеры, которые занимались этой задачей, — писал Н. Е. Жуковский, — не обратили внимание на то, что при весьма быстром закрытии задвижки вода останавливается и давление повышается только при задвижке, и это состояние воды передается по трубе по закону распространения волнообразного движения. Я полагаю, что упомянутое обстоятельство было упущено из виду потому, что наблюдения не делались над длинными трубами; в коротких же трубах, при громадной скорости распространения ударной волны, поднятие давления представляется происходящим вдоль всей трубы одновременно» [46, с. 47—48].

Найденное Жуковским решение давало возможность теоретически определять место аварии водопровода, не дожидаясь, пока течь обнаружится, и даже не выходя из помещения насосной станции. Для этого производится легкий гидравлический удар, снимается диаграмма гидравлических давлений и по формулам Жуковского легко определяется расстояние до разрыва трубы. Как показали опыты, расчетные результаты неплохо согласовывались с действительностью. Таким образом, «расчеты стали играть роль своеобразных сосудов, хранящих фиксированные формализованные знания и позволяющих совершенствовать процесс создания орудий производства, зачастую предваряя эксперимент и изготовление опытного образца» [87, с. 69].

К началу XX в. механика, бывшая до середины XIX столетия в основном описательной наукой, начинает пользоваться аналитическими, графическими и экспериментальными методами исследования. И это сближение теоретической науки с инженерной практикой и инженерной практики с теоретической наукой было делом рук профессоров от инженерии, или профессоров инженерных наук, подобных Жуковскому.

Расширение сети высших технических учебных заведений потребовало и новых профессорских кадров, особенно по специальным предметам, поэтому в конце XIX — начале XX в. развивается институт подготовки кандидатов на профессорскую должность, или, говоря современным языком, кандидатов и докторов технических наук, основной деятельностью которых (помимо преподавания, конечно) стали научно-инженерные исследования.

К ЧЕМУ ВЕДЕТ МАШИННОЕ ПРОИЗВОДСТВО: ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ И ИНТЕГРАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ



Мы, как правило, считаем само собой разумеющимся, что инженерную деятельность должны выполнять инженеры и только они. При этом забываем, что многие «академические» ученые были (или таковыми являются сейчас) консультантами проектов и разработок, изобретателями экспериментальных установок, сооружений и машин и даже организаторами производства. Однако высокий престиж науки и научной деятельности (особенно теоретической), академические звания и степени, причастность к великим научным открытиям скрывают от нашего восхищенного взгляда ту важную и, безусловно, повлиявшую на их научные достижения скромную инженерную работу, которую ведут или вели эти ученые и без которой, быть может, они ими и не смогли бы стать.

Образцы такого рода деятельности продемонстрировали многие крупные ученые-естествоиспытатели, совершенствуя конструкцию экспериментальной техники и разрабатывая и проводя новые эксперименты. Например, Эйнштейн всю свою жизнь много времени и сил отдавал конструкторско-изобретательскому творчеству. Его можно считать одним из изобретателей магнитодинамического насоса для перекачки жидких металлов.

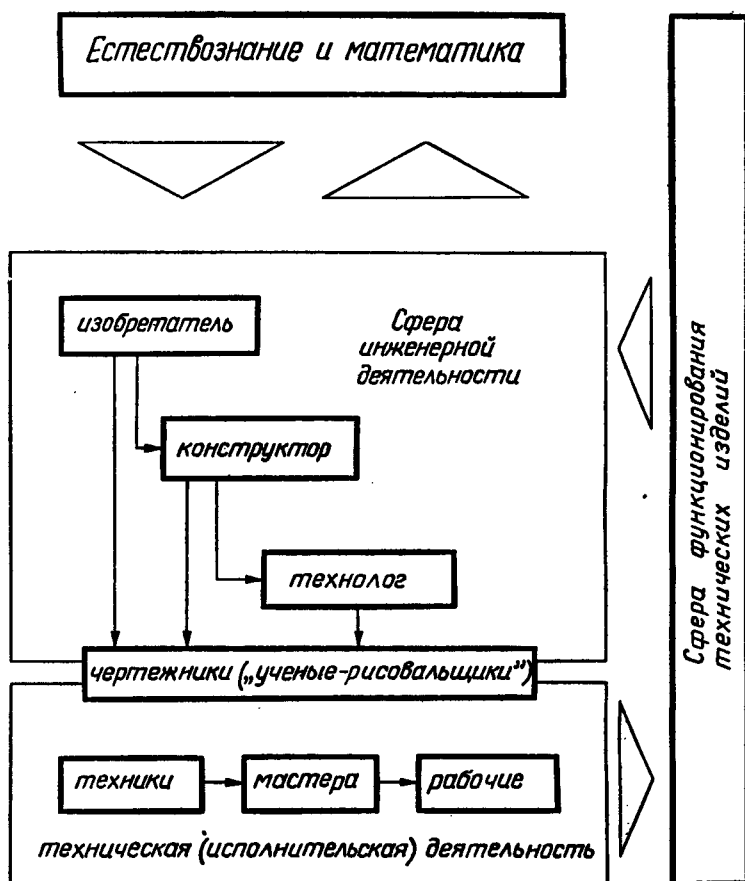


Рис. 8. Структура инженерной деятельности до появления технических наук

холодильных машин, гироскопических компасов, автоматической фотокамеры, электрометров, слухового аппарата и т. д. «На счету у Эйнштейна было около двадцати оригинальных патентов, в которых нашла свое отражение его способность умело комбинировать известные методы или физические эффекты для разрешения конкретных задач, выдвигаемых запросами промышленности или повседневной жизни, проявились остроумие и изящество — эти неотъемлемые составляющие недюжинного изобретательского таланта». (Кстати сказать, отец и дядя Эйнштейна были владельцами небольшой электротехнической мастерской.) [89, с. 5].

Современная инженерная деятельность связана с регулярным применением научных знаний (т. е. знаний, полученных в научной деятельности) для создания искусственных, технических объектов — сооружений, устройств, механизмов, машин и т. д. Но не только с применением. Часто инженеры сами вынуждены проводить исследования в рамках инженерной деятельности. Поэтому в ней так много общего с экспериментальной деятельностью ученого. И именно этим она отличается от технической деятельности ремесленника, которая, как мы говорили, основывается более на традиции, опыте, ловкости рук, догадке.

Для современной инженерной деятельности характерна глубокая дифференциация по различным отраслям и функциям, приведшая к разделению ее на целый ряд взаимосвязанных видов деятельности и выполняющих их кооперантов. Такая дифференциация произошла, однако, не сразу: сложная кооперация различных видов инженерной деятельности складывалась постепенно. 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 нового инженерного объекта. На рис. 8 показаны соотношение и связь инженерной деятельности, первоначально выполняемой изобретателями, конструкторами и технологами, с технической деятельностью (ее выполняют на производстве техники, мастера и рабочие), которая становится исполнительской по отношению к инженерной деятельности. Связь между ними осуществляется с помощью чертежей, изготавливаемых чертежниками, которые в России первоначально назывались «учеными-рисовальщиками». Для подготовки их для заводов и предназначалось основанное в 1825 г. Строгановское училище технического рисования.

Изобретательство

На основе научных знаний и технических достижений в изобретательской деятельности создаются новые принципы действия, способы реализации этих принципов или конструкции инженерных объектов или же отдельных их компонентов. Сложности в изготовлении, конструировании и техническом обслуживании существ-

вующих технических систем, а также необходимость в принципиально новых инженерных объектах (все или некоторые компоненты которых отличны от существующих) стимулируют производство особого продукта — изобретений, закрепляемых в виде патентов, авторских свидетельств и т. д. Они имеют, как правило, широкую сферу применения, выходящую за пределы единичного акта инженерной деятельности, и используются в качестве исходного материала при конструировании и изготовлении многих инженерных объектов.

Изобретательство для многих инженеров-практиков было основной и даже единственной выполняемой ими инженерной деятельностью. Одним из таких инженеров был, например, талантливый русский изобретатель Павел Михайлович Голубицкий, посвятивший свою жизнь усовершенствованию телефонной аппаратуры. Он работал участковым судьей Тарусского уезда, одновременно проводя за свой счет опыты в собственной мастерской. Об этом написал в «Правительственном вестнике» 1886 г. известный физик О. Д. Хвольсон: «...в мастерской Голубицкого есть масса телефонных приборов, которые были построены для выяснения путем опыта вопросов, возможно ли применить к телефонам пластинки, закрепляемые в центре и свободные по окружности? Какие результаты получаются при снабжении телефона деревянную или другого материала пластинкою с приращенною железною арматурой? Какое влияние имеет замена медных колец, удерживающих пластинки, железными, бумажными и прочими. Одним словом, Голубицкий практически изучил влияние каждой отдельной части телефона на его действие» [100, с. 51].

В дальнейшем Голубицкому были выданы привилегия и патент на его «получатель» (так тогда называлась телефонная трубка). Русское морское ведомство использовало эти телефоны для водолазных работ. В заявке были подробно описаны многочисленные варианты предлагаемой конструкции.

Изобретение устраняло недостатки «трубки Белла». Как установил Голубицкий, причина ее малой чувствительности в том, что магнит с полюсной надставкой только одним полюсом направлен к мембране и против ее центра. Предлагаемая им система телефонов была основана на увеличении числа магнитов и бобин, действующих на вибрирующие части одной и той же диафрагмы» [100, с. 51].

Изобретательство — это «комбинирование уже из-

вестных, ранее найденных морфологических элементов. Они, как правило, «отшлифованы» предшествующей практикой, их функциональные характеристики весьма устойчивы. Нужно только найти такую комбинацию элементов, такую их взаимосвязь, которая представляла бы собой устройство с заданной функцией. Это — путь изобретательский, он опирается на эмпирический уровень знания» [38, с. 220]. Но так было только на первых этапах становления инженерной деятельности. В условиях развитой науки всякое изобретение основывается на тщательных научных и инженерных исследованиях и сопровождается ими.

Например, известный русский изобретатель электрической дуговой сварки металлов Николай Гаврилович Славянов в 1891 г. запатентовал свое изобретение только после тщательной разработки (в течение нескольких лет) предлагаемого им способа, что позволило внести новые улучшения в процесс сварки. Работая на Пермских заводах, он провел специальное исследование, касающееся применения электрической дуги в машиностроении, непрерывно продолжая его совершенствовать (в том числе и все вспомогательные операции). О его глубоких теоретических исследованиях, сопровождавших изобретение, свидетельствуют его научные труды, в частности статья «Электрическая отливка металлов. Горного инженера Николая Славянова», опубликованная в «Горном журнале» за 1892 г.

Особенно четко необходимость научных исследований, сопровождающих всякое серьезное инженерное изобретение, видна сейчас, когда они часто являются плодом работы целого коллектива инженеров-исследователей или даже исследовательской лаборатории. Глубокое теоретическое исследование предшествовало, например, изобретению ультразвуковой дефектоскопии членом-корреспондентом АН СССР Сергеем Яковлевичем Соколовым, который был не только выдающимся изобретателем, но и исследователем, создавшим отечественную школу акустики. В 1927 г., изучая распределение ультразвука в твердых телах, которое подчиняется законам геометрической оптики, С. Я. Соколов обнаружил его способность легко проходить через металл. Это физическое явление не было известно ранее (считалось, что ультразвук быстро затухает в твердых средах).

В 1928 г. Соколовым было предложено практическое применение ультразвука для дефектоскопии метал-

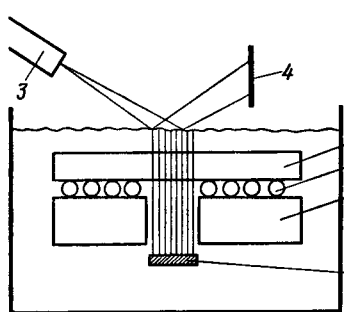


Рис. 9. Схема, иллюстрирующая метод поверхностного рельефа (1935 г.): 1 — излучатель ультразвука; 2 — прозвучиваемый объект; 3 — осветитель; 4 — световой экран для наблюдения ультразвукового поля, позволяющего обнаружить внутренние дефекты; 5 — опора; 6 — подшипники для перемещения объекта

лов (рис. 9), т. е. для определения качества металлических образцов (обнаружения в них раковин и трещин, определения степени закалки, механической однородности и т. д.). Даже сама идея получения видимых изображений предметов с помощью ультразвука до этого никем не высказывалась. Одновременно, Соколов руководил акустическим отделом Центральной радиолaborатории, а затем лабораторией акустики Ленинградского электротехнического института. Технические изобретения чередуются у С. Я. Соколова с физическими экспериментами. Ученый проявил себя и как изобретатель, и как физик-исследователь.

Изобретателем-ученым (в отличие от ученого-изобретателя, попутно с исследованием изобретающего экспериментальную технику) * был академик Борис Николаевич Юрьев, разработчик и исследователь в области вертолетной техники (рис. 10), который всегда вносил в изобретательство элементы науки и даже называл свою деятельность не просто изобретательской, а «научно-изобретательской». Вот как он в своих записках характеризует суть такой деятельности:

«Основные этапы изобретательской работы.

Изобретения возникают лишь в результате долгой и систематической работы. Вдохновение, озарение и т. п. приходят лишь тогда, когда для них уже создан солидный фундамент.

Обычно работа по изобретательству состоит из следующих четырех этапов:

1. Четкая постановка задачи. Правильно поставить задачу — это часто означает решить ее наполовину.

* Их различие можно увидеть на примере деятельности русских электротехников Якоби и Ленца. Якоби даже физические схемы воспринимал как первоначальные эскизы машин. Для Ленца же, напротив, машины были моделями, демонстрирующими физические принципы.

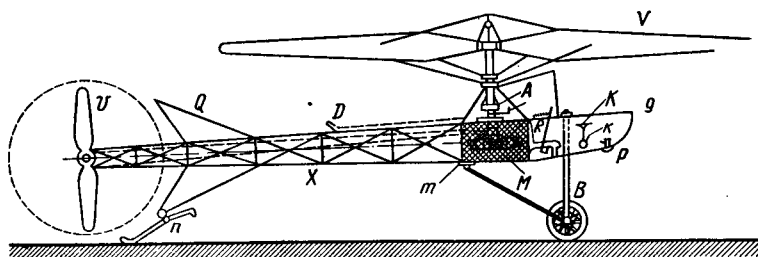


Рис. 10. Схема одновинтового вертолета с рулевым винтом и автоматом-перекосом (прообраз современных одновинтовых вертолетов). Чертеж Б. Н. Юрьева

2. Анализ задачи. Разложение ее на составляющие элементы. Теория. Часть элементов окажется известной. Неизвестное встает более ясно.

3. Комбинаторика (творчество). Классификация решений и заполнения пустых классов. Аналогии. Смелые скачки мысли. Фантазии. Теория и наивыгоднейшие соотношения. Чем смелее, тем лучше!

4. Критический фильтр. Строгая проверка п. 3. Проверка новизны, целесообразности и пользы. Чем строже, придирчивее, тем лучше» [81, с. 128—129].

Изобретение, по мнению Б. Н. Юрьева, — это открытие новых методов использования явлений природы для удовлетворения нужд человека, его потребностей наиболее рациональным или экономичным способом. И далее:

«Пути изобретательства.

Зарождение идеи.

1. От явления к применению. Узнав о каком-нибудь явлении или открыв его, нужно попытаться приложить его к практическим целям. Списки не использованных еще явлений природы.

2. От применения (задания) к явлению. Наметив практическую задачу, пытаться решить, подбирая подходящие физические явления. Списки неудовлетворенных технических потребностей или удовлетворенных, но плохо.

3. Подражание природе. Летательные аппараты, инкубаторы.

4. Дикие фантазии с последующим отбором. Неожиданные решения, делание наоборот. Рассуждения по аналогии.

5. Научные исследования вопроса и нахождение оптимальных величин (максимума, минимума, экстре-

му, вариационные задачи и т. д.). Сначала — перевод задания на математический язык. Анализ формул. Практические выводы.

6. Комбинирование известного для получения нового эффекта» [81, с. 130].

Как показал французский историк науки Жан-Жак Саломон на примере известного американского изобретателя Эдисона, миф о неотесанном, но гениальном изобретателе и об изобретательстве как о божественном даре, выражении гения, вдохновляемого только провидением, для современного инженера-изобретателя не имеет под собой исторических оснований.

Записные книжки Эдисона вопреки распространенному о нем мнению свидетельствуют о том, что он занимался целенаправленным исследованием на основе использования достижений науки. Характеризуя его изобретательское творчество и методы работы, Ж.-Ж. Саломон пишет: «...если решение было найдено Эдисоном, а не теоретиками, то его усовершенствование и осуществление зависели от работы всего коллектива исследователей в Менло-парк, включая Уптона, Эндрюса, Кларка, Ачесона, Спрейга, получивших университетскую подготовку и превосходивших Эдисона в теоретических знаниях; искусного стеклодува Боэма, обучавшегося на знаменитой фабрике Гайслера в Германии; чертежника Бечелора; бывшего швейцарского часовых дел мастера Крузи; Отта, Бергмана, Шуккерта, которые могли сконструировать фактически любой прибор или механизм. «Волшебник» в действительности был руководителем первой лаборатории, созданной для промышленных исследований, в основе деятельности которой лежала как теория, так и практика, «вдохновенным руководителем коллективных исследований... который был более чем простым изобретателем, исследователем, инженером — он организовал и возглавил научно-техническое предприятие».

С помощью целой группы исследователей, включавшей инженеров, техников, ученых и других работников, Эдисон расчистил путь для систематических исследований в век техники. Лаборатория в Менло-парк, его «фабрика изобретений», была, возможно, самым значительным его изобретением...» [79, с. 88].

Лаборатория в Менло-парк стала первой современной промышленной лабораторией прежде всего потому, что в ней работали квалифицированные ученые и она была оснащена самым передовым научным оборудо-

ванием. Таким образом, успех изобретений Эдисона был обеспечен двусторонней связью между теоретическими основами и практическим применением.

Конструирование

Инженерная деятельность, по словам В. Л. Кирпичева, — это «главным образом умственная деятельность», направленная на создание, изобретение нового. «Если кто предлагает только рутинно копировать старину, тому не нужно кончать высшего учебного заведения: его деятельность будет работа ремесленника, а не инженера» [94, с. 142]. Однако недостаточно только сформулировать новую идею, принцип инженерного объекта, необходимо «сделать новую машину способной к долгосрочной службе; при этом встречаются бесчисленные затруднения, о которых первоначально и не думали; между тем главная задача инженера и заключается в преодолении этих затруднений...» [94, с. 76].

За изобретателями следуют «армии конструкторов, меняющих детали, подробности расположения и вырабатывающих многочисленные типы машин» [94, с. 148—149]. Например, после изобретений А. С. Попова, когда стала формироваться новая отрасль промышленности, инженерная деятельность была направлена главным образом на создание и совершенствование различных конструкторских схем радиотехнических устройств. Скажем, система Маркони не содержала в себе фактически ничего нового: для передатчика он использовал усовершенствованный Риги выбратор Герца, приемник, по существу, был разработан Лоджем, общую компоновку схемы предложил Попов.

Однако, казалось бы, незначительные усовершенствования, имеющиеся в ней, позволили создать экономичную, технологичную и удобную для эксплуатации конструкцию. Маркони «сумел... искусно сочетать самые благоприятные приспособления и первый получил результаты, имеющие действительно практическое значение» [68, с. 129]. Речь идет прежде всего о конструкторской разработке уже имевшегося изобретения и организации промышленного производства радиоаппаратуры.

В России того времени наладить такое производство было делом нелегким из-за господства иностранных фирм и незаинтересованности правительства. Радио-

телеграфное депо Морского ведомства было открыто фактически лишь в 1913 г. Вот что отмечалось во вступительной речи:

«После сделанного Александром Степановичем Поповым открытия практического применения теоретических работ Максвелла и Герца наш славный и глубоко симпатичный учитель начал хлопотать об устройстве мастерской для выделки радиотелеграфных приборов. Он сознавал, что столь же важной является и техническая постановка дела. После упорных хлопот А. С. Попову наконец удалось открыть небольшую мастерскую в Кронштадтском порту ...Мастерская могла выделять 10—12 аппаратов в год и поэтому, когда в 1900 г. требование судов нашего флота возросло, то А. С. Попов был вынужден обратиться к Дюкрете в Париже для заказа дополнительного числа радиостанций... С принятием радиостанций иностранной системы мастерская в Кронштадте совсем захирела... С 1900 г. начались между офицерами флота частые беседы, в которых обсуждались основания хозяйственно-технической обстановки радиотелеграфного дела во флоте... Мастерская, лаборатория и склад были объединены под общим наименованием Радиотелеграфного депо» [73, с. 59—60].

Конструкторскую деятельность выполнял, например, один из организаторов радиотехнической и электротехнической промышленности член-корреспондент АН СССР, инженер Валентин Петрович Вологдин, который так пишет в «Воспоминаниях» о начале своего инженерного пути: «Новые машины проектировались и строились на заводе малоопытными людьми и имели большие дефекты. Я должен был самостоятельно устранить все недостатки в расчетах, конструкции и изготовлении машин, и это дало мне широчайший опыт. ...Самостоятельность приучила меня работать не шаблонно, а искать еще неизведанные новые пути. Во мне рождался конструктор новых машин...» [73, с. 48—49]. Конструкторская деятельность В. П. Вологодина заключалась во внесении «незначительных изменений в конструкцию» генератора, «упрощении конструкции» ротора, совмещении в одном корпусе генератора и двигателя машины, что обеспечивало их большую устойчивость, уменьшало габариты и массу, повышало скорость вращения ротора, в разработке и изготовлении образцов трансформаторов с дополнительным подмагничиванием сердечника постоянным током, в применении и совершенствовании умножителей частоты и т. д.

Владелец завода, убедившись в конструкторских способностях своего сотрудника, заключил с Вологдиным договор на расчет, конструирование, изготовление и испытание вновь строившихся генераторов тока повышенной частоты. Вологдин сделал более сотни вариантов (по его собственному признанию, «чертил их бесконечное множество»), и по каждому варианту он испытывал детали генератора, подбирая материалы для них (например, для обмоток статора он выбрал провод с шелковой изоляцией, что было тогда новинкой). В 1915 г. он построил высокочастотный генератор с цилиндрическим ротором и оригинальным расположением деталей. Кроме того, в процессе производства машины облегчалась центровка ротора и сборка всей конструкции. Существенные изменения Вологдин внес и в форму статорных полюсозубцов, что снизило потери энергии.

Наконец, был создан опытный образец. Испытания трехкиловаттной машины дали хорошие результаты. В дальнейшем она послужила моделью новой, более мощной пятидесятикиловаттной машины, которая разрабатывалась уже после революции, когда Вологдин возглавил лабораторию в составе Нижегородской радиолaborатории. По воспоминаниям одного из ее сотрудников, «лаборатория Валентина Петровича носила более инженерный характер, чем прочие лаборатории. Может быть, это было так потому, что машина высокой частоты, которой в ней занимались, представляла собой разновидность уже вошедших в технику электрических машин переменного тока...» [73, с. 84].

В конструкции нового пятидесятикиловаттного машинного генератора предусматривалось множество приспособлений, обеспечивающих его нормальную эксплуатацию (например, охлаждение масла, подаваемого в подшипники, водой), была тщательно продумана технология его изготовления. Первые опытные образцы машин изготавливались в мастерских Нижегородской радиолaborатории с помощью местных заводов, но для их серийного производства этого было недостаточно — требовалось специальное промышленное предприятие. «Когда работа наших заводов будет налажена, — мечтал Вологдин, — лаборатория, которая является мозгом их, будет давать им указания, теоретическую помощь, которым они будут следовать...» [73, с. 103].

Конструирование представляет собой разработку конструкции инженерного объекта, которая затем ма-

териализуется в процессе изготовления на производстве. Конструкция инженерного объекта состоит из определенным образом связанных стандартных элементов, выпускаемых промышленностью или изобретаемых заново. Конструкция является общей для класса изделий производства.

Конструирование, как правило, начинается с того момента, когда кончается изобретательство, т. е. когда изобретение уже состоялось и инженер-изобретатель продемонстрировал опытный образец машины или механизма. Он свою задачу решил, но заказчик остался неудовлетворенным: ему нужен не столько данный единичный, опытный экземпляр, сколько его вариации — подобные ему экземпляры с другими параметрами и характеристиками. Таким образом, для целей массового производства и варьирования технических характеристик необходимы дополнительные инженерные расчеты и учет ряда новых требований (простота и экономичность изготовления, удобство использования, соблюдение определенных габаритов и возможность применения стандартных или уже имеющихся конструктивных элементов).

На основе опытного, единичного образца, в котором инженер-изобретатель установил принципиальную связь между природными процессами и их техническим воплощением, между назначением инженерного объекта и его конструкцией для класса подобных объектов, конструктор рассчитывает конкретные конструктивно-технические характеристики, учитывающие специфические условия его изготовления на данном производстве. Этот момент хорошо понимал русский инженер П. К. Энгельмейер, когда называл специалистом того, кто владеет «рутиной» данной отрасли. Рутинa не значит машинaльного повторения. В зависимости от требований случая специалист приспособливается и видоизменяет свои приемы. Но его видоизменения не выходят за пределы конструктивных вариантов, поскольку они представляют применение известных приемов. Поэтому мы ожидаем от специалиста такого видоизменения, когда получается лишь новая конструкция, а не новое изобретение. Прогресс в технике, по его мнению, выражается в том, что нововведение усваивается и переходит из разряда изобретений в разряд конструкций [98]. По меткому выражению В. Л. Кирпичева, «конструктор — это творец новых типов машин», имеющих общее устройст-

во, по различающихся конструктивными особенностями (характером отдельных деталей и их расположением, материалом и т. д.).

Конструкторская деятельность становится необходимой именно с развитием серийного и массового производства технических изделий и заключается в создании, испытании и отработке опытных образцов различных вариантов будущего инженерного объекта, выборе из них наиболее оптимального, с точки зрения заказчика, и в разработке технической документации — руководства к изготовлению его на производстве. Например, ультразвуковые дефектоскопы, изобретенные С. Я. Соколовым, первоначально выпускались прямо в лаборатории. «Приборы изготовлялись по эскизам. Однако Сергей Яковлевич пригласил специалиста-конструктора, который должен был подготовить полный комплект чертежей на дефектоскоп. С. Я. Соколов планировал передать производство ультразвуковых дефектоскопов на один из заводов, для чего нужна была техническая документация» [39, с. 108]. (Чертеж, по словам Г. Монжа, — «язык инженера», но он еще и язык общения с исполнителями: техниками, мастерами, рабочими.)

За конструктором остается расчет конструктивно-технических и технологических параметров инженерного объекта. В дальнейшем разработка технологичности изготовления переходит к особым специалистам — инженерам-технологам. Организация же собственно изготовления на производстве по этим данным осуществляется инженерами, работающими в так называемой «технической дирекции» (управляющий предприятием и его главный инженер, начальники цехов и т. д.). Однако это не снимает с конструктора ответственности за технологичность созданной им конструкции. По мнению известного русского инженера-машиностроителя А. И. Сидорова, конструктор должен быть хорошо знаком со всеми процессами изготовления и обработки проектируемых машин, сооружений или вообще всяких изделий. Без такого знакомства он может сконструировать детали, которые будет или совсем невозможно отлить, отковать или обработать, или же обработка их окажется неудобной, дорогой и продолжительной.

Технология и организация производства

Итак, чертеж — это посредник для передачи идеи разработчика исполнителям, прежде всего инженеру-технологу, организатору производства, который руководит изготовлением отдельных деталей и их сборкой. Продуктом деятельности изготовителя как вида инженерной деятельности являются готовый инженерный объект и руководство по его эксплуатации. Функция инженера в данном случае заключается в организации производства конкретного типа изделий и разработке технологии изготовления определенной конструкции инженерного объекта.

Профессор Алексей Васильевич Улитовский, будучи техническим директором небольшого завода, всю свою жизнь посвятил именно разработке новой технологии приборостроения, прежде всего разработке и организации массового производства электроизмерительных приборов. Он фактически работал в двух основных направлениях: во-первых, конструктивная разработка новых приборов и вспомогательных деталей для них на основе уже известных приемов технологии и, во-вторых, разработка и усовершенствование новой технологии приборостроения, т. е. новых способов изготовления приборов с применением новых материалов (пластмасс, различных смол, керамики и т. п.) и технологического оборудования.

Работая над усовершенствованием существующих приборов, он обратил внимание, что основным препятствием развития приборостроения является традиция решать конструкторские задачи в новых областях техники, исходя из старой, привычной технологии производства и издавна применявшихся материалов. Перейдя в 1926 г. в Физический институт Ленинградского университета, где под его руководством была организована мастерская по приборостроению, он занялся исследованием коренного изменения в технологии электронных приборов и поиском новых технологических методов в области металлургии и новых материалов.

Занимаясь, по сути дела, конструкторской работой, Улитовский обязательно решал вопросы совершенствования технологии изготовления приборов. Скажем, при разработке зеркальных гальванометров удешевленного типа он не только старался достичь удобства прибора в обращении и установке, упрощения его эксплуатации

и обслуживания, но и облегчения его изготовления на производстве. Для этого крепеж деталей был заменен склеиванием соответствующими смолами или зачеканиванием, нарезка гаек и установочных винтов — обжатием гайки на резьбе готового винта.

Обычно изготовление зеркального гальванометра требовало участия высококвалифицированного специалиста, часовых дел мастера первого разряда, создающего каждый прибор в индивидуальном порядке. Улитовский же использовал вместо обычно применяемой прямоугольной рамки, по которой проходит измеряемый ток, — важнейшей части прибора — цилиндрическую рамку. Она оказалась более выгодной не только потому, что допускала большую точность в размерах, но и давала огромную экономию труда и времени при сборке прибора, упрощала его изготовление. Проволока наматывалась на специально изготовленном станочке, на котором одна работница невысокой квалификации могла выпускать за смену тысячи таких рамок. Кроме того, при такой конструкции оказывалось возможным быстро наладить поточную сборку на тщательно продуманной системе оправок и направляющих, тоже не требующую высокой квалификации работниц.

Главное же преимущество прибора заключалось в применении самых дешевых и всегда доступных материалов. Его конструкция стала технологичной. Это было особенно важно, так как многие приборы, разработанные Улитовским, находили применение не только в лабораториях ученых, но и в начавшей бурно развиваться в связи с курсом на электрификацию электротехнической промышленности. Технологические усовершенствования Улитовского часто уменьшали стоимость приборов в несколько раз без принципиального изменения их конструкции. В одном из них в результате таких усовершенствований число деталей было доведено до минимума, а при сборке приборов на растяжках не применялись крепежные детали в виде нарезных винтов и гаек, что позволило наладить в мастерских Физического института их массовое производство, значительно снизив себестоимость приборов.

Совершенствование приборостроительной технологии Улитовский осуществлял на основе тщательных научных исследований в тесном контакте с физиками-экспериментаторами. Так, им был открыт новый способ изготовления литого провода в стеклянной изоляции (рис. 11). «При выполнении различных экспериментов

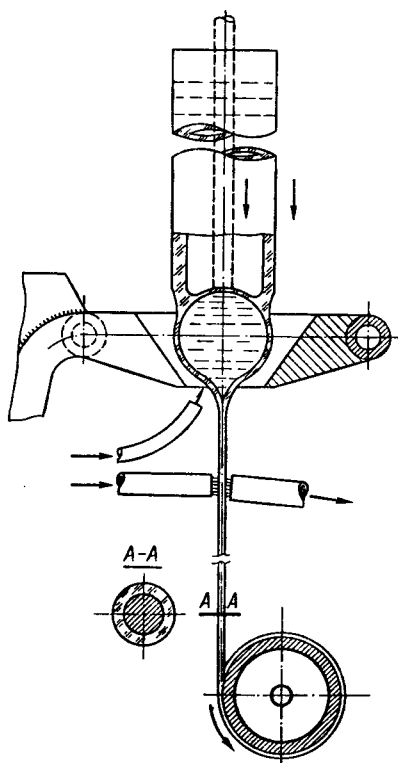


Рис. 11. Схема получения литого микропровода в стеклянной изоляции из капли металла

по плавлению металлов, помещенных в стеклянные запаянные снизу трубки, в концентрированном электромагнитном поле высокой частоты А. В. Улитовский обнаружил, что капля расплавленного металла, опускаясь на дно трубки, настолько разогревает стекло в месте соприкосновения с ним, что стекло размягчается и приобретает способность вытягиваться в трубочку, заполняемую жидким металлом» [60, с. 64].

Однако доведение разработанной Улитовским на этой основе технологии до промышленного применения опять потребовало дополнительной исследовательской работы (был разработан способ приварки контактной жилы к массивным деталям с помощью электросварки, разработаны спе-

циальные методы измерения сопротивления провода в процессе его получения и маркировки на приемной бобине, обеспечения равномерного движения при растягивании и наматывании провода, стабилизации питания и т. п.).

Крупные инженеры часто сочетают в одном лице и изобретателя, и конструктора, и технолога, и организатора производства. Однако современное разделение труда в сфере инженерной деятельности неизбежно ведет к специализации инженеров, работающих в научно-исследовательских институтах, конструкторских бюро, на заводах и фабриках, либо в области инженерного исследования, либо конструирования, либо организации производства и технологии изготовления инженерных объектов.

Такое разделение инженерного труда наметилось (хотя еще и в зачаточном виде) на одном из самых первых машиностроительных заводов — заводе Модсли. Генри Модсли был сначала искусным ремесленником-механиком, самоучкой, но, став организатором крупного машиностроительного производства, постепенно превратился в квалифицированного инженера. (В начале XIX в. в Англии обучение инженеров вообще проводилось главным образом прямо на заводе. Таким «учебным техническим заведением» стал завод Модсли и для него, и для многих других английских инженеров.) Работа на заводе была организована следующим образом.

Будучи руководителем производства, Модсли часть функций передал Джошуа Филду, взявшему на себя исполнение чертежных работ, ведение учета и отчетности, переговоры и переписку с заказчиками и поставщиками, прием и увольнение рабочих. Позже он стал компаньоном Модсли, а затем президентом Института гражданских инженеров, в создании которого ранее принимал активное участие, и членом английского Королевского общества. Им было выполнено множество проектов, в том числе расчет надежности галерей здания Всемирной выставки 1851 г. в Лондоне.

Модсли оставил за собой разработку конструкций машин и руководство технологическим процессом их постройки. На этом заводе были уже многие подразделения, характерные для современного машиностроительного завода (заготовительные, обработки металлов резанием и сборочный цехи). Завод выпускал прежде всего металлорежущие станки.

Модсли работал одновременно как изобретатель, конструктор и технолог. Конструируя машины, он мысленно намечал схему, затем делал эскизы и приступал к изготовлению модели (иногда действующей) из дерева или свинца, постепенно совершенствуя ее. По модели и делались чертежи общего вида, а потом узлов и деталей, передававшиеся для изготовления мастерам и рабочим. Иногда детали изготовлялись без чертежей — прямо по образцам. Одновременно Модсли разрабатывал и новое технологическое оборудование для производства машин, вел наблюдение за его эксплуатацией и ремонтом, попутно изобретал новые их части (например, суппорт токарного станка).

Позднее, как сообщает немецкий инженер А. Ридлер, в конце XIX в. на машиностроительных заводах уже действует более четкий принцип разделения инженер-

ного труда, а именно: техническая дирекция, конструкторское бюро, мастерские и технический надзор за выполнением. Инженер в мастерских ничего сам не изготавливает, а имея в своем распоряжении мастеров и старших рабочих (монтеров), лишь руководит сборкой по чертежам, полученным от других инженеров — конструкторов. «Руководящий сборкой инженер, — пишет Ридлер, — ответствен прежде всего за надлежащее испытание и правильность действия всего устройства...» [72, с. 14]. Начальник технического бюро и управляющий заводом должны только контролировать работу конструкторов, но главным образом они несут ответственность за соблюдение условий данного заказа.

Модсли же все образцы деталей и модель машины делал еще сам, своими руками, скорее как ремесленник, чем как инженер, полагаясь более на искусство, чем на науку. (Сборка и испытание машины также проходили при его участии.) Тем не менее в создании первой точной линии для изготовления корабельных блоков, действующую модель которой по заказу выполнил завод Модсли, наука, видимо, играла важную роль, так как проект ее создал французский военный инженер, ученик Монжа, Брюнель, долго работавший как профессиональный инженер в США и переехавший в Англию, где и получил патент на этот проект. В дальнейшем ни изобретательская, ни конструкторская, ни технологическая инженерная деятельность, как мы уже видели на примерах Юрьева, Вологодина, Улитовского и других, ни даже организация производства не обходятся без тщательного научного, точнее научно-технического, или инженерного, исследования.

Удивительным образцом такого организатора производства, сочетающего в себе технолога, конструктора, изобретателя и ученого, был крупный русский инженер, организатор первого передового советского предприятия по производству вольфрама, профессор Тихон Михайлович Алексеенко-Сербин, последовательно проводивший научно-инженерный подход к промышленному производству. Он работал в качестве технического руководителя (управляющего) Московской золотоканительной фабрики, бывшей крупнейшим в России металлообрабатывающим предприятием (главным инженером и владельцем ее долгое время был известный режиссер и артист Константин Сергеевич Станиславский).

Много изобретательности проявил Т. М. Алексеенко-Сербин и в совершенствовании и перестройке произ-

водства: под его руководством и по его проектам и чертежам были построены производственные корпуса, установлено и пущено оборудование, создавались машины и аппараты (например, прядильная машина новой конструкции). При падении спроса на золотоканительные изделия он подготовил фабрику к переводу на новое производство — электрических проводов, создал при заводе цех изолирующих резиновых смесей (химический состав смесей, поставляемых резиновыми мануфактурами, не соответствовал нормам кабельной промышленности), организовал производство эмалированной проволоки. А это потребовало разработки рецептуры эмалировочной массы (которая держалась зарубежными фирмами в секрете) на основе собственных исследований и экспериментов: он сумел в короткий срок сконструировать и построить с помощью работников завода эмалировочные печи, разработать в своих лабораториях технологический процесс и выдать первые партии эмалированной проволоки.

Позже Алексеенко-Сербин организовал на фабрике электроламповое производство, что потребовало создания целого ряда подсобных цехов. Он сам разрабатывал проекты оборудования для электролампового дела и в механических мастерских завода наладил их изготовление.

Все организационные, конструкторские и технологические нововведения Т. М. Алексеенко-Сербина сопровождались тщательными лабораторными исследованиями. Например, настойчивые лабораторные исследования завершились созданием рецептуры изолирующей массы для заливки цоколей электроламп. Но в 20-е гг. в стране была введена жесткая экономия меди и возникла необходимость перейти на стальные цоколи. Это снова потребовало значительного изменения технологии и новых исследований.

Твердо зная, что без научного подхода к решению конкретных практических задач и без научного эксперимента дальнейший прогресс производства невозможен, Тихон Михайлович, будучи молодым инженером, организовал фабричную хорошо оборудованную физико-химическую лабораторию, в которой и был решен ряд сложных проблем, возникших на предприятии (в частности, выяснены причины скрытого брака при гальваническом золочении). В результате проведенных в ней исследований удалось, например, значительно усовершенствовать технологический процесс и сами гальванические машины и дать оптимальные рецепты составов электролитов.

Сама логика развития инженерной деятельности привела к необходимости вычленения в ней собственных инженерных исследований. В то же время необходимость систематизации технических знаний, накопленных в инженерной практике, и естественнонаучных знаний, применяемых в ней, приводит к появлению особых технических наук. Именно с развитием технических наук, обслуживающих различные отрасли инженерной деятельности, в последней вычленяются также инженерное исследование и проектирование, а сама она становится более сложной и дифференцированной (рис. 12).

В сфере инженерной деятельности четко могут быть выделены инженерные исследования, в которых на основе предшествующего опыта инженерной работы, аккумулярованного в конструктивно-технических и технологических знаниях, формируются особые практико-методические знания (представленные в форме научно-технических отчетов и записок). Эти знания находят применение в разнообразной инженерной практике: изобретательской деятельности, проектировании, конструировании, организации изготовления в сфере промышленного производства и даже становятся необходимыми в процессе эксплуатации инженерных объектов в сфере их функционирования. Появляются и особые инженеры, осуществляющие такого рода исследования в сфере инженерной деятельности, — инженеры-исследователи, основная задача которых — осуществление тесной и регулярной связи между техническими науками и инженерной практикой, а также привязка и конструктивная доработка полученных в них научно-технических знаний к практическим инженерным задачам.

Инженерные исследования иногда осуществляются инженерами-проектировщиками, изобретателями и т. д., для которых научное исследование — побочная деятельность. Чаще формируются специальные подразделения, целиком состоящие из инженеров-исследователей.

На примере учрежденной в 1918 г. Нижегородской радиолaborатории видно, что теоретические исследования и задачи обучения совмещались в первые годы развития радиотехники с инженерным проектированием и даже производством. Новые открытия почти сразу же воплощались в изобретениях и затем быстро попадали в производство. В задачи Нижегородской радиолобо-

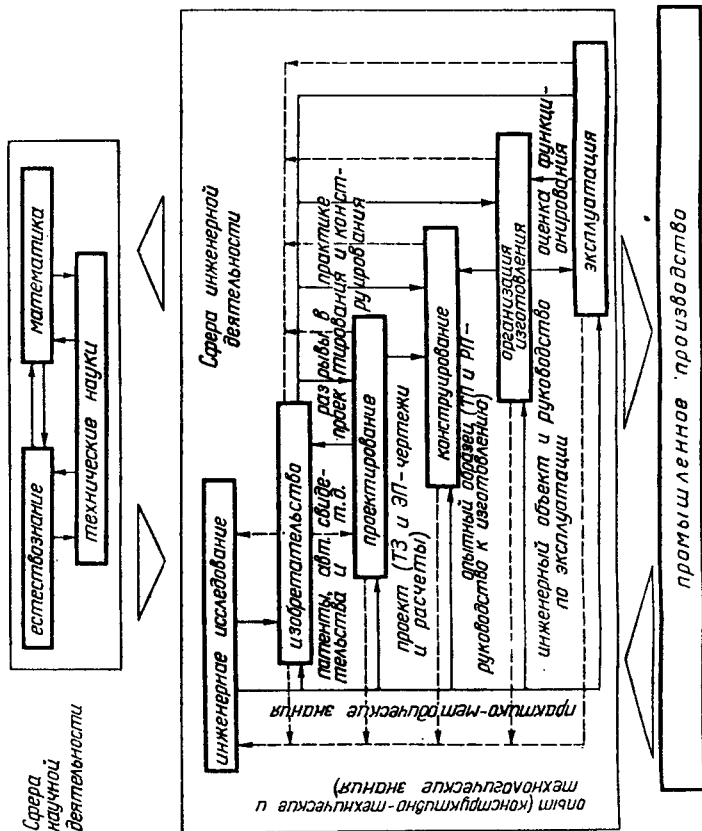


Рис. 12. Структура развитой инженерной деятельности

ратории входили не только организация научных исследований, но и разработка новой радиоаппаратуры, подготовка высококвалифицированных специалистов, а также организация производства катодных реле до 3000 штук в месяц.

Однако в 30-е гг. лаборатория концентрирует свое внимание на выполнении общих научно-исследовательских функций. По мнению ее руководителя М. А. Бонч-Брусевича, она, конечно, могла решать задачи опытного производства, но никак не вопросы оказания помощи заводам. Для этой цели из нее выделилась лаборатория будущего члена-корреспондента АН СССР В. П. Володина, которая вошла в состав треста заводов слабого тока и была преобразована в Центральную радиолaborаторию (ЦРЛ).

Начальник лаборатории приравнивался по своему статусу к директорам заводов, входящих в трест. Главной задачей ЦРЛ стало выполнение научно-технических исследований, ориентированных на решение определенного класса инженерных задач. На ее промежуточный (между теоретическими исследованиями в технической науке и исследованиями в сфере инженерной практики), но важный статус указывают следующие данные: 14 сотрудников ее стали академиками, 12 — членами-корреспондентами АН СССР, свыше 100 — докторами и кандидатами наук, более 60 — директорами и главными инженерами заводов и НИИ, на ее базе было создано более 15 НИИ и исследовательских лабораторий, с ее помощью появились десятки новых заводов.

Большую роль в развитии технических наук в нашей стране и в организации научно-инженерных исследований на всех уровнях (промышленные лаборатории, отраслевые НИИ, академические институты) сыграло Отделение технических наук АН СССР, которое было создано в 1935 г. В результате к началу второй мировой войны в СССР сформировались крупные научно-инженерные школы в различных областях техники — электротехнике, радиотехнике, машиностроении и т. д., вырастившие высококвалифицированные кадры инженеров-исследователей.

В этом плане большой интерес представляет деятельность выдающегося советского механика и машиностроителя академика Ивана Ивановича Артоболевского — организатора и руководителя советской школы теории механизмов и машин. Его деятельность наглядно иллюстрирует повышение роли теоретических иссле-

дований, специально ориентированных на решение инженерных задач. «В истории науки о машинах неоднократно обнаруживались глубокие расхождения между теоретиками, специалистами в области прикладной механики и инженерами-практиками, которые должны были в своей практической деятельности руководствоваться рекомендациями теоретиков» [16, с. 42]. Главную трудность здесь составляла задача синтеза механизмов — основная для инженера-конструктора.

Теория механизмов до основополагающих работ Артоболевского не давала общих средств синтеза механизмов и сводилась преимущественно лишь к описанию, анализу и расчету имеющихся в технике механизмов. Академик Артоболевский сознательно поставил проблему разработки теории механизмов, действительно помогающей решать задачи машиностроения. Для этого он наметил, а затем и осуществил программу теоретических исследований.

Важную роль в развитии таких исследований сыграло Отделение технических наук АН СССР, организованная в нем комиссия по машиноведению, а затем и Институт машиноведения, отделом теории механизмов и машин в котором (а позже и всем институтом) руководил Артоболевский. «Были проведены совещания с представителями машиностроительной промышленности, видными учеными Москвы и Ленинграда, конструкторами и ведущими инженерами крупнейших машиностроительных конструкторских бюро, сотрудниками отраслевых научно-исследовательских институтов. В результате длительных дискуссий было решено, что в институте должны осуществляться исследования по следующим основным направлениям: теория механизмов и машин; теория прочности деталей; трение и износ в машинах; теория технологических процессов. При этом отдел теории машин и механизмов должен был разрабатывать три основные темы, сосредоточив внимание на учении о структуре и классификации механизмов, синтезе механизмов и динамике машин» [16, с. 67].

Институт, таким образом, сосредоточил свое внимание именно на развитии теоретических исследований в этой области техники, оставив разработку инженерных исследований и проектирование отраслевым научно-исследовательским институтам и проектным организациям. Сначала теория механизмов и машин считалась сугубо прикладной, не «настоящей» наукой. Однако необходимость и важность теоретических исследований

в технических науках постепенно осознается и подчеркивается многими крупными учеными. Например, академик А. А. Благонравов писал: «Без глубоких теоретических исследований, позволяющих открывать и использовать все новые и новые закономерности, нельзя думать о полноценном использовании природных, энергетических и материальных ресурсов, нельзя разрабатывать новые, совершенные технологические процессы, нельзя создавать новые материалы, отвечающие все расширяющимся требованиям техники. Теоретические исследования в области технических наук должны быть подчинены этим задачам» [90, с. 209].

Это, конечно, не означает, что теоретические исследования в технических науках должны быть оторваны от инженерной практики, теория механизмов — от развития машиностроения. Их задача — вооружить конструкторов научно обоснованными методами проектирования механизмов. И. И. Артоболевский часто участвовал в различных экспертизах инженерных проектов и изобретений, в частности «шаропоезда» изобретателя Ярмоленко. Его игрушечная модель при малых скоростях работала отлично. Но в соответствии с теорией механизмов на больших скоростях она не должна была функционировать. Необходимо было доказать, что при инженерном решении задачи вся система не будет работоспособной. К такому заключению пришли «после весьма тщательных и кропотливых расчетов. Эти выводы полностью подтвердились: построенный для проведения экспериментов участок дороги, как и следовало ожидать, оказался неработоспособным» [16, с. 68].

В результате изучения и развития Артоболевским работ Чебышева, Ассура и других ученых, собственных исследований теория механизмов и машин из собрания не связанных общей идеей различных вопросов и задач стала наукой с развитой математизированной теорией. Разработанные им методы структурного анализа и синтеза механизмов с применением математических методов давали возможность обнаружить громадное число новых механизмов, не применявшихся ранее в технике, которые могли быть рекомендованы к использованию на практике. Такой «рекомендацией» в области инженерной практики явился знаменитый справочник «Механизмы в современной технике», выдержавший несколько изданий. При составлении таблиц и описаний механизмов выявилось множество «пустых» мест, которые были заполнены Артоболевским фактически спро-

ектированными им на теоретической основе новыми механизмами. Разработанная академиком Артоболевским теоретическая модель оказалась действенным инструментом в руках конструкторов.

Проектирование

С развитием технических наук и инженерных исследований связано и выделение особого вида инженерной деятельности — проектирования.

В отличие от изобретательской деятельности проектирование связано с конструктивной разработкой общего расположения (схемы) машины и формы ее деталей, а затем с проведением расчетов и вычислений.

Конечно, проектирование тесно переплетается с инженерным исследованием и даже иногда отождествляется с ним. Например, академик Н. В. Мельников пишет: «Инженеры-проектанты и инженеры-конструкторы относятся к инженерам-исследователям и с этой точки зрения по характеру деятельности приближаются к научным работникам» [52, с. 9]. Это верно в определенной степени, но все-таки как виды инженерной деятельности они различаются. Именно сам процесс построения общей схемы машины и относится к проектированию.

Для правильного проектирования недостаточно знания одной лишь теории. Здесь необходимы:

1) некоторый практический навык (быть знакомым с существующими конструкциями и уметь в них разбираться критически);

2) знание методов изготовления деталей в мастерских и условий работы построенной машины в обычной практической обстановке;

3) умение конструктора приспосабливаться к мастерским при массовом способе изготовления деталей;

4) умение конкретно воплощать свои идеи в виде конструктивного чертежа, что невозможно без развитой способности ясного пространственного представления проектируемых частей машины во всей их полноте [49].

Продукт проектировочной деятельности в отличие от конструкторской выражается лишь в специфической знаковой форме — в виде текстов, чертежей, графиков, расчетов, модели в памяти ЭВМ и т. д. И это сближает ее с научной деятельностью. Результат же конструкторской деятельности должен быть обязательно мате-

риализован в виде опытного образца, с помощью которого уточняются расчеты, приводимые в проекте, и конструктивно-технические характеристики проектируемого инженерного объекта и составляются рабочие чертежи и техническая документация для его изготовления на производстве.

Таким образом, основание для различения конструирования и проектирования лежит в особенностях двух типов чертежей: первый — для передачи рабочему образа — формы и размеров деталей для изготовления — так называемые рабочие чертежи (детальные и сборочные, монтажные); второй — необходимые самому инженеру при разработке проектов машин, сооружений и т. д., т. е. для их расчета. Однако он часто адресуется не только «самому себе» или другим экспертам-проектировщикам и ученым для предварительного обсуждения общей идеи создаваемого инженерного объекта, но также заказчику и потребителю для его демонстрации и обоснования затрат на создание и разработку проекта. «В проектировании как бы наяву воплотилось известное образное выражение: «Что нам стоит дом построить, нарисуем, будем жить». Возможность не обращаться к материалу, изделию, опыту, возможность решать изделие в плоскости операций со знаками, на моделях, сравнивать варианты решений, испытывать и опробовать соответствующие варианты жизнедеятельности позволяет не только многократно сжать сроки изготовления изделий, но и сделать общее решение неизмеримо качественней и оптимальней» [76, с. 107].

Второй тип чертежей вырос из первичных эскизов в особый «проектный чертеж», который выполняет функцию предварительного плана инженерной работы. Он показывает величину и локализацию частей и является общим чертежом в большом масштабе. На его основе изготавливаются рабочие чертежи, учитывающие имеющиеся в распоряжении инженера-конструктора средства и материалы. Таким образом, по мнению известного ученого-механика профессора МВТУ А. И. Сидорова, воспитавшего несколько поколений инженеров-машинистроителей, задача конструктора — воплощать проекты в жизнь, «одевая отвлеченную мысль и геометрический скелет машины телом и платьем, сообразно требованиям жизни» [95, с. 39]. Иначе «и самые глубокие и блестящие проекты могут оказаться бесплодными, если нет материалов и инструментов для создания частей машины» [95, с. 117].

Проекты — продукт инженера-проектировщика — могут остаться неосуществленными без деятельности инженера-конструктора. «Итак, с возникновением проектирования изготовление расщепляется на две взаимосвязанные части: интеллектуальное (семиотическое) изготовление изделия (собственно проектирование), позволяющее решить его наилучшим, оптимальным образом, минуя пробы в материале, и изготовление изделия по проекту (стадия реализации проекта)» [76, с. 102].

О соотношении изобретательства, проектирования и конструирования писал в работе «О проектировании машин» П. К. Энгельмейер. Выделяя три вида продуктов любой деятельности — предметы (материальные вещи) в пространстве, процессы во времени и идеи в сознании, он в соответствии с этим членением рассматривал и три основных продукта инженерной деятельности: принцип, систему (или схему) машины и ее конструкцию. Тогда первый этап инженерной деятельности составляет создание общего плана, т. е. творчество, дающее идею, замысел (общий принцип систем данного типа), — это акт изобретательский. Второй этап — выработка из этого плана полной схемы или системы, модели (представления) машины, отвлеченной от вещественной формы. (Разница в расположении существенных частей дает различные системы.) Это акт научный, собственно проектировочный. Здесь необходимы карандаш и бумага.

Наконец, третий этап — разработка схемы детально до рабочих чертежей включительно — состоит в конструировании деталей, отдельных частей машины, окончательной их выработке. Это акт чертежный, собственно конструкторский, поскольку здесь отрабатывается один из выбранных на предыдущем этапе конструктивных вариантов системы (машины). Конструкцию же Энгельмейер понимает как вещественное осуществление системы (либо в виде конкретной машины, изделия, либо в виде конкретной совокупности рецептов и приемов, если речь идет о проектировании технологии), поэтому акт этот он называет осуществлением.

Итак, по мнению Энгельмейера, инженерная деятельность заканчивается после изготовления рабочих чертежей, остальное — практическое построение машины — дело ремесла. Но сегодня эта схема уже не соответствует реальному положению дел, и изготовление на производстве часто требует, как мы уже видели,

и новых инженерных исследований, и новых изобретений, и инженерного организаторского таланта.

Испытания, отладка, эксплуатация и оценка функционирования технических систем

В настоящее время в сферу инженерной деятельности попадает и эксплуатация инженерного объекта, которая включает в себя, во-первых, операторскую деятельность по использованию и управлению машинами и техническими системами и, во-вторых, техническое обслуживание их функционирования. Для осуществления этих видов инженерной деятельности требуется достаточно высокая инженерная квалификация. Этот вид инженерной деятельности весьма важен еще и потому, что на этом этапе также оценивается функционирование данного типа инженерных объектов, что становится все более необходимым для их постоянного совершенствования и разработки новых систем. Например, академик Н. В. Мельников по этому поводу отмечает: «Горный инженер-эксплуатационщик должен знать научные принципы раскройки шахтных полей, методы вскрытия месторождений и выбора систем разработки, технологию горных работ на базе современной техники — комплексной механизации и автоматизации; для руководства работами он должен обладать большими знаниями в области экономики и организации производства» [52, с. 259] и многими, многими другими научными знаниями и инженерными умениями.

Эксплуатация включает в себя управление и контроль за функционированием технической системы, ее использование, а также ремонт и техническое обслуживание. Анализ и оценка функционирования системы служат исходным пунктом как для ее возможной модернизации (развития), так и для снятия системы с эксплуатации. На основе оценки функционирования технической системы может быть сформулировано техническое задание на разработку новой системы. Здесь фактически продолжается разработка. Проектировщик снова и снова переоценивает результаты своей деятельности благодаря опыту, накопленному в процессе реального функционирования системы, до тех пор пока она не будет снята с эксплуатации.

Например, известный русский инженер-кораблестроитель академик А. Н. Крылов написал специальную

книгу «Некоторые случаи аварии и гибели судов», где отмечал, что «всесторонний анализ причин аварий и повреждений является основным источником, который позволяет объективно судить о правильности или прочности исходных положений, принятых при проектировании или конструировании кораблей» [91, с. 128]. Его ученик академик Ю. А. Шиманский в статье «Использование опыта эксплуатации кораблей в части общей продольной прочности корпуса» подчеркивал огромную роль опыта эксплуатации кораблей в экстремальных условиях Великой Отечественной войны, способствовавших «быстрейшему проявлению на них возможных недочетов в части конструкции и прочности корпуса, которые могли получаться или в результате допущенных при постройке корпуса чисто производственных дефектов, или различных конструктивных упущений, или же вследствие неправильности общих установок, положенных в основу прочности конструкций корпуса» [91, с. 128—129].

При этом он одновременно указывал на важную роль испытаний как средства, исключающего повторение технологических и конструктивных дефектов при серийной постройке корабля. «Испытание корпуса, которое здесь имеется в виду, должно состоять из постановки корабля в сухой док последовательно на одну или две опоры таким образом, чтобы вызвать в сечениях корпуса изгибающие моменты, несколько превышающие их наибольшие расчетные значения, последующего производства замеров деформаций корпуса и напряжений в его основных связях и наблюдения за поведением его различных конструктивных узлов с целью обнаружения в них возможных строительных дефектов» [91, с. 52]. Ущерб, который вызван повреждением судов в процессе их эксплуатации, значительно превышает затраты на их испытания.

В результате испытаний оценивается важность обнаруженных неисправностей и недостатков, проводится устранение выявленных дефектов. Программа испытаний обычно включает в себя следующие задачи: оценка возможностей технической системы и их пределов, ее надежности в целом и отдельных блоков и подсистем, безопасности, соответствия технических данных исходным требованиям, уточнение и корректировка руководств по эксплуатации, контролю за функционированием, ремонту и техническому обслуживанию системы и т. д. Все эти данные важны как для эксплуатации, так

и для дальнейшего совершенствования спроектированной технической системы.

Сегодня для решения этих сложных задач от инженера требуются не только техническая смекалка и практический опыт работы, но и научные знания. Например, большое внимание научным основам эксплуатации судов уделял выдающийся советский кораблестроитель, доктор технических наук, профессор, инженер-контр-адмирал Василий Григорьевич Власов, который провел специальные исследования остойчивости поврежденного корабля для решения задачи его спрямления в случае частичного повреждения (когда затоплено несколько отделений и корабль имеет не только крен, но и дифферент).

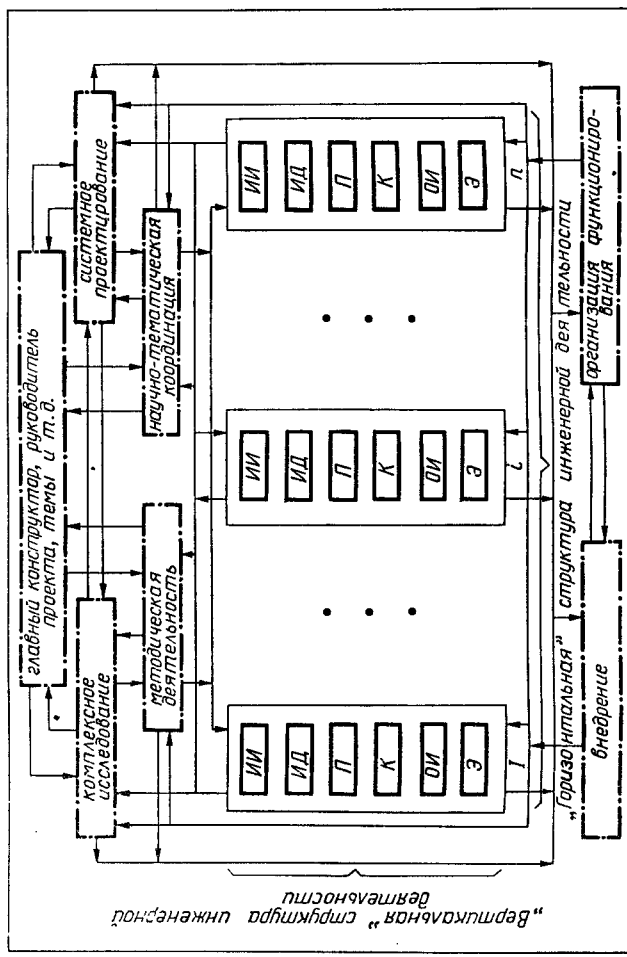
Эта работа имела большое практическое значение как для строгой оценки боевого потенциала корабля, получившего повреждение, так и для оценки в процессе проектирования, «какие повреждения выдержит тот или иной корабль и какой крен и запас остойчивости он будет при этом иметь. Можно было также оценить и возможность спрямления такого корабля, т. е. уменьшения его крена... Такой расчет позволял не только оценивать, но и вносить необходимые коррективы в проекты с целью повышения непотопляемости и живучести корабля» [67, с. 67].

Таким образом, конструкторы получили средство оценки потенциальных возможностей кораблей с точки зрения их непотопляемости. Но В. Г. Власов поставил перед собой задачу — помочь личному составу корабля, потерявшего часть плавучести, устранить повреждения. В экстремальных условиях невозможно выполнить сложные расчеты, но и нельзя производить работы на глазок. Фактически В. Г. Власовым было создано теоретически обоснованное руководство по эксплуатации корабля в экстремальных условиях.

Когда инженерная деятельность перестает быть инженерной?

В начале книги мы говорили о том, что инженерная деятельность, как всякое общественное явление, имеет определенные исторические рамки. Ее зарождение и развитие мы подробно проследили. Без инженеров сегодня не обходится ни одна отрасль общественного производства — машиностроение, электротехническая, электронная, химическая технология и многие, многие

общественные, естественные, технические науки и математика



"Верткальная" структура инженерной деятельности

Область функционирования инженерной деятельности

Рис. 13. Организация современной инженерной деятельности: ИИ — инженерное исследование; ИД — изобретательская деятельность; П — проектирование; К — конструирование; ОИ — организация изготовления; Э — эксплуатация и оценка функционирования; I, i, n — отрасли инженерной деятельности; — . . . — сфера системного обеспечения разработки

другие. Если добавить к этому специалистов, выполняющих инженерные работы на разных этапах инженерной деятельности во всех перечисленных отраслях (инженеры-исследователи, инженеры-проектировщики, инженеры-конструкторы, инженеры-изготовители, инженеры-эксплуатационники), то получится весьма внушительный спектр инженерных специальностей (рис. 13).

Когда инженеры-специалисты заняты исследованием, разработкой и изготовлением разных технических устройств, приспособлений, сооружений, то задача управления их деятельностью не вызывает особых затруднений. Но если они все вместе заняты разработкой какой-либо очень сложной технической системы, например космического комплекса, энергетической системы и т. п., состоящей из разнородных блоков, то организация инженерных работ становится весьма трудной инженерной и научной проблемой. И для ее решения нужны особые специалисты (скорее, их следовало бы называть универсалистами). Это, например, главный конструктор, руководитель темы, главный специалист проекта, работники служб научной координации, научно-тематических отделов. Инженеры подобного профиля должны иметь не только глубокие специальные знания, но и общее представление о проектируемой системе в целом. Главная их функция — координация всех работ и организация специалистов, привлеченных к разработке данной сложной технической системы, научное управление их деятельностью.

Ярким примером такого рода организационной инженерной работы была деятельность крупнейшего конструктора и выдающегося ученого, основоположника практической космонавтики, академика Сергея Павловича Королева. Он был не только инженером по образованию (в 1930 г. закончил факультет аэромеханики Высшего технического училища), но и Инженером с большой буквы (под его руководством и им лично было разработано более 150 проектов авиационных, ракетных и космических комплексов), и ученым, создавшим большую научную школу. Многие его ближайшие помощники (его заместители и ведущие конструкторы) — воспитанники ОКБ Королева — сегодня стали академиками и членами-корреспондентами АН СССР, руководителями научно-исследовательских, опытно-конструкторских учебных инженерных коллективов и составляют ядро отечественной ракетно-космической науки и техники.

Однако нас интересует главная, как нам кажется, отличительная черта С. П. Королева, руководителя космонавтики как новой комплексной области научно-инженерной деятельности, которая четко выражена академиком О. М. Белоцерковским:

«В развитии советской космонавтики непосредственно участвовали сотни тысяч людей, и среди них многие глубокие мыслители и проницательные теоретики, блестящие конструкторы и смелые экспериментаторы, волевые организаторы и трудолюбивые исполнители. Все они внесли в нее свой большой или малый вклад. А объединял все эти усилия, направлял их к достижению единой цели Главный конструктор ракетно-космических систем С. П. Королев, работавший в теснейшем содружестве с ведущими учеными Академии наук СССР... с членами совета главных конструкторов — руководителями разработки систем ракетно-космических комплексов, а также с крупнейшими организаторами промышленности...

Его организаторский талант позволил сплотить и направить в нужное русло работу многих научно-исследовательских и опытно-конструкторских организаций независимо от их ведомственной принадлежности. Благодаря своей целеустремленности он умел всех убедить, воодушевить своими идеями. Он лично добивался скорейшего принятия решений и постановлений по новым разработкам на всех уровнях, сам убеждал смежников и находил вместе с ними приемлемые пути реализации новых замыслов...» [13, с. 55—56, 62]. В этих словах, характеризующих инженера-организатора нового типа, очень точно подмечен происходящий сейчас процесс интеграции современной дифференцированной инженерной деятельности, что открывает качественно новый этап в ее развитии.

В сложной кооперации различных видов и сфер современной инженерной деятельности можно выделить три основных ее направления, требующих различной подготовки соответствующих им специалистов. Во-первых, это инженеры-производственники, которые призваны выполнять функции технолога, организатора производства и инженера по эксплуатации. Такого рода инженеров необходимо готовить с учетом их преимущественной практической деятельности.

Во-вторых, это инженеры-исследователи-разработчики, которые должны сочетать в себе функции изобретателя, проектировщика и конструктора, тесно связан-

ные с научно-исследовательской работой. Они становятся основным звеном в процессе соединения науки с производством. Им требуется глубокая научно-теоретическая подготовка. Наконец, инженер-системотехник широкого профиля, задача которого — организация и управление сложной инженерной деятельностью. Подготовка такого инженера-организатора требует самой широкой системной и методологической направленности.

В таком случае снова возникает старая проблема — чему учить инженера? Кого готовить: узких специалистов или инженеров предельно разнообразного профиля? Несомненно, специализация будет нужна всегда — она обусловлена разделением труда в современном обществе. Но несомненно и то, что узкие специалисты должны иметь широкое научно-техническое, естественнонаучное и гуманитарное образование. Без этого невозможно их эффективное функционирование (именно как специалистов) в современной культуре. Однако сегодня нужны и универсалисты.

Конечно, ставится вопрос и так: можно ли заранее готовить Королевых массовым тиражом? На такой вопрос трудно ответить утвердительно. Инженеры, подобные С. П. Королеву, не обучаются, ими становятся при определенных задатках и способностях, конечно. Но в данном случае сам вопрос поставлен некорректно.

Готовить универсалистов надо не для того, чтобы они обязательно стали главными конструкторами, а для системного обеспечения разработок: их методического обслуживания, научно-тематической координации, осуществления системного проектирования и комплексного исследования, обеспечения стыковки различных специалистов, участвующих в создании одного проекта. Универсалисты войдут в службу главного конструктора, руководителя темы, проекта и т. д. (см. рис. 13). Такие универсальные специалисты и их деятельность необходимы прежде всего для сложных разработок.

Часто оказывается, что даже если отдельные компоненты сложной технической системы удовлетворяют всем необходимым требованиям, система как целое может и не работать. Предположим, специалистами различного профиля проектируется самолет. Если проектированием будет заниматься только специалист по двигателям, то, например, электронное оборудование практически останется без внимания. Проектировщик фюзеляжа будет заботиться только об оптимальной конфигурации самолета, пренебрегая, скажем, распо-

ложением радиолокационных антенн. Специалист по электронике «нашпигует» его всевозможными устройствами, не заботясь о предельной массе и конфигурации самолета. Инженер-психолог потребует максимум удобств для летчика, плановик будет стремиться свести до минимума затраты, и... самолет никогда не поднимется в воздух. Вот как раз для того чтобы увязать частные оптимумы, цели и критерии отдельных специалистов, участвующих в создании сложной системы, и нужны особые специалисты — координаторы и универсалисты.

Для подобных технических систем решения руководителя проекта должны быть подкреплены солидным научным и инженерным обоснованием. Дать такое обоснование один человек просто не в состоянии, он не может одинаково хорошо разбираться и в вопросах электроники, и в экономических проблемах, и в инженерной психологии и т. д. Чтобы управлять процессом создания такой технической системы, необходим ее постоянный диагностический анализ, направленный на выявление резервных и «узких» мест и подготовку решений для устранения выявленных недостатков. Каждый руководитель достаточно крупного проекта вынужден держать научно-координационный центр — экспертов-универсалистов.

Итак, сегодня создание больших технических систем и интеграция сложной инженерной деятельности — актуальная проблема в самых разных областях науки и техники. При разработке космических аппаратов, больших энергетических систем, градостроительных комплексов значение этой проблемы очевидно. Но и традиционные виды инженерной деятельности становятся все более системными, как, скажем, в автомобилестроении. Теперь недостаточно создать хороший автомобиль, необходимо одновременно спроектировать систему обслуживания и эксплуатации автопарка, включая размещение бензоколонок или аккумуляторных станций (если речь идет об электромобиле), станций технического обслуживания, выпуск запасных частей, развитие дополнительной сети автомобильных дорог, в том числе со специальным покрытием, и т. д. А это уже задача не только техническая, но и социально-экономическая.

Мало произвести на свет качественно новое изобретение, необходимо организовать его производство, внедрение и функционирование в определенной социальной

и природной среде, обеспечить его оптимальное взаимодействие с человеком. И не только с человеком, но и с окружающей средой. Современный инженер-конструктор должен учитывать не только конструктивные и технологические факторы, но и психологические, социальные, эстетические и многие другие. А это значит, что современному инженеру знаний физики, математики и техники явно недостаточно.

Это особенно хорошо видно на примере разработки сложных человеко-машинных систем, к которым, в частности, относятся компьютерные системы. Здесь необходимо не проектирование отдельных машинных компонентов, а затем их «прилаживание» к человеку, а проектирование (точнее, реорганизация) систем человеческой деятельности с включением в нее машинных компонентов. Чтобы компьютер (и вообще современная техника) стал средством развития и усиления интеллектуальных способностей человека, проектирование должно вестись «от человека», а не «от машины».

Трансформация современного инженерного мышления, выход его в сферу социальной практики неизбежно ведут к ломке перегородок между гуманитарными, естественнонаучными и инженерными методами познания и действия. Инженерная деятельность «внедряется» в смежные области, испытывая, конечно, и их обратное влияние. Но это отнюдь не означает, что традиционные виды и сферы инженерной деятельности перестают существовать или постепенно отмирают. Они продолжают эффективно функционировать, оказывая стабильное влияние на ускорение научно-технического прогресса в различных отраслях народного хозяйства.

Однако необходимо помнить, еще раз подчеркнем это, что инженерная деятельность и мышление, как всякое явление культуры, имеют определенные исторические рамки. Поэтому когда речь идет о проектировании социально-экономических, социотехнических, сложных человеко-машинных систем, традиционных инженерных методов, принципов и знаний уже недостаточно. Традиционные установки инженерного мышления здесь не работают, и мы вторгаемся в сферу системного проектирования, которое выходит за рамки классической инженерной деятельности, не только в сферу производства, но и в сферу обслуживания, потребления и т. д. Да и стоит ли называть такого рода деятельность инженерной? Возможно, со временем для нее появится какое-то иное название.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс К., Энгельс Ф. Соч.
2. Ленин В. И. Полн. собр. соч.
3. Материалы XXVII съезда КПСС.— М.: Политиздат, 1986.
4. Горбачев М. С. Коренной вопрос экономической политики партии: Доклад на совещании в ЦК КПСС по вопросам ускорения научно-технического прогресса 11 июня 1985 года.— М.: Политиздат, 1985.
5. Горбачев М. С. Учить по-новому мыслить и действовать: Доклад на Всесоюзном совещании заведующих кафедрами общественных наук // Правда.— 1986.— 2 октября.
6. Альберти Л. Б. Десять книг о зодчестве.— М.: Изд-во Всесоюзной академии архитектуры, 1935.— Т. I.
7. Антология мировой философии.— М.: Мысль, 1969.— Т. I.
8. Арзаканян Ц. Г. Проблема преемственной связи Возрождения с «эпохой научной революции» // Вопросы истории естествознания и техники.— 1984.— № 2.
9. Аристотель. Метафизика.— М.— Л.: Государственное социально-экономическое издательство, 1934.
10. Аристотель. Соч.— В 4-х т.— М.: Мысль, 1976—1984.
11. Архимед. Соч.— М.: Физматгиз, 1962.
12. Ахутин А. В. История принципов физического эксперимента: От античности до XVII в.— М.: Наука, 1976.
13. Белоцерковский О. М. О научном творчестве С. П. Королева: К 75-летию со дня рождения // Вопросы истории естествознания и техники.— 1982.— № 4.
14. Блаватский В. Д. Природа и античное общество.— М.: Наука, 1976.
15. Боголюбов А. Н. Гаспар Монж.— М.: Наука, 1978.
16. Боголюбов А. Н. Иван Иванович Артоболевский.— М.: Наука, 1982.
17. Боголюбов А. Н. Роберт Гук.— М.: Наука, 1984.
18. Боголюбов А. Н. Теория механизмов и машин в историческом развитии ее идей.— М.: Наука, 1976.
19. Воронин М. И., Воронина М. М. Павел Петрович Мельников.— Л.: Наука, 1977.
20. Гайденко П. П. Эволюция понятия науки.— М.: Наука, 1980.
21. Галилей Галилео. Избр. труды.— В 2-х т.— М.: Наука, 1964.
22. Гарин-Михайловский Н. Г. Студенты. Инженеры.— М.: Правда, 1985.
23. Гильберт В. О магните, магнитных телах и о большом магните — Земле.— М.: АН СССР, 1956.
24. Гиндикин С. Г. Рассказы о физиках и математиках.— М.: Наука, 1981.
25. Глекин Г. В. Николай Николаевич Андреев.— М.: Наука, 1980.
26. Гольденберг Л. А. Михаил Федорович Соймонов.— М.: Наука, 1973.
27. Гомер. Илиада.— М.: Моск. рабочий, 1982.
28. Горохов В. Г., Розин В. М. Формирование и развитие инженерной деятельности // В кн.: Философские вопросы технического знания.— М.: Наука, 1984.
29. Гуковский М. А. Механика Леонардо да Винчи.— М.— Л.: АН СССР, 1947.

30. Гуло Д. Д., Осинковский А. Н. Дмитрий Сергеевич Рождественский.— М.: Наука, 1980.
31. Гуриков В. А. Становление прикладной оптики XV—XIX вв.— М.: Наука, 1983.
32. Гутер Р. С., Полунов Ю. Л. Джон Непер.— М.: Наука, 1980.
33. Гюйгенс Хр. Три мемуара по механике.— М.: АН СССР, 1951.
34. Дильс Г. Античная техника.— М.— Л.: 1934.
35. Диоген Лаэртский. О жизни, учениях и изречениях знаменитых философов.— М.: Мысль, 1979.
36. Загорский Ф. Н., Загорская И. М. Генри Модсли.— М.: Наука, 1981.
37. Зубов В. П. Леонардо да Винчи.— М.— Л.: АН СССР, 1961.
38. Иванов Б. И., Чешев В. В. Становление и развитие технических наук.— Л.: Наука, 1977.
39. Иоффе В. К. и др. Сергей Яковлевич Соколов / В. К. Иоффе, Е. Н. Мясникова, Е. С. Соколова.— Л.: Наука, 1976.
40. Кантор К. М. Опыт социально-философского объяснения проектных возможностей дизайна // Вопросы философии.— 1981.— № 11.
41. Кессиди Ф. Х. От мифа к логосу.— М.: Мысль, 1972.
42. Ключевский В. О. Курс русской истории.— Петроград, 1918.— Ч. III.
43. Койре А. От мира «приблизительности» к универсуму претенциозности // В кн.: Очерки истории философской мысли: О влиянии философских концепций на развитие научных теорий.— М.: Прогресс, 1985.
44. Коростовцев М. А. Религия Древнего Египта.— М.: Наука, 1976.
45. Копелевич Ю. Х. Возникновение научных академий.— Л.: Наука, 1974.
46. Космодемьянский А. А. Николай Егорович Жуковский.— М.: Наука, 1984.
47. Крючков Ю. С. Алексей Самуилович Грейг.— М.: Наука, 1984.
48. Ламан Н. К. Тихон Михайлович Алексеенко-Сербин.— М.: Наука, 1969.
49. Левенсон Л. Б. Основы проектирования машин.— Л., 1926.
50. Ляткер Я. А. Декарт.— М.: Мысль, 1975.
51. Матерналисты Древней Греции.— М.: Госполитиздат, 1955.
52. Мельников Н. В. Горные инженеры.— М.: Наука, 1981.
53. Механика и цивилизация XVII—XIX вв.— М.: Наука, 1979.
54. Мэмфорд Л. Техника и природа человека // В кн.: Новая технократическая волна на Западе.— М.: Прогресс, 1986.
55. Немировский Е. Л. Андрей Чохов.— М.: Наука, 1982.
56. Нерсисянц В. С. Сократ.— М.: Наука, 1977.
57. Ньютон Ис. Математические начала натуральной философии // В кн.: А. Н. Крылов. Соч.— М.— Л.: АН СССР, 1936.— Т. VII.
58. Ньютон Ис. Оптика, или Трактат об отражениях, преломлениях, изгибаниях и цветах света.— М.— Л.: АН СССР, 1927.
59. Остроумов Б. А. Алексей Васильевич Улитовский.— Л.: Наука, 1975.
60. Остроумов Б. А. Организация первых исследований

в Нижегородской радиолaborатории // В сб.: Из истории электроники, энергетики и связи.— М.: Наука, 1972.— Вып. 6.

61. Очерки истории естественных научных знаний в древности.— М.: Наука, 1982.

62. Пипуныров В. И., Раскин Н. М. Иван Петрович Кулибин.— М.: Наука, 1986.

63. Платон. Соч.— В 3-х т.— М.: Мысль, 1968—1972.

64. Плутарх. Сравнительные жизнеописания.— М.: АН СССР, 1961.— Т. I.

65. Погребысская Е. И. Оптика Ньютона.— М.: Наука, 1981.

66. Полунов Ю. Л. Сэмюэль Морленд.— М.: Наука, 1982.

67. Потапов Ю. П. Василий Григорьевич Власов.— М.: Наука, 1980.

68. Пуанкаре Л. Эволюция современной физики.— СПб.: Знание, 1910.

69. Рабинович В. Л. Алхимия как феномен средневековой культуры.— М.: Наука, 1979.

70. Райнов Т. И. Роберт Гук и его трактат об экспериментальном методе // В кн.: Научное наследство.— М.— Л.: Наука, 1948.— Т. I.

71. Раскин Н. М. Аполлос Аполлосович Мусин-Пушкин.— М.: Наука, 1981.

72. Ридлер А. Машиностроительное черчение.— М.: 1902.

73. Рогинский В. Ю. Валентин Петрович Вологдин.— М.: Наука, 1981.

74. Рожанский И. Д. Развитие естествознания в эпоху античности.— М.: Наука, 1979.

75. Рожанский И. Д. Эволюция образа ученого Древней Греции // Вопросы истории естествознания и техники.— 1980.— № 1.

76. Розин В. М. Проектирование как предмет философско-методологического анализа // Вопросы философии.— 1984.— № 10.

77. Розинг Б. Л. На заре положительного знания: Галилей, Гюйгенс, Ньютон.— Пг.: Наука и школа, 1924.

78. Сидоренко В. Ф. Генезис проектной культуры // Вопросы философии.— 1984.— № 10.

79. Саломон Ж.-Ж. Реакция общества на науку и технику: «Волшебник» перед судом общественности // Вопросы истории естествознания и техники.— 1980.— № 4.

80. Социальная история средневековья.— М.— Л.: Государственное издательство, 1927.— Т. 2: Позднее средневековье.

81. Стражева И. В., Буева М. В. Борис Николаевич Юрьев.— М.: Наука, 1980.

82. Суворов Н. Средневековые университеты.— М., 1898.

83. Татищев В. Н. Избранные произведения.— Л.: Наука, 1979.

84. Темкии Э. Н., Эрман В. Г. Мифы Древней Индии.— М.: Наука, 1982.

85. Тимошенко С. П. Наука о сопротивлении материалов.— М.: ГТТЛ, 1957.

86. Трахтенберг О. В. Очерки по истории западноевропейской философии.— М.: Политиздат, 1957.

87. Уварова Л. И. Исторический аспект разработки технических средств // Вопросы истории естествознания и техники.— 1982.— № 2.

88. Уставы Академии наук СССР.— М.: Наука, 1975.

89. Френкель В. Я., Явелов Б. Е. Эйнштейн — изобретатель.— М.: Наука, 1981.
90. Фролов К. В. и др. Анатолий Аркадьевич Благонравов / К. В. Фролов, А. А. Пархоменко, М. К. Усков.— М.: Наука, 1982.
91. Ханович И. Г. Юлиан Александрович Шиманский.— М.: Наука, 1978.
92. Харитонович Д. Э. Ремесло в системе народной культуры средневековья (X—XIII века): Диссертация на соискание ученой степени кандидата исторических наук: Московский областной педагогический институт.— М., 1983.
93. Харитонович Д. Э. Изобретательство и ранние формы инженерной деятельности // Вопросы философии.— 1985.— № 2.
94. Чеканов А. А. Виктор Львович Кирпичев.— М.: Наука, 1982.
95. Чеканов А. А. Анатолий Иванович Сидоров.— М.: Наука, 1976.
96. Черняк А. Я. Первая книга по истории науки и техники в России // Вопросы истории естествознания и техники.— 1981.— № 4.
97. Энгельмейер П. К. О проектировании машин: Психологический анализ.— Спб., 1890.
98. Энгельмейер П. К. Теория творчества.— СПб., 1910.
99. Эстетика Ренессанса.— М.: Искусство, 1981.— Т. II.
100. Яроцкий А. В. Павел Михайлович Голубицкий.— М.: Наука, 1976.
101. Bulgarello G. The Engineer and the Historian // In: The History and Philosophy of Technology.—Urbana, 1979.
102. Mitcham C. Philosophy and the History of Technology // In: The History and Philosophy of Technology.—Urbana, 1979.
103. Mitcham C. Types of Technology // In: Research in Philosophy and Technology.—Greenwich, Conn., 1978.—Vol. 1.
104. Schadewald W. The Concepts of Nature and Technique According to Greek // In: Research in Philosophy and Technology.—Greenwich, Conn., 1978.—Vol. 1.
105. Tiles J. E. Techne and Moral Expertise // Philosophy.—1984.—Vol. 59.—N 227.
106. Veltman K. N. Visualisation and Perspective // In: Leonardo e l'Eta della Regione a cura di Eurico Bellone e Paolo Rossi.—Milano, 1982.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Инженерная деятельность — техника + наука!	4
Проблемы и парадоксы современной инженерной деятельности	10
Были ли инженеры до того, как инженерная деятельность стала профессией?	18
Отторжен от тебя безмолвием столетий, сегодня о тебе мечтаю я, мой друг	19
Миф как зародыш проекта	23
«Инженер» доинженерной эры	29
Технэ древнегреческих ремесленников и античная наука	39
«Шедевр» должен быть не хуже и не лучше	45
Средневековые «инженерные» фантазии	48
О том, как инженерная деятельность стала профессией	56
Чем различаются инженерный и научный стили мышления Мастера-Инженеры	60
Инженерная деятельность и экспериментальное естествознание — братья-близнецы	72
Ученые или инженеры-изобретатели?	84
Естественное и искусственное	97
Инженерная деятельность — искусство или наука, или Чему учить инженера?	110
Университеты и академии наук	111
Когда возникла техническая литература	117
Как и чему учить инженера?	120
Что важнее — инженерная практика или теоретическая подготовка инженеров?	125
Знать и уметь: «образовать голову и сделать хорошего инженера»	128
К чему ведет машинное производство: дифференциация и интеграция инженерной деятельности	135
Изобретательство	137
Конструирование	143
Технология и организация производства	148
Инженерные исследования	154
Проектирование	159
Испытания, отладка, эксплуатация и оценка функционирования технических систем	162
Когда инженерная деятельность перестает быть инженерной?	164
Использованная литература	171

Виталий Георгиевич Горохов

ЗНАТЬ, ЧТОБЫ ДЕЛАТЬ

**История инженерной профессии
и ее роль в современной культуре**

Главный отраслевой редактор *В. П. Демьянов*

Редактор *В. М. Климачева*

Мл. редактор *Н. П. Терехина*

Художник *А. Е. Григорьев*

Худож. редактор *М. А. Бабичева*

Техн. редактор *Л. А. Солнцева*

Корректор *С. П. Ткаченко*

ИБ № 8601

Сдано в набор 07.04.87. Подписано к печати 22.09.87. А13713. Формат бумаги $84 \times 108^{1/32}$. Бумага кн.-журнальная. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 9,24. Усл. кр.-отт. 9,56. Уч.-изд. л. 9,83. Тираж 100 000 экз. Заказ 7—1187. Цена 35 коп. Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 877729.

Головное предприятие республиканского производственного объединения «Полиграфкинг», 252057, Киев-57, ул. Довженко, 3.



В.Г. ГОРОХОВ

ЗНАТЬ, ЧТОБЫ ДЕЛАТЬ

